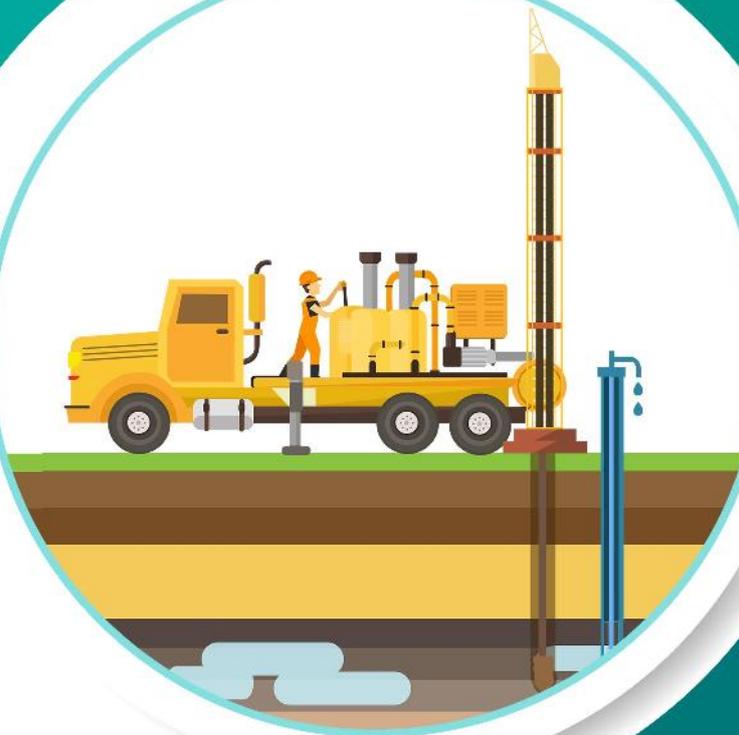


MODUL 3

DASAR PEMBORAN SUMUR AIRTANAH

PELATIHAN TEKNOLOGI PEMBORAN
SUMUR AIRTANAH



TAHUN
2019



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA
PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN SUMBER DAYA AIR DAN KONSTRUKSI

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas selesainya validasi dan penyempurnaan Modul Dasar Pemboran sebagai Materi Substansi dalam Pelatihan Pemboran untuk Sumur Airtanah. Modul ini disusun untuk memenuhi kebutuhan kompetensi dasar Aparatur Sipil Negara (ASN) di bidang Sumber Daya Air.

Modul Dasar Pemboran disusun dalam 8 (delapan) bab yang terbagi atas Pendahuluan, Materi Pokok, dan Penutup. Penyusunan modul yang sistematis diharapkan mampu mempermudah peserta pelatihan dalam memahami dasar-dasar pemboran sumur air tanah dengan benar dalam rangka menunjang pekerjaannya sehari-hari sebagai tenaga ahli pada pemboran sumur air tanah. Penekanan orientasi pembelajaran pada modul ini lebih menonjolkan partisipasi aktif dari para peserta.

Akhirnya, ucapan terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada Tim Penyusun dan Narasumber Validasi, sehingga modul ini dapat diselesaikan dengan baik. Penyempurnaan maupun perubahan modul di masa mendatang senantiasa terbuka dan dimungkinkan mengingat akan perkembangan situasi, kebijakan dan peraturan yang terus menerus terjadi. Semoga Modul ini dapat memberikan manfaat bagi peningkatan kompetensi ASN di bidang Sumber Daya Air.

Bandung, Oktober 2019
Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan
Sumber Daya Air dan Konstruksi



Ir. Herman Suroyo, MT

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Deskripsi singkat	3
1.3. Tujuan Pembelajaran	3
3.3.1. Hasil Belajar	3
3.3.2. Indikator Hasil Belajar	3
1.4. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok.....	4
BAB II TAHAPAN DAN METODE PEMBORAN	7
2.1. Tahapan Pembuatan Sumur Bor	7
2.2. Personil, regu kerja.....	8
2.3. Metode Pemboran	9
2.3.1. Pemboran Perkusi.....	9
2.3.2. <i>Direct Circulation</i>	11
2.3.3. <i>Reverse Circulation</i>	21
2.3.4. <i>Sonic drilling</i>	24
2.4. Latihan	25
2.5. Rangkuman	25
2.6. Evaluasi	25
BAB III PERALATAN DAN BAHAN PEMBORAN	27
3.1. Peralatan Pemboran.....	27
3.1.1. Mesin Bor (<i>Drilling Rig</i>)	27
3.1.2. <i>Drill string</i>	30
3.1.3. <i>Mud Pump</i>	40
3.1.4. Kompresor	43
3.1.5. Pompa Air	47
3.1.6. Alat Penakar dan pengukur	49
3.1.7. Alat bantu pemboran.....	57
3.1.8. Alat Perbengkelan dan Perbaikan	57
3.1.9. Peralatan Personil	58

3.2. Bahan Pemboran.....	58
3.2.1. Air.....	58
3.2.2. Bahan material sirkulasi,	59
3.2.3. <i>Casing</i> atau selubung.....	59
3.2.4. Bahan penambah (<i>additives</i>)	60
3.2.5. Kerikil Penyaring (<i>Gravel Pack</i>)	60
3.2.6. Semen <i>Portland</i>	61
3.2.7. Bahan bakar dan pelumas	61
3.2.8. Bahan - bahan lain	61
3.3. Latihan	62
3.4. Rangkuman.....	62
3.5. Evaluasi.....	62
BAB IV PELAKSANAAN PEMBORAN	65
4.1. Pemboran Lubang	65
4.1.1. Persiapan Lahan dan Jalan masuk.....	65
4.1.2. Lubang Pandu dan Reaming.....	75
4.2. Fluida Pemboran	81
4.2.1. Pengertian	81
4.2.2. Fungsi Fluida Pemboran	81
4.3. <i>Electric logging</i>	89
4.3.1. Metode <i>Resistivity Logging</i>	92
4.3.2. Metode <i>Spontaneous Potential Logging</i>	95
4.3.3. Metode <i>Radiation logging</i>	96
4.4. Desain dan Instalasi Konstruksi	98
4.4.1. Desain sumur.....	98
4.4.2. Langkah Merancang Sumur	100
4.4.3. Informasi yang Diperlukan untuk Desain Sumur	101
4.4.4. Struktur Sumur.....	102
4.5. Jambang Pompa.....	104
4.5.1. Panjang <i>Casing</i>	104
4.5.2. Diameter	105
4.6. Saringan Sumur dan <i>Casing</i> Sumur Bawah	106
4.6.1. Panjang dan Lokasi Saringan	107
4.6.2. Diameter Saringan Sumur.....	111
4.6.3. Jenis Celah (<i>Slot</i>) dan Area Terbuka.....	112
4.6.4. Jenis Celah (<i>Slot</i>) Saringan.....	114

4.6.5. Ukuran Celah (slot) saringan	114
4.7. <i>Gravel Pack</i>	116
4.7.1. Persyaratan Dasar <i>Gravel Pack</i>	116
4.7.2. Istilah	117
4.7.3. <i>Gravel Pack</i> Alami	117
4.7.4. <i>Gravel pack</i> Buatan	118
4.7.5. Bahan <i>Gravel pack</i>	119
4.7.6. Ketebalan <i>Gravel pack</i>	119
4.7.7. Pemilihan Gradasi <i>Gravel</i>	119
4.7.8. <i>Instalasi Gravel Pack</i>	121
4.8. Latihan	122
4.9. Rangkuman	122
4.10. Evaluasi	123
BAB V DEVELOPMENT	125
5.1. Metode Semburan Udara	125
5.2. Metode Semburan Air Berkecepatan Tinggi	131
5.3. Metode Pemompaan Berlebih (<i>Over Pumping</i>)	136
5.4. Metode Pencucian Balik	138
5.5. Metode Pengocokan (<i>Mekanical Surging</i>)	140
5.6. Latihan	140
5.7. Rangkuman	140
5.8. Evaluasi	141
BAB VI UJI PEMOMPAAN	143
6.1. Pengertian Umum dan Persiapan	143
6.1.1. Peralatan Uji pemompaan	144
6.1.2. Persiapan Lokasi dan Komunikasi	145
6.1.3. Bahan dan Personil	146
6.1.4. Permasalahan dalam Pengujian	147
6.2. Pengertian Uji Pemompaan Debit Bertingkat	150
6.2.1. Tujuan Uji Pemompaan Debit Bertingkat	150
6.2.2. Dasar Teori Uji Pemompaan Debit Bertingkat	150
6.3. Prosedur Uji Pemompaan Debit Bertingkat	152
6.3.1. Pengujian	152
6.3.2. Langkah Analisa	153
6.4. Pengertian uji pemompaan debit konstan	155
6.5. Akuifer Tertekan	156

6.5.1. Metode Thiem aliran Tunak (<i>Steady State</i>)	157
6.5.2. Metode Theis Taktunak (<i>Unsteady State</i>)	160
6.5.3. Metode Jacob (<i>Cooper - Jacob</i>).....	164
6.6. Akuifer Semi Tertekan (Akuifer Bocor).....	166
6.6.1. Metode Hantush Aliran Tunak (<i>Steady State</i>)	167
6.6.2. Metode Walton aliran Taktunak (<i>Unsteady State</i>).....	168
6.7. Akuifer Tidak Tertekan (Akuifer Bebas)	170
6.7.1. Metode Kurve Fitting Neuman Aliran Taktunak (<i>Unsteady State</i>)	170
6.7.2. Metode Theim-Dupoit Aliran Tunak (<i>Steady State</i>).....	173
6.8. Uji Kambuh	174
6.8.1. <i>Akuifer tertekan metode Theis recovery</i>	175
6.8.2. <i>Akuifer Bocor metode Theis recovery</i>	176
6.8.3. <i>Akuifer Bebas metode Theis recovery</i>	176
6.9. Latihan	177
6.10. Rangkuman.....	177
6.11. Evaluasi	178
BAB VII PERMASALAHAN PEMBORAN	179
7.1. Permasalahan.....	179
7.1.1. Dinding lubang bor runtuh	179
7.1.2. Gejala <i>shale problem</i>	180
7.1.3. Usaha untuk mengatasi masalah <i>shale</i>	180
7.1.4. Mud Loss (<i>Fluida Hilang</i>)	181
7.1.5. Gejala dan Pencegahan <i>Mud Loss (Fluida Hilang)</i>	181
7.1.6. Jepitan Pada <i>Drill Pipe</i>	182
7.1.7. Jenis Jepitan dan Penyebab	182
7.2. Pemancingan Dalam Pemboran	184
7.2.1. Jenis Ikan & Alat Pancing.....	184
7.2.2. Alat Pancing <i>Die Collar</i>	185
7.2.3. Alat Pancing <i>Overshot</i>	185
7.2.4. Alat Pancing <i>Taper Tap</i> dan <i>Pipe Spear</i>	187
7.2.5. Alat Pancing <i>Junk Basket</i>	188
7.2.6. <i>Fishing Magnet</i>	188
7.3. Cara Pemancingan	188
7.3.1. Sirkulasi ketika terjepit.....	188
7.3.2. Sirkulasi intensif.....	189
7.3.3. Perendaman	189

7.3.4. Melepas sambungan pipa	190
7.4. Latihan	191
7.5. Rangkuman	191
7.6. Evaluasi	192
BAB VIII PENUTUP	193
8.1. Simpulan	193
8.2. Tindak Lanjut	193
DAFTAR PUSTAKA	194
GLOSARIUM	195
KUNCI JAWABAN	211

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Klasifikasi dan spesifikasi pipabor	32
Tabel 3.2. Persamaan dan pertukaran tipe ulir.....	36
Tabel 3.3. Aplikasi dan spesifikasi kompresor mobile (sumber Atlas Copco).....	47
Tabel 4.1. Rekomendasi kekentalan untuk fluida Bentonite	84
Tabel 4.2. Ringkasan aplikasi logging untuk hidrologi airtanah (<i>Key dan MacCray</i>).....	91
Tabel 4.3. Rekomendasi diameter jambang untuk berbagai debit (Driscoll,1989)	105
Tabel 4.4. Karakteristik dan manfaat <i>gravel pack</i>	120
Tabel 5.1. Ukuran pipa untuk pencucian sumur (<i>Air Lift</i>)	128
Tabel 6.1. Harga koefisien kehilangan tinggi tekan pada sumur (<i>well loss</i>)	151
Tabel 6.2. Klasifikasi sumur berdasarkan faktor <i>development</i> (<i>Bierschenk</i>)	151
Tabel 6.3. Tabel contoh data hasil pengujian	154
Tabel 6.4. Jenis Akuifer dan Beberapa Metode Uji Pemompaannya.....	156
Tabel 6.5. Nila fungsi $W(u)$ untuk berbagai nilai u	162
Tabel 7.1. Bahan – bahan penyumbat.....	182

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peralatan utama dalam pemboran metode perkusi (Bor Tumbuk).....	10
Gambar 2.2. Rangkaian <i>drill stem</i> pada bor tumbuk.....	10
Gambar 2.3. Mesin bor tumbuk <i>Bucyrus-Erie Model 22-W cable-tool rig (Bucyrus-ErieCo.vide Sterrett,2007)</i>	12
Gambar 2.4. Diagram skema mesin bor metode sirkulasi langsung diatas <i>truck munted</i>	13
Gambar 2.5. Sambungan Pipa bor, Ujung sambungan Pin dan Box	16
Gambar 2.6. Pemboran sistem putar sirkulasi terbalik.....	22
Gambar 3.1. Mesin bor jenis <i>skid mounted</i>	28
Gambar 3.2. Mesin bor <i>Truck Mounted</i>	29
Gambar 3.3. Mesin bor jenis <i>tractor mounted</i> dengan roda bola karet	29
Gambar 3.4. Bagian - bagian ujung pipabor.....	31
Gambar 3.5. Diagram klasifikasi kondisi pipabor	33
Gambar 3.6. Grade pipa bor dengan kode warna	33
Gambar 3.7. Contoh kode pabrikasi alat sambung	35
Gambar 3.8. <i>Drill collar</i>	37
Gambar 3.9. Stabilisator	38
Gambar 3.10. <i>Drag bit</i> , Jenis matabor pemotong tetap	38
Gambar 3.11. <i>Tricone bit</i> , Jenis matabor <i>roller</i>	39
Gambar 3.12. Pompa fluida duplex	41
Gambar 3.13. Mekanisme pompa duplex.....	42
Gambar 3.14. Mekanisme pompa triplek.....	42
Gambar 3.15. Tipe - tipe umum kompresor berdasarkan prinsip kerjanya.....	44
Gambar 3.16. <i>Single stage, single acting piston compressor</i>	46
Gambar 3.17. <i>Radial turbocompressor</i>	46
Gambar 3.18. Kisaran aplikasi berbagai jenis kompresor (Atlas Copco)	47
Gambar 3.19. Pompa Centrifugal dikopel dengan elektromotor	48
Gambar 3.20. Pompa <i>Turbine</i>	49
Gambar 3.21. Pompa <i>submersible</i>	50
Gambar 3.22. Timbangan Fluida (<i>Mud Balance</i>) untuk mengukur berat jenis fluida bor ..	50
Gambar 3.23. <i>Sand content kit</i> untuk fluida pemboran.....	51
Gambar 3.24. <i>Imhoff cone</i>	52
Gambar 3.25. <i>Water level sounding</i> atau <i>Deep meter</i> , alat pengukur kedalaman muka air tanah	52

Gambar 3.26. <i>Stopwatch</i>	53
Gambar 3.27. Meter air	54
Gambar 3.28. V-notch, alat ukur debit	55
Gambar 3.29. Beberapa alat ukur ambang tajam.....	55
Gambar 3.30. Alat ukur debit Orifice weir	55
Gambar 3.31. pH dan <i>Conductivity meter</i> serta kertas laksmus berskala warna	56
Gambar 3.32. Berbagai macam alat bantu pemboran	57
Gambar 4.1. Kondisi tanah lempung hitam, pasir, lempung merah dan berangkal.....	67
Gambar 4.2. Kondisi tanah gamping evaporit, lempung napal, gamping berlapis, dan gamping evaporit lapuk.	68
Gambar 4.3. Kondisi tanah karst, gambut, lava, dan batuan beku	69
Gambar 4.4. Sketsa denah penyusunan peletakan peralatan	70
Gambar 4.5. Kolam fluida sirkulasi. pasangan dan perkuatan bambu mencegah longsor dan pengotoran fluida	71
Gambar 4.6. <i>Drum casing</i> sebagai casing sementara bagian atas lubang bor	72
Gambar 4.7. Peletakan alas penumpu dan kerangka dasar mesin bor.	73
Gambar 4.8. Peletakan mesin bor harus tegak lurus	74
Gambar 4.9. Parit saluran penghubung lubang bor ke bak sirkulasi fluida dan bak kontrol	75
Gambar 4.10. Ayakan yang digunakan dalam pengambilan sampel.....	79
Gambar 4.11. Klasifikasi ukuran butir untuk penamaan batuan sedimen (Wenworth,1922)	80
Gambar 4.12. Perbandingan berat jenis berbagai macam fluida	83
Gambar 4.13. Viskometer laboratorium dan <i>marsh funnel viscometer</i>	84
Gambar 4.14. Hubungan antara viskositas <i>Marsh Funnel</i> dalam detik dengan viskositas laboratorium dalam <i>centi poise fluida bentonite</i> dengan <i>revert</i>	85
Gambar 4.15. Hubungan densitas, prosentase berat dan viskositas yang dihasilkan dari berbagai jenis fluida	86
Gambar 4.16. Hubungan <i>stress</i> , <i>strain</i> dan <i>yield point</i> pada fluida pemboran.....	86
Gambar 4.17. Ilustrasi proses filtrasi, pebentukan <i>Mud Cake</i>	88
Gambar 4.18. <i>Mud cake</i> yang terlalu tebal akan mudah terkelupas karena persentuhan dengan pipabor (kanan)	88
Gambar 4.19. Tipikal susunan elektroda dan jarak <i>standart log resistivity</i> (a) <i>Short normal</i> ; (b) <i>Long normal</i> (c) <i>Lateral</i> (menurut Keys dan MacCray).....	93
Gambar 4.20. Contoh Log SP (<i>spontaneous Potential</i>) dan <i>Resistivity Suatu sumur</i> (<i>Schumberger Well Surveying. Corp</i>).....	93

Gambar 4.21. Rentang resistivitas listrik berbagai sedimen dan batuan. (<i>Amer. Soc. Civil Engrs</i>).....	95
Gambar 4.22. <i>Log Natural Gamma</i> dari suatu sumur uji	97
Gambar 4.23. Tipikal konstruksi sumur	103
Gambar 4.24. Casing diameter dan lubang bor	106
Gambar 4.25. Pemasangan saringan penetrasi parsial.....	108
Gambar 4.26. Penempatan posisi saringan yang disarankan dari sumur dengan berbagai formasi berlapis lapis	108
Gambar 4.27. Pengurangan konvergensi garis aliran dalam pemasangan screen.	110
Gambar 4.28. Saringan sumur yang diproduksi dengan gergaji tangan, pelubangan dan pabrikasi.....	113
Gambar 4.29. Bukaan celah (slot) berbentuk V	113
Gambar 4.30. Konfigurasi bukaan celah pada saringan	114
Gambar 4.31. Pemilihan celah (slot) screen untuk pasir seragam	115
Gambar 4.32. Desain pemasangan screen dengan berbagai ukuran celah.	116
Gambar 4.33. Kondisi kerikil penyaring hasil <i>development</i>	118
Gambar 4.34. Perbedaan antara sumur dengan kerikil alami dan buatan.	119
Gambar 4.35. Ilustrasi aturan Terzaghi	120
Gambar 4.36. Pemilihan gradasi gravel pack.....	121
Gambar 5.1. Susunan perangkat development dengan tekanan udara.....	127
Gambar 5.2. <i>Double Packer</i> peralatan opsional untuk <i>development</i>	129
Gambar 5.3. Alat Sembur (<i>jetting tools</i>) dengan nozel	134
Gambar 5.4. Peralatan sembur (<i>jetting tool</i>) 4 nozel	136
Gambar 5.5. <i>Bridging particles</i>	138
Gambar 6.1. Contoh <i>ploting</i> data hasil pengujian	154
Gambar 6.2. Pelaksanaan Uji pemompaan dengan <i>Vee Notch</i>	155
Gambar 6.3. Penampang Aquifer Tertekan Selama Dipompa	157
Gambar 6.4. Ploting data sm versus r	159
Gambar 6.5. <i>Theis type curve</i> untuk akuifer tertekan	163
Gambar 6.6. Ploting data pada kertas logaritmis untuk cara <i>cua matching</i>	163
Gambar 6.7. <i>Matching</i> data lapangan diatas <i>Theis Type Curve</i>	164
Gambar 6.8. <i>Ploting kurve</i> data t versus s	166
Gambar 6.9. Keluarga Type Kurve Walton $W(u,r/L)$ vs $1/u$ untuk berbagai nilai r/L	170
Gambar 6.10. Keluarga kurve tipe Neuman : $W(uA,\beta)$ vs $1/UA$ dan $W(uB,\beta)$ vs $1/uB$ dengan berbagai harga β	171
Gambar 6.11. Penampang Aquifer bebas aliran tunak yang dipompa	173

Gambar 6.12. <i>Time drawdown dan residual drawdown</i>	174
Gambar 7.1. <i>Die collar</i>	185
Gambar 7.2. <i>Alat Pancing Overshot</i>	186
Gambar 7.3. <i>Alat Pancing Taper Tap & Pipe Spear</i>	187

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Deskripsi

Modul Dasar Pemboran ini terdiri dari lima kegiatan belajar mengajar. Kegiatan belajar pertama membahas Tahapan dan Metode Pemboran. Kegiatan belajar kedua membahas Peralatan dan Bahan Pemboran. Kegiatan belajar ketiga membahas Pelaksanaan Pemboran. Kegiatan belajar keempat membahas Development. Kegiatan belajar kelima membahas Uji Pemompaan dan Kegiatan belajar keenam membahas Permasalahan Pemboran.

Peserta pelatihan mempelajari keseluruhan modul ini dengan cara yang berurutan. Pemahaman setiap materi pada Pelatihan ini diperlukan untuk mampu memahami dasar pemboran.

Persyaratan

Dalam mempelajari modul pembelajaran ini, peserta pelatihan diharapkan dapat menyimak dengan seksama penjelasan dari pengajar sehingga dapat memahami dengan baik. Untuk menambah wawasan, peserta diharapkan dapat membaca terlebih dahulu Hidrogeologi untuk Pemboran.

Metode

Dalam pelaksanaan pembelajaran ini, metode yang dipergunakan adalah dengan kegiatan pemaparan yang dilakukan oleh Widyaiswara/ Fasilitator, adanya kesempatan tanya jawab, diskusi, bahkan pemutaran video.

Alat Bantu/ Media

Untuk menunjang tercapainya tujuan pembelajaran ini, diperlukan Alat Bantu/ Media pembelajaran tertentu, yaitu: LCD/ projector, Laptop, *White board* dengan spidol dan penghapusnya, bahan tayang, modul dan/ atau bahan ajar.

Tujuan Kurikuler Khusus

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran dalam mata pelatihan ini, Peserta mampu memahami hidrogeologi untuk pemboran.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengembangan Airtanah untuk Irigasi telah cukup lama di laksanakan di Indonesia, yaitu diawali di Jawa Timur pada tahun 70 an dan saat ini telah berkembang hampir diseluruh Indonesia meliputi seluruh Jawa dan terutama dikembangkan di Indonesia Bagian Timur dari Bali sampai Papua dan sebagian di Wilayah Pulau Sumatera.

Pengelolaan Irigasi airtanah merupakan salah satu aspek dari pengelolaan SDA secara umum sehingga harus mengikuti peraturan perundang - undangan yang berlaku saat ini. Kebijakan dalam Pengelolaan Airtanah perlu dirumuskan, dan dalam modul ini diusulkan tentang kebijakan dimaksud dan kebijakan yang akan dituangkan dan menjadi acuan bagi aparat pelaksana baik di Pusat, Balai Besar/ Balai Wilayah Sungai maupun di daerah.

Di Indonesia, airtanah dapat ditemui dimana saja pada setiap daerah akan tetapi potensinya berbeda - beda setiap daerahnya. Agar pemanfaatannya dapat memberikan kesejahteraan bagi masyarakat maka diperlukan pengelolaan yang dilakukan secara cermat, bijaksana, adil dan merata. Pembangunan sumber daya air sebagai bagian dari pembangunan nasional merupakan segala usaha mengembangkan pemanfaatan, pelestarian dan perlindungan air beserta sumbernya melalui perencanaan yang terpadu guna mencapai manfaat sebesar - besarnya dalam memenuhi hajat hidup masyarakat dan kemakmuran untuk masyarakat.

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat dibutuhkan oleh manusia dan makhluk hidup lainnya dan didalamnya mencakup salah satunya adalah airtanah, dimana pembentukannya mengikuti siklus peredaran air di bumi, disebut dengan siklus hidrologi. Airtanah yang muncul kepermukaan dan bersama air hujan menjadi air permukaan, dan sebaliknya air permukaan yang sebagian akan meresap dan tersimpan dalam lapisan batuan yang dapat menyimpan air yaitu yang dikenal sebagai akuifer. Airtanah sebagai salah satu komponen penting dari sumber daya air mempunyai peranan yang sangat penting bagi penyediaan air untuk memenuhi kebutuhan dasar makhluk hidup.

Ketersediaan air di bumi terdiri dari 94 % air asin dan 6 % air tawar (air yang dapat dimanfaatkan). Dari 6 % air tawar tersebut, 95 % merupakan airtanah, 3,5 % air permukaan dan 1,5 % kelembaban tanah. Keterdapatannya di Indonesia sebesar 712 milyar m³/tahun yang tersedia pada 421 Cekungan Airtanah (CAT). Dengan pola ketersediaan air di bumi tersebut, banyak para ahli di dunia berpendapat bahwa airtanah merupakan air masa depan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia yang jumlahnya makin meningkat.

Sehubungan dengan adanya perubahan tataguna lahan yang semakin tak terkendali maka kebutuhan air untuk berbagai keperluan umumnya dipasok dari air permukaan namun dikarenakan jumlahnya semakin terbatas dan seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan perkembangan pembangunan maka banyak industri, pertanian dan usaha komersial lainnya saat ini mengandalkan airtanah sebagai pasokan utama bagi kelangsungan usahanya.

Karena airtanah tidak mengenal batas – batas administrasi dan batas kepemilikan lahan, sehingga diberbagai kota besar yang padat penduduk dan industrinya maka kegiatan eksplorasi airtanah oleh masyarakat, industri dan usaha komersial semakin meningkat, bahkan cenderung tidak terkendali, yang akhirnya menimbulkan dampak negatif berupa kekurangan bahkan habisnya airtanah yang pada akhirnya menimbulkan terjadinya kerawanan, konflik sosial serta dampak lingkungan yaitu berupa land subsidence (amblesan tanah).

Sumber daya airtanah sekalipun merupakan sumber air yang dapat diperbarui, namun pembaharuan/pengimbuhan airtanah pada cekungan airtanah (CAT) memerlukan kondisi yang baik dan rentang waktu yang bisa sangat lama, tergantung dari kondisi geologinya. Dan kerusakan lingkungan pada daerah resapan/ imbuhan (*recharge area*) akan sangat mempengaruhi pengimbuhan kembali.

Pemanfaatan air permukaan, seperti sungai, danau, waduk, embung dan lain - lain telah lama dilakukan masyarakat. Namun demikian, karena kebutuhannya belum proporsional dibandingkan dengan kesediaannya terutama di musim kemarau, maka sering kali tanaman yang di budidayakan pada periode tersebut mengalami kekeringan. Berdasarkan fakta tersebut, maka perlu dipikirkan alternatif lain untuk memenuhi kebutuhan air tanaman dari sumber air yang lain.

Airtanah merupakan salah satu pilihan sumber air yang dapat dikembangkan untuk pertanian. Pemanfaatan airtanah untuk air baku dan irigasi, telah lama dikembangkan oleh pemerintah melalui Kementerian PUPR hampir diseluruh provinsi di Indonesia. Dalam pembangunan akan kebutuhan air baku dan irigasi airtanah memerlukan tenaga - tenaga ahli yang mengerti di dalam perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan operasi dan pemeliharaan sarana prasarana airtanah.

Dalam mengembangkan kompetensi manajerial dan teknis SDM Kementerian PUPR serta aparatur sipil negara (ASN) maka Pusdiklat SDA dan Konstruksi menetapkan strategi peningkatan kapasitas dan kompetensi melalui Pendidikan dan pelatihan, untuk mendukung pencapaian

1.2. Deskripsi singkat

Mata pelatihan ini membahas materi mengenai Tahapan dan Metode Pemboran; Peralatan dan Bahan Pemboran; Pelaksanaan Pemboran; *Development*; Uji Pemompaan; dan Permasalahan Pemboran. Pembelajaran disampaikan dengan metode ceramah, tanya jawab, diskusi dan pemutaran video.

1.3. Tujuan Pembelajaran

3.3.1. Hasil Belajar

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran dalam mata pelatihan ini, Peserta mampu memahami dasar pemboran.

3.3.2. Indikator Hasil Belajar

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta dapat menjelaskan:

- a) Tahapan dan Metode Pemboran;
- b) Peralatan dan Bahan Pemboran;
- c) Pelaksanaan Pemboran;
- d) *Development*;
- e) Uji Pemompaan; dan
- f) Permasalahan Pemboran.

1.4. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok

Dalam modul dasar pemboran ini akan membahas materi:

- a) Tahapan dan Metode Pemboran
 - 1) Tahapan Pembuatan Sumur Bor
 - 2) Personil, Regu Kerja
 - 3) Metode Pemboran
 - 4) Latihan
 - 5) Rangkuman
 - 6) Evaluasi
- b) Peralatan dan Bahan Pemboran
 - 1) Peralatan Pemboran
 - 2) Bahan Pemboran
 - 3) Latihan
 - 4) Rangkuman
 - 5) Evaluasi
- c) Pelaksanaan Pemboran
 - 1) Pemboran Lubang
 - 2) Fluida Pemboran
 - 3) *Electric Logging*
 - 4) Desain dan Instalasi Konstruksi
 - 5) Jambang Pompa
 - 6) Saringan Sumur dan Casing Sumur Bawah
 - 7) *Gravel Pack*
 - 8) Latihan
 - 9) Rangkuman
 - 10) Evaluasi
- d) *Development*
 - 1) Metode Semburan Udara
 - 2) Metode Semburan Air Berkecepatan Tinggi
 - 3) Metode Pemompaan Berlebih (*Over Pumping*)
 - 4) Metode Pencucian Balik
 - 5) Metode Pengocokan (*Mekanikal Surging*)
 - 6) Latihan
 - 7) Rangkuman
 - 8) Evaluasi

- e) Uji Pemompaan
 - 1) Pengertian Umum dan Persiapan
 - 2) Pengertian Uji Pemompaan Debit Bertingkat
 - 3) Prosedur Uji Pemompaan Debit Bertingkat
 - 4) Pengertian Uji Pemompaan Debit Konstan
 - 5) Akuifer Tertekan
 - 6) Akuifer Semi Tertekan
 - 7) Akuifer Tidak Tertekan
 - 8) Uji Kambuh
 - 9) Latihan
 - 10) Rangkuman
 - 11) Evaluasi
- f) Permasalahan Pemboran
 - 1) Permasalahan
 - 2) Pemancingan dalam Pemboran
 - 3) Cara Pemancingan
 - 4) Latihan
 - 5) Rangkuman
 - 6) Evaluasi



BAB II

TAHAPAN DAN METODE PEMBORAN

Indikator Hasil Belajar:

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan tahapan dan metode pemboran.

2.1. Tahapan Pembuatan Sumur Bor

Pembuatan sumur bor yang dilaksanakan dengan pemboran, sering disebut sebagai “Pemboran Sumur” saja. Pekerjaan tersebut merupakan serangkaian kegiatan yang menerus, dimana pekerjaan dimulai hingga selesai, idealnya tidak ada waktu tengang atau terhenti, kecuali memang penghentian kegiatan adalah bagian dari pekerjaan, misalnya saat pengujian hasil, yaitu waktu uji pemompaan. Saat masa kambuh, harus menunggu pemulihan muka air beberapa waktu .

Bahkan jika memungkinkan, pekerjaan dilakukan 24 jam tiap hari, hal tersebut untuk menghindari adanya permasalahan yang timbul, misalnya runtuhnya lubang bor yang sedang dikerjakan sehingga mengakibatkan terjepitnya peralatan bor misalnya *pipa bor, matabor, drill collar, stabilisator*, dan lain-lainya.

Tahapan pemboran secara garis besar dapat di kelompokkan dalam 4 (empat) tahapan yang dilaksanakan secara berurutan, dari awal hingga akhir meliputi :

- a) Persiapan
- b) Pelaksanaan Pemboran
- c) *Development*
- d) Uji Pemompaan (*Pumping Test*)

Masing - masing tahapan masih terbagi dalam beberapa kegiatan.

Tahap persiapan meliputi kegiatan persiapan umum, yaitu persiapan dari kantor atau *base camp*, hal-hal yang disiapkan antara lain mulai dari persiapan barang - barang, laporan, peralatan, bahan dan personil.

Peralatan yang akan dibawa kelapangan harus diperhitungkan jumlah maupun diperiksa kondisinya, apakah layak digunakan atau tidak dan seberapa dibutuhkan dilapangan. Personil juga harus di perhitungkan jumlahnya maupun bidang kemampuan masing - masing personil, tugas tugas sudah terbagi secara rinci sebelum sampai dilapangan, untuk masing - masing personil.

Adminstrasi, termasuk administrasi teknik diantaranya daftar peralatan dan personil, absensi, perlu di siapkan, blangko - blangko pencatatan, laporan dan rekaman pengujian serta pengukuran sudah harus disiapkan untuk dibawa ke lapangan atau lokasi. Tabel tabel khusus misalnya tabel *debit orifice*, tabel debit V-notch serta tabel konversi lain juga harus tidak boleh ketinggalan

2.2. Personil, regu kerja

Pekerjaan pemboran sumur merupakan pekerjaan team (beregus) yang terdiri dari banyak anggota pekerja, dengan sistem kerja ideal adalah beregu (*shift*).

Tiap regu diorganisasikan berdasarkan tugas masing masing, sebagai contoh :

- a) *Driller*
- b) *Asisten driller*
- c) *Fitter*
- d) Mekanik
- e) *Helper*

Driller bertugas memimpin, mengatur, mengendalikan kegiatan sesuai rencana pemboran dan bertindak sebagai kepala operator terhadap seluruh peralatan pemboran, diantaranya *rig*, *mud pump*, pompa - pompa dan peralatan lain yang berada di lokasi pemboran

Assisten driller bertugas membantu atau sebagai pengganti *driller* dengan tugas yang sama dengan *driller*, *assisten driller* dapat satu orang atau lebih. Jika pekerjaan hanya dilakukan 2 regu bergantian, cukup satu *assisten*, jika dua regu atau lebih, *assisten* dapat disesuaikan kebutuhan.

Fitter bertugas membantu sebagian tugas *driller* atau *assisten driller*, misalnya sebagai operator pompa fluida merangkap operator generator set saat diperlukan.

Mekanik bertugas membantu sebagian tugas *driller* atau *assisten driller* atau dikhususkan dalam *development* serta perbaikan peralatan dan mesin - mesin.

Helper bertugas membantu sebagian tugas *driller* atau *assisten driller* dikhususkan dalam penanganan penyiapan dan kontrol fluida, *cutting* dan bahan - bahan sirkulasi. Petugas lain dapat ditambahkan, misalnya penjaga malam dan pengemudi sesuai kebutuhan.

Dalam melaksanakan tugasnya, semua harus fleksibel saling membantu atau menggantikan, mengingat pekerjaan ini menerus.

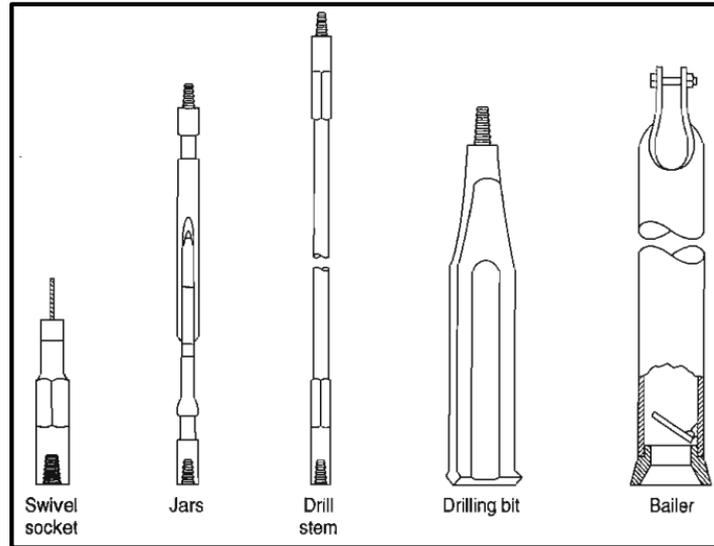
2.3. Metode Pemboran

2.3.1. Pemboran Perkusi

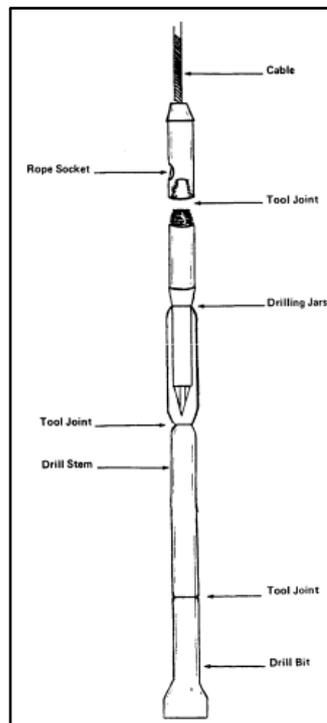
Pemboran metode perkusi sering disebut sebagai metode bor tumbuk atau alat kabel (*Cable tool*) kadang-kadang disebut penumbuk, perkusi, spudder atau rig balok berjalan (*walking beam*). Bermula digunakan 4000 tahun yang lalu di Cina. Metode ini adalah cara pemboran paling awal dan telah digunakan terus menerus selama sekitar 4000 tahun. Pernah tercatat alat ini di Tiongkok terbuat dari bambu dan digunakan sampai mencapai kedalaman 3000 kaki, namun, sumur - sumur yang dibuat hingga kedalaman tersebut seringkali diselesaikan dalam beberapa generasi. Metode ini mampu membor lubang berdiameter 8 cm hingga 60 cm pada material batuan terkonsolidasi hingga kedalaman 600 m.

Cara kerja alat ini yaitu dengan berulang kali mengangkat dan menjatuhkan serangkaian alat bor yang berat, secara teratur ke dalam lubang bor. Di ujung bawah dipasang matabor dengan ujung matabor yang relatif tajam, guna meremukkan atau menghancurkan batuan terkonsolidasi, karena tumbukan atau impak, menjadi kepingan fragmen kecil atau serbuk. Jika formasi batumannya tidak konsolidasi, matabor (*bit*) tersebut akan membongkar lepas atau menghambur material.

Dari atas ke bawah, serangkaian alat ini terdiri dari soket putar (*swivel socket*), satu set toples (*jars*), batang bor (*drill stem*), dan matabor (*drilling bit*) (Gambar 2.1). Berat total bisa mencapai beberapa ribu kilogram.



Gambar 2.1. Peralatan utama dalam pemboran metode perkusi (Bor Tumbuk)



Gambar 2.2. Rangkaian *drill stem* pada bor tumbuk

2.3.2. *Direct Circulation*

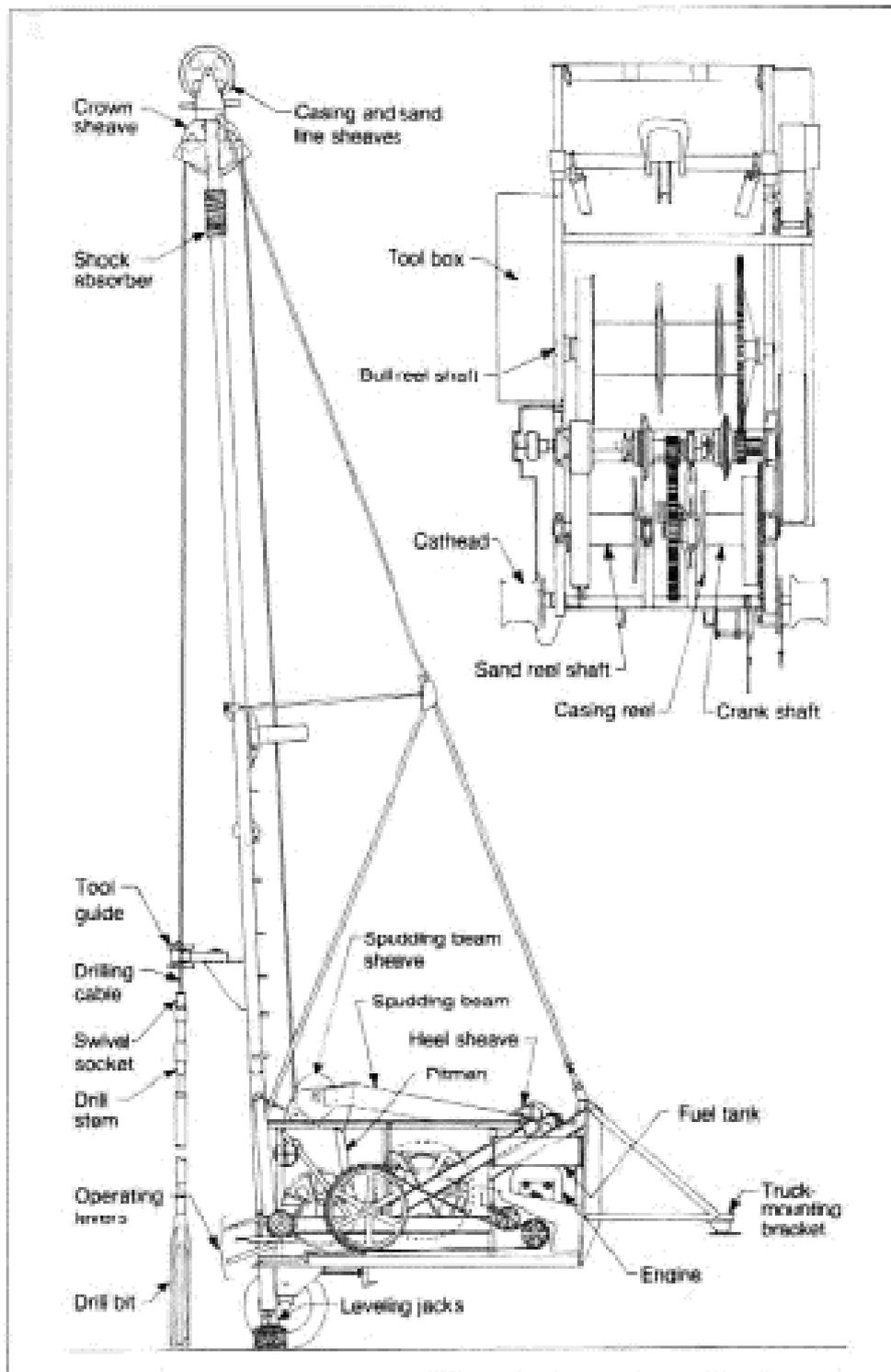
Metode pemboran putar langsung (*Rotary direct circulation*), dikembangkan untuk meningkatkan kecepatan pemboran dan untuk mencapai kedalaman yang lebih dalam di sebagian besar formasi.

Lubang bor dibor dengan cara memutar, dan stek (*cutting*) pemboran ketika matabor menembus formasi diambil dengan sirkulasi terus menerus menggunakan fluida. Matabor dipasang di ujung bawah pada rangkaian pipa bor (*drill string*) yang dapat dilengkapi perlengkapan lain, misalnya stabilisator dan pemberat atau kerah bor (*drill collar*) yang mentransmisikan aksi berputar dari mesin bor ke matabor. Dalam sistem putar langsung, fluida pemboran dipompa ke bawah melalui pipa bor dan keluar melalui *port* atau *nose* pada matabor, fluida kemudian mengalir kembali ke atas di ruang berbentuk lingkaran antara lubang dan pipa bor, membawa stek (*cutting*) atau suspensi ke permukaan. Di permukaan, fluida disalurkan ke kolam pengendapan diteruskan ke kolam penghisapan di mana sebagian besar stek (*cutting*) mengendap didasar kolam pengendap. Fluida yang bersih, bebas dari stek (*cutting*) dalam kolam hisap kemudian dihisap pompa di ujung kolam dan diresirkulasikan melalui pipa bor turun ke dalam dasar pemboran, mengambil stek di dasar lubang bor dibawa naik lagi masuk kembali ke kolam pengendapan, demikian seterusnya.

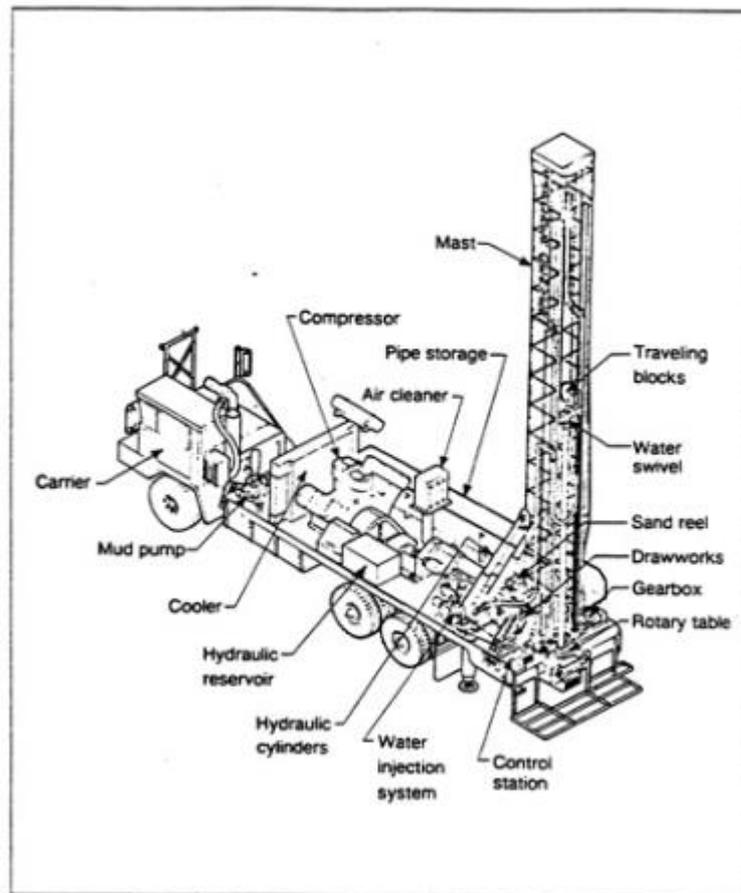
Sebelum 1920, jenis bor putar yang digunakan dalam pemboran sumur air umumnya disebut pusaran (*whirler*). Peralatan ini menggunakan selubung sumur (*casing*) itu sendiri sebagai pipa bor. Ujung bawah pipa selubung (*casing*) dilengkapi dengan sepatu pemotong bergerigi dengan diameter luar sedikit lebih besar dari sambungan pipa bor. Mesin pemotong bergerigi gergaji memotong dan menghancurkan material ketika pipa diputar. Air dipompa dalam sumur melalui pipa untuk mengangkat setek ke permukaan.

Metode ini cocok untuk pemboran hanya berdiameter relatif kecil, sumur dangkal dalam formasi tidak terkonsolidasi yang tidak mengandung batuan keras atau batu besar.

Komponen mesin bor putar dirancang untuk melayani dua fungsi secara bersamaan yaitu operasi matabor dan sirkulasi terus menerus fluida pemboran.



Gambar 2.3. Mesin bor tumbuk *Bucyrus-Erie Model 22-W cable-tool rig* (*Bucyrus-ErieCo.vide Sterrett,2007*)



Gambar 2.4. Diagram skema mesin bor metode sirkulasi langsung diatas *truck munted*

Pemboran rotasi sirkulasi langsung untuk sumur air, matabor yang umum digunakan adalah jenis matabor seret atau *drag bit* (*fishtail* atau ekor ikan dengan desain tiga, atau enam arah) dan matabor kerucut rol, biasanya disebut *roller bit* atau matabor batu atau *rock bit*.

Matabor drag memiliki bilah pendek, masing - masing ditempa berbentuk ujung tombak dan ditanamkan gigi dari logam yang lebih keras dan tahan abrasi. Pada ujung matabor terdapat lubang kecil atau *nose* yang mengarahkan semburan fluida pemboran ke permukaan bilah pisau matabor untuk membersihkan dan mendinginkannya. Matabor *drag* memiliki aksi geser - seret dan memotong dengan cepat di pasir, lempung, dan beberapa formasi batuan lunak, tetapi mereka tidak bekerja dengan baik di kerikil kasar atau formasi batuan kompak dan keras.

Matabor kerucut *roller* melakukan aksinya dengan tindakan “mengepingkan” dan meremukkan batuan, sehingga memungkinkan untuk memotong formasi keras. *Roller*, atau pemotong, dibuat dari gigi baja yang dikeraskan atau ditanamkan sisipan logam tungsten karbida dengan berbagai bentuk, berbagai ukuran, dan jarak yang bervariasi, dirancang sedemikian rupa, sehingga setiap gigi memberikan tekanan pada titik yang berbeda di formasi batuan bagian dasar lubang bor saat kerucut matabor berputar.

Gigi kerucut yang berdekatan saling berjaln sinkron sehingga terjadi pembersihan sendiri. Gigi yang panjang dan berjarak renggang banyak digunakan dalam matabor yang dirancang untuk memotong formasi lempung lunak, sedangkan gigi - gigi yang lebih pendek dan lebih kerap jaraknya digunakan untuk formasi yang lebih padat atau keras.

Matabor tiga kerucut (*tricone bit*), digunakan sebagai matabor serba guna untuk semua jenis formasi, memiliki *roller* berbentuk kerucut dengan as dan bantalan yang diatur pada sudut tertentu terhadap sumbu matabor. Desain lain memiliki empat rol; dua diatur pada sudut dan dua normal terhadap sumbu vertikal matabor.

Permukaan pemotong dari semua matabor rol disiram oleh semburan fluida pemboran yang diarahkan dari bagian dalam (tengah) matabor. Lubang sembur dibuat berukuran sedemikian rupa sehingga membantu memaksimalkan aksi pemotongan matabor terhadap batuan. Semburan juga efektif untuk memecah atau membersihkan bahan - bahan formasi lunak baik pada formasi maupun yang melekat pada *roller*.

Matabor terpasang di ujung bawah pipa bor (*drill pipe*) yang menyerupai pipa berbentuk tabung panjang. *Drill string* biasanya terdiri dari empat bagian: matabor, satu atau lebih kerah bor (*drill collar*), *stabilisator*, satu batang atau lebih pipa bor, dan, khusus pada mesin penggerak meja terdapat kelly. Pemilihan rakitan susunan *drill string* tergantung pada kondisi fisik bahan geologis. termasuk kemiringan formasi, adanya patahan atau fraktur, dan sifat formasi batuan.

Kerah bor (*drill collar*) adalah pipa bor berdinding tebal; satu atau lebih kerah bor (*drill collar*) digunakan untuk menambah bobot pada bagian bawah dari *drill string*. Konsentrasi berat tepat di atas matabor membantu menjaga lubang tetap lurus, dan memberikan berat yang cukup bagi matabor untuk mempertahankan kemampuan penetrasi yang tepat. Kerah bor (*drill collar*) kadang didesain dilengkapi dengan bilah atau *rol stabilisator* agar lebih efektif dalam membor, sehingga kondisi lubang bor tetap lurus.

Stabilisator (*Stabilizer*) adalah komponen penting pada peralatan lubang bawah. Fungsinya, menjaga proses pemboran agar lubang bor yang terbentuk tetap lurus terutama pada formasi lunak, stabilisator harus memiliki kontak dengan dinding lubang bor yang besar. Peningkatan kontak dapat dicapai dengan menggunakan stabilisator berbilah yang lebih panjang dan lebih lebar, atau dengan menggunakan stabilisator yang lebih banyak. Aliran fluida pemboran yang naik ke atas di sekitar stabilisator tidak boleh terlalu banyak, karena stek dapat melekat atau tertahan stabilisator sehingga menyebabkan terganggunya sirkulasi atau putaran.

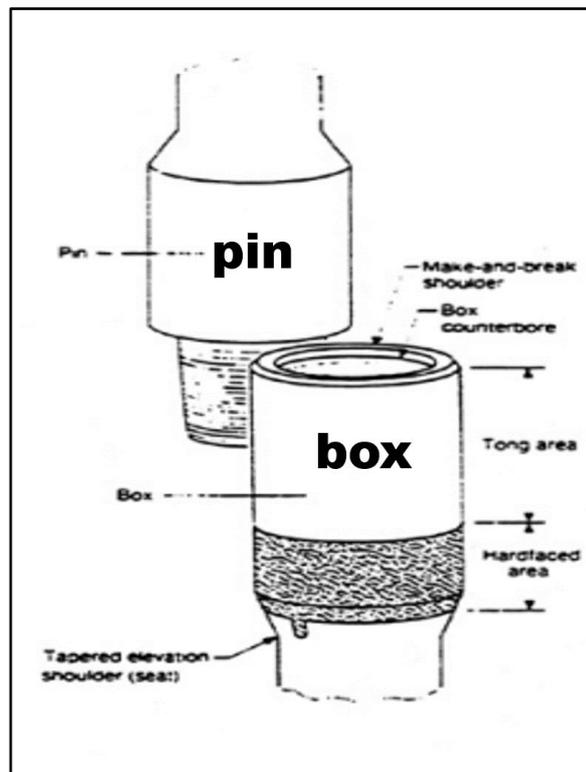
Akumulasi potongan di sekitar atau yang lengket ke stabilisator juga dapat menyebabkan zona erosi lokal di dinding lubang bor. Secara relatif pada formasi keras, stabilisator dapat bekerja lebih memuaskan dengan lebih sedikit kontak di dinding.

Pipa bor atau sebutan lainnya adalah stang bor atau *drill pipe* atau *drill stem*, adalah tabung mulus yang dibuat dengan sambungan yang biasanya berukuran 5,0 hingga 20,0 kaki, meskipun tersedia panjang lainnya. Setiap sambungan dilengkapi dengan ujung jantan atau pin sambungan alat di satu ujung dan ujung betina (*box*) sambungan alat di ujung lainnya (Gambar 2.5). Diameter luar pipa bor yang digunakan untuk pemboran putar langsung umumnya berkisar antara 2 hingga 6 inci.

Kecepatan sirkulasi yang tinggi mensyaratkan diameter pipa bor harus memadai untuk melawan kehilangan gesekan pada pipa ke tingkat yang dapat diterima agar dapat mengurangi daya yang dibutuhkan pompa. Beberapa jenis pipa bor mempunyai ujung sambungan dengan diameter lebih besar dari tubuh pipa bornya.

Untuk operasi yang efisien, diameter luar sambungan alat harus sekitar dua pertiga dari diameter lubang bor; rasio ini mungkin tidak praktis untuk lubang yang lebih besar dari 10 in. Dalam mesin penggerak meja, kelly merupakan bagian paling atas dari kolom *drill string*. Kelly terpasang dan melewati meja putar yang dapat dibuka, kelly digerakkan berputar secara hidrolis atau mekanik dari sumber tenaga.

Kelly ini berfungsi sebagai tongkat pemutar rangkaian *drill pipe* dibawahnya. Bentuk luar kelly bisa berbentuk persegi atau heksagonal, atau bulat dengan lekukan memanjang. Kelly dibuat sekitar 3 kaki lebih panjang dari satu batang pipa bor, memiliki lubang di dalam yang biasanya lebih kecil dari pipa bor karena dibutuhkan dinding tebal. Di Meja putar kelly dikunci dengan *bushing drive* diputar sambil bergerak naik turun. Dengan busing yang terpasang di sekitar kelly, seluruh batang bor dan matabor dipaksa berputar dengan meja putar. Saat berputar, kelly bergerak meluncur turun ke bawah melalui *bushing drive* untuk memberi tenaga matabor ke bawah saat lubang dibor. Ujung atas kelly terhubung ke *swivel* (dengan sambungan ulir kiri) yang digantungkan pada derek blok berjalan.



Gambar 2.5. Sambungan Pipa bor, Ujung sambungan Pin dan Box

Beberapa mesin bor putar menggunakan penggerak kepala putar (*towhead*) untuk memutar langsung *drill string*. Dalam sistem ini, unit rotasi bergerak ke atas dan ke bawah tiang (*master rig*), energi diperoleh dari unit transmisi hidrolik yang didukung oleh pompa hidrolik yang digerakkan motor.

Baik dalam mekanisme meja putar dan mekanisme penggerak kepala putar, (*top head drive mechanisms*), *driller* dapat menentukan kecepatan rotasi tergantung pada kondisi formasi batuan dan tingkat penetrasi. Untuk lubang bor dangkal dari 200 hingga 400 kaki, tekanan *pull - down* dapat diterapkan pada matabor. Tekanan lubang ke bawah pada matabor dapat ditingkatkan melebihi berat *drill string* dengan mengerahkan gaya tarik yang diturunkan dari berat rig pemboran. Rakitan rantai (atau kabel) pada tiang (*master*) digunakan untuk memindahkan sebagian berat *rig* pemboran ke *drill string*. Perhatian harus digunakan untuk menghindari tekanan *pull - down* yang berlebihan (berat) karena defleksi lubang (lubang bengkok) dapat terjadi. Kecepatan rotasi disesuaikan dengan tekanan *pull - down* atau tekanan yang ada pada matabor. Secara umum semakin tinggi tekanan pada matabor seharusnya, semakin lambat rotasi nya.

Disarankan untuk tidak menggunakan *pull - down* jika tidak sangat terpaksa, dan jika sangat terpaksa harus dilakukan sangat hati-hati, karena pipa bor dapat melengkung saat ditekan sambil membor akibatnya lengkungan dapat mengerosi lubang bor dan berakibat runtuh atau lubang yang sedang di bor dapat bengkok, dapat juga *rig* atau mesin bor terangkat dan berpindah tempat atau bergeser bahkan dapat terguling.

Menambahkan batang bor ke *drill string* atau melepaskan batang untuk mengubah matabor atau mengambil sendok sampel atau inti (*core*) adalah bagian utama dari setiap operasi pemboran putar. "*Tripping in*" dan "*tripping out*" adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan proses menjalankan matabor ke dalam atau menarik matabor dari lubang. Kebanyakan *rig* pemboran yang lebih baru telah dirancang untuk membuat proses ini secepat dan otomatis mungkin. Dengan beberapa mesin baru, dimungkinkan untuk menarik kembali batang 20-ft (6 m) dan mengeluarkannya dari *drill string* dalam waktu sekitar 30 detik.

Secara umum, mesin penggerak kepala putar (*top - head drive machines*), terutama yang dilengkapi dengan korsel (*carousels*) yaitu rak penyimpanan batang bor yang dipasang pada tiang atau *master*, menawarkan keuntungan dalam kecepatan penanganan batang - batang pipa bor, meskipun modifikasi terbaru dalam mesin meja putar (*table drive*) telah memungkinkan *rig* jenis ini untuk menyamai kecepatan.

Pada mesin penggerak kepala putar (*top-head drive machines*), tidak diperlukan kelly dan oleh karena itu bagian bawah motor penggerak hidrolik terhubung langsung ke batang bor. Batang tambahan dapat diambil langsung dari korsel oleh unit drive kepala putar (*top - head drive unit*). Jika mesin dilengkapi dengan rak penyimpanan samping, Sand line harus digunakan untuk menaikkan batang bor ke posisinya.

Tekanan internal yang diciptakan oleh fluida pemboran dapat menyebabkan lonjakan fluida pemboran sesaat namun kuat atau menyembur ("muncrat") keluar dari *drill string* pada titik di mana kelly dilepas dari batang bor atas.

Pengebor biasanya melepas sambungan ini secara perlahan untuk menghilangkan tekanan sisa, sehingga fluida pemboran tidak dikeluarkan dengan menyembur. Kadang - kadang selama penambahan fluida bor, fluida pemboran dapat terus meluap dari atas batang. Penyebab aliran ini dapat terjadi karena tekanan yang ada dalam material permeabel atau akuifer di lubang bor, tetapi lebih mungkin bahwa " beban" lempung yang terkemas atau melekat di sekitar batang bor jatuh kebawah lebih dalam ke lubang bor, sehingga mendorong fluida pemboran masuk kembali ke lubang tengah pipa bor.

Ketika sirkulasi fluida pemboran terhenti karena beberapa alasan, misalnya waktu menambahkan pipa bor, stek yang hanyut dalam kolom fluida cenderung jatuh atau turun kembali ke bagian bawah lubang bor atau keinginan mengendap. Stek dapat tersangkut pada sambungan pipa stang bor dan menumpuk di atas matabor. Jika mereka menetap menumpuk, mungkin diperlukan tekanan pompa yang lebih besar untuk membongkar stek ini dan melanjutkan sirkulasi, jika stek tidak dapat dilepas, pipa bor dan matabor akan tersangkut di lubang (terjepit).

Banyak fluida pemboran mengembangkan sifat kekuatan gel fluida bor, yaitu kemampuan untuk menahan stek ketika aliran melambat atau berhenti agar stek tetap melayang dalam fluida dan tidak cepat mengendap.

Disarankan sebelum menambahkan pipa bor dan menghentikan sirkulasi, perlu untuk memperlama sirkulasi fluida sampai beberapa menit tanpa memberikan tekanan masuk, untuk memberi kesempatan membersihkan lubang dari sebagian besar stek. Hal ini sangat penting untuk lubang yang dalam.

Fluida pemboran mencegah longsor (*caving*) lubang bor karena memberikan tekanan pada dinding lubang bor. Selama tekanan hidrostatik fluida melebihi tekanan bumi dan tekanan pada akuifer, lubang akan tetap terbuka. Tekanan pada kedalaman berapa pun sama dengan berat kolom fluida pemboran di atas titik itu.

Jika *caving* terjadi saat pemboran, maka perlu ditambahkan bahan pemberat, untuk menambah berat fluida pemboran, atau zat tambahan khusus, dapat ditambahkan untuk mengisolasi pembengkakan lempung. Untuk mencegah penerobosan yang berlebihan partikel halus fluida bor ke dalam formasi, bobot fluida bor harus cukup berat guna menjaga stabilitas lubang. Sejumlah *additives* tersedia untuk memberikan sifat spesifik pada fluida pemboran.

Saat pemboran berlangsung, sebuah film lapisan lentur tipis partikel halus terbentuk di dinding lubang bor. Lapisan ini disebut *mud cake*. Lapisan lentur ini, dapat terdiri dari lempung, lanau, atau koloid, terbentuk ketika tekanan fluida pemboran memaksa kandungan air masuk ke dalam formasi dan meninggalkan material halus yang menempel dan melekat pada dinding lubang bor. Pada waktunya, lapisan tersebut sepenuhnya menutupi dinding dan menahan partikel lepas atau bahan rapuh formasi batuan tetap di tempatnya. Lapisan tersebut juga melindungi dinding agar tidak terkikis oleh aliran fluida pemboran yang mengalir ke atas, dan bertindak untuk menutup dinding dan mengurangi hilangnya fluida bor ke dalam formasi permeabel disekelilingnya.

Meskipun lapisan fleksibel secara efektif mengontrol kehilangan fluida di lubang bor, tetapi tidak dapat mencegah lubang runtuh jika terdapat tekanan hidrostatik yang diciptakan oleh fluida pemboran kurang besar dari tekanan air dalam formasi.

Matabor didinginkan dan dibersihkan oleh semburan fluida yang diarahkan dengan kecepatan yang relatif tinggi ke permukaan gigi pemotong dan bagian tubuh matabor. Fluida pemboran yang baik adalah merupakan pelumas matabor yang sangat baik, tetapi viskositas harus dikontrol sehingga konsentrasi stek tidak menjadi berlebihan.

Dalam pemboran putar langsung, perlu dibuat fluida yang mempunyai viskositas khusus, dengan cara mencampur air dengan *additives* dalam kolam sirkulasi. Stek yang terkumpul di bagian bawah kolam harus dihilangkan secara berkala untuk menjaga efisiensi lubang dan kualitas fluida. Ketika fluida pemboran telah dicampur dan ditunggu sampai waktu yang cukup untuk memastikan bahan fluida telah terhidrasi lengkap, fluida dapat digunakan dengan memompa ke *drill string*.

Ukuran pompa fluida yang digunakan harus dipilih dengan hati - hati agar kecepatan uphole yang benar dapat dipertahankan.

Pemboran putar langsung, metode yang paling umum, menawarkan keuntungan sebagai berikut:

- a) Penetrasi relatif tinggi di semua jenis material formasi.
- b) Dibutuhkan *casing* bor (*casing* sementara) minimal selama operasi pemboran.
- c) Mobilisasi dan demobilisasi rig sangat cepat.
- d) Saringan (*screen*) dapat diatur dengan mudah sebagai bagian dari pemasangan *casing*.

Kerugian utama meliputi:

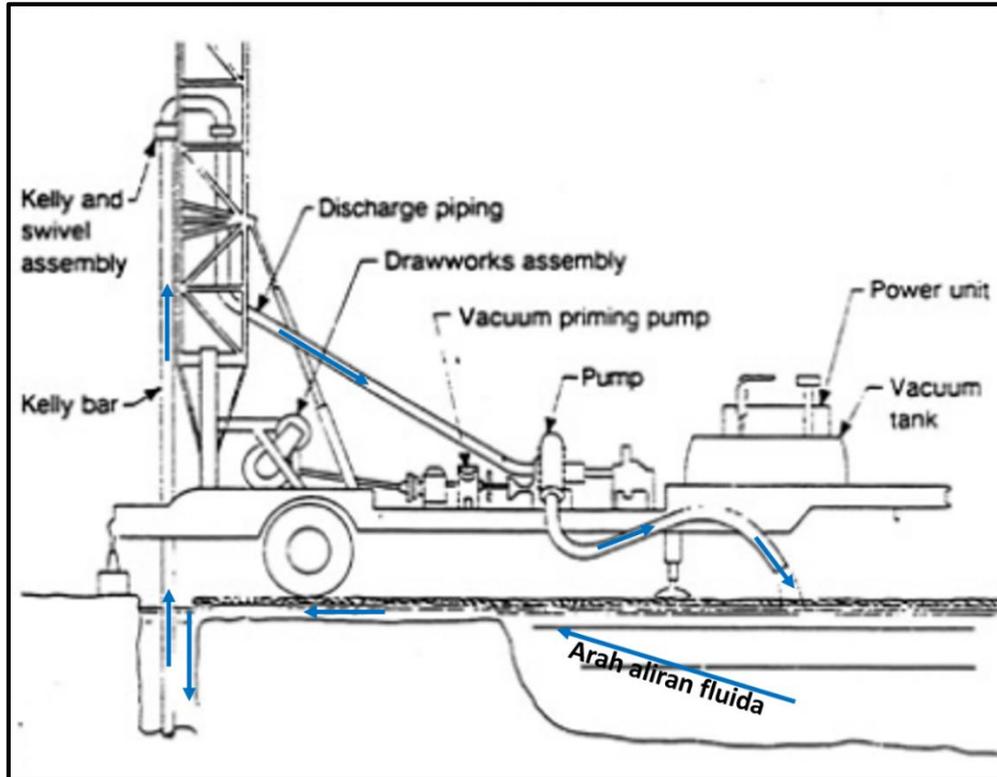
- a) *Rig* pemboran mahal.
- b) *Rig* pemboran membutuhkan tingkat pemeliharaan yang tinggi.
- c) Mobilitas *rig* mungkin terbatas tergantung pada kemiringan dan kondisi (kebasahan) tanah permukaan.
- d) Pengumpulan sampel yang akurat membutuhkan prosedur khusus.
- e) Penggunaan fluida pemboran dapat menyebabkan penyumbatan formasi tertentu.
- f) *Rig* tidak dapat dioperasikan secara ekonomis dalam suhu yang sangat dingin.
- g) Manajemen fluida pemboran membutuhkan pengetahuan dan keunggulan tambahan.

2.3.3. *Reverse Circulation*

Untuk mengatasi keterbatasan pada diameter lubang dan kecepatan pemboran, dirancang mesin sirkulasi terbalik, awalnya hanya digunakan dalam formasi tidak terkonsolidasi. Baru - baru ini, pemboran sirkulasi terbalik juga telah digunakan dalam batuan lunak yang terkonsolidasi seperti batu pasir dan bahkan pada batuan keras yang menggunakan air dan udara sebagai cairan pemboran.

Desain *rig* sirkulasi balik, pada dasarnya sama dengan *rig* putar sirkulasi langsung, kecuali, sebagian besar peralatan dimensinya lebih besar. Misalnya, kompresor dan pompa fluida diperlukan yang lebih besar, karena lubang bor berdiameter lebih besar. Metode ini mampu membor sampai diameter 60 inci. Kebanyakan digunakan pemutar meja dalam pemboran sirkulasi terbalik, karena diameter lubang bor yang besar dan torsi yang diperlukan untuk memutar *bit* juga besar. Putaran dalam metode ini, matabor dan pipa bor dengan kecepatan antara 10 sampai 40 (RPM) putaran per menit. Mesin bor merek Hydreq yang pernah berkecimpung di pemboran air tanah kementerian PUPR pada era tahun 1970 – 1980-an masih menggunakan pemutar atas (*Head drive*)

Pemboran rotasi sirkulasi terbalik, seperti pemboran sirkulasi searah tetapi arah aliran fluida pemboran terbalik, jika dibandingkan dengan metode putar searah langsung. Umumnya untuk memompa fluida digunakan pompa sentrifugal besar. Ujung hisap pompa sentrifugal dihubungkan ke pipa bor. Cairan pemboran dan muatan steknya dihisap pompa bergerak ke atas di dalam pipa bor dan dibuang oleh pompa ke kolam pengendap (Gambar 2.6) Kolam pengendap pada metode ini, minimal berukuran 3 (tiga) kali perkiraan volume lubang bor yang akan diselesaikan. Pompa yang digunakan bukan pompa tekan melainkan pompa hisap sentrifugal dengan lorong besar (pipa hisap dan pipa buang berdiameter sampai 6 inci), debit minimal 500 gpm, dengan pipa hisap diameter 6 inci, maka stek atau *cutting* yang terambil dapat mencapai ukuran 5 inci, Rangkaian pipa bor ada yang menggunakan sambungan sistim flange yang kadang kadang berdiameter flange 11 inci, sehingga pemboran metode ini praktisnya berdiameter lubang bor 18 inci. Pemboran ini biasanya tidak melalui tahapan pemboran lubang pandu, namun langsung diameter akhir. Sirkulasi disarankan kecepatan *uphole* minimal 150 kaki/ menit. Cairan kembali ke lubang bor oleh aliran gravitasi. Aliran itu bergerak menyusuri ruang annulus antara pipa bor dan dinding lubang bor ke bagian bawah lubang, mengambil stek, dan memasukkan kembali ke pipa bor, melalui lubang matabor.



Gambar 2.6. Pemboran sistem putar sirkulasi terbalik

Dalam metode putar *reverse circulation* ini, fluida pemboran lebih sesuai digambarkan sebagai air berfluida daripada fluida pemboran.

Lempung dan lanau tersuspensi yang bersirkulasi dengan fluida sebagian besar merupakan bahan halus yang diambil dari formasi saat proses pemboran berlangsung. Kadang - kadang, konsentrasi rendah *additives* fluida pemboran polimer digunakan untuk mengurangi gesekan, pembengkakan lempung yang sensitif terhadap air, dan kehilangan air.

Untuk mencegah longsoran (*caving*) lubang, permukaan fluida harus dijaga tetap sama dengan permukaan tanah setiap saat, bahkan ketika pemboran dihentikan sementara, untuk mencegah hilangnya tekanan hidrostatik di lubang bor. Tekanan hidrostatik kolom air (inersia air bergerak ke bawah) di luar pipa bor yang mendukung dinding lubang bor agar tidak rontok. Erosi dinding biasanya tidak menjadi masalah karena kecepatan dalam ruang annular rendah.

Proses Pemboran pemboran yang berjalan adalah, air menginfiltrasi formasi permeabel yang mengelilingi lubang bor. Beberapa partikel halus yang tersuspensi dalam fluida tersaring dan tertahan pada dinding lubang, menghasilkan endapan fluida tipis yang secara umum menyumbat pori - pori dan mengurangi kehilangan air (semacam dengan *mud cake* pada sirkulasi langsung searah).

Pemboran di pasir dan kerikil yang permeabel, diperlukan lebih banyak air untuk sirkulasi dan harus segera tersedia setiap saat, karena dalam kondisi ini, kehilangan air dapat terjadi meningkat secara tiba - tiba, dan jika ini menyebabkan muka air (fluida) di dalam lubang turun secara signifikan di bawah permukaan tanah, biasanya terjadi keruntuhan. Kehilangan air dapat dikurangi dengan pencampuran additives lempung, tetapi ini biasanya dihindari kecuali benar - benar diperlukan.

Kolam pengendapan dan kolam pasokan air harus menampung setidaknya tiga kali volume material yang akan dihilangkan (volume lubang sumur jadi) selama operasi pemboran. Banyak rig pemboran putar terbalik dilengkapi dengan kompresor udara untuk membantu sirkulasi cairan pemboran.

Setiap batu atau batu besar yang lebih besar dari pipa bor atau lubang di matabor tidak dapat dibawa keluar dalam operasi pemboran, karena sebagian besar matabor sistem pemboran terbalik ini tidak dapat memecahkan batu. Dengan demikian, penetrasi lebih lanjut tidak mungkin dilakukan ketika beberapa batu besar atau batu besar berkumpul di dasar lubang. Jika batu - batu besar relatif stabil di dalam lubang, matabor kerucut dapat digunakan untuk menggilingnya menjadi serpihan kecil. Semen juga dapat digunakan untuk mengkonsolidasikan atau menstabilkan batu - batu besar sebelum menggiling.

Sebagian besar pipa bor baru yang digunakan dalam pemboran rotasi sirkulasi balik adalah pipa berulir dan berpasangan yang berdiameter 6 - 8 inci dan dioperasikan pada kedalaman 2.000 kaki atau lebih.

Pemboran sirkulasi balik paling berhasil di batuan sedimen lunak dan pasir dan kerikil yang tidak terkonsolidasi di mana ketinggian air statis (muka air tanah) 10 kaki atau lebih di bawah permukaan tanah. Dalam kasus tingkat air statis yang tinggi atau dekat dengan muka tanah, maka dibangun anjungan atau *ramp* di atasnya, misalnya di daerah rawa, untuk mendapatkan tekanan hidrostatik yang cukup dan

mendukung *rig* pemboran, atau berat fluida pemboran ditingkatkan untuk mendapatkan tekanan hidrostatik yang diperlukan. Metode pemboran sirkulasi balik mungkin tidak memuaskan ketika permukaan air statis terlalu tinggi atau dekat dengan permukaan tanah dan persediaan air yang kurang memadai.

Keuntungan dari metode sirkulasi terbalik meliputi yang berikut:

- a) Porositas dan permeabilitas formasi di dekat lubang bor relatif tidak terganggu dibandingkan dengan metode lain.
- b) Lubang berdiameter besar dapat dibor dengan cepat dan ekonomis.
- c) Tidak diperlukan casing selama operasi pemboran.
- d) Screen dengan baik dapat diatur dengan mudah sebagai bagian dari pemasangan *casing*.
- e) Sebagian besar formasi geologis dapat dibor, dengan pengecualian batuan beku dan metamorf.
- f) Ada sedikit peluang untuk pencucian di lubang bor karena kecepatan rendah cairan pemboran.

Kerugian meliputi:

- a) Pasokan air diperlukan jumlah yang banyak.
- b) *Rig* dan komponen biasanya lebih besar dimensinya dan dengan demikian lebih mahal.
- c) Kolam sirkulasi diperlukan ukuran besar.
- d) Beberapa situs bor tidak dapat diakses karena ukuran *rig* yang besar.
- e) Untuk operasi yang efisien, lebih banyak personil pada umumnya diperlukan daripada metode pemboran lainnya.

2.3.4. *Sonic drilling*

Metode ini termasuk metode baru yang belum banyak dilakukan, bahkan sampai saat (tahun 2019) ini di kementerian PUPR belum tersedia alatnya namun prinsip kerjanya adalah head bor sonik (*Sonic Drill Head*) bekerja dengan mengirimkan getaran resonansi frekuensi tinggi ke drill string dan diteruskan ke matabor, sementara operator mengontrol frekuensi ini agar sesuai dengan kondisi spesifik geologi tanah atau batuan.

Resonansi memperbesar amplitudo matabor, yang melumatkan partikel tanah pada permukaan matabor sehingga memungkinkan penetrasi yang cepat dan mudah melalui sebagian besar formasi geologi. Sistem pegas internal mengisolasi kekuatan getaran ini terhadap *rig* pemboran.

2.4. Latihan

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Sebutkan tahapan pemboran secara berurutan pada pekerjaan pemboran pembangunan sumur produksi?
2. Apa yang anda ketahui tentang matabor drag (*drag bit*) dan *Roller bit*, Uraikan, dan kegunaannya masing - masing?
3. Apa alasannya harus hati hati jika menggunakan *pull - down*, waktu membor batuan keras?

2.5. Rangkuman

Pemboran sumur yang terdiri dari beberapa tahapan, membutuhkan perencanaan pelaksanaan yang matang, meliputi persiapan alat, bahan dan personil serta memperhitungkan waktu pelaksanaan, karena tiap tahapan berbeda peralatan dan keahlian personil dalam waktu yang berurutan.

Berbagai metode pemboran telah berkembang, pemilihan metode sangat tergantung pada kondisi tempat, kemampuan personil dan sudah tentu ketersediaan peralatan.

Masing - masing metode menggunakan peralatan tersendiri dan bahan yang berbeda pula, namun mempunyai keuntungan dan kerugian yang berbeda pula.

2.6. Evaluasi

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan cara memilih jawaban yang paling benar!

1. Agar pemboran berjalan lebih stabil, maka rangkaian pipa bor dan matabor perlu diberi tambahan berat dengan.....
 - a. *Stabillizer*
 - b. *Barite*
 - c. *Drill collar (DC)*
 - d. *Centralizer*

2. Sebelum menyambung pipa bor/ menambah kedalaman pemboran, dan memutus rangkaian dari *swife/* atau *kelly*, perlu sirkulasi fluida selama beberapa waktu, maksudnya untuk.....
 - a. Mempersiapkan pipa bor berikutnya
 - b. Membersihkan lubang bor dari sisa *cutting*
 - c. Mendinginkan matabor
 - d. Menstabilkan aliran fluida

3. Pada pemboran dengan meja putar (*rotary table*), dari mesin pemutar ke pipabor atau *drill pipe* dihubungkan dengan.....
 - a. *Drill stem*
 - b. *Drill Collar*
 - c. *Knee*
 - d. *Kelly*

BAB III

PERALATAN DAN BAHAN PEMBORAN

Indikator Hasil Belajar:

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan peralatan dan bahan pemboran.

3.1. Peralatan Pemboran

Pekerjaan pemboran sumur untuk keperluan airtanah, karena terdiri dari berbagai kegiatan yang berantai, membutuhkan peralatan yang banyak dan kadang kadang spesifik. Peralatan tersebut secara garis besar terdiri dari :

- a) Mesin Bor (*Drilling Rig*)
- b) *Drill string*
- c) Pompa fluida (*Mud pump*)
- d) Kompresor udara
- e) Pompa air
- f) Alat penakar dan pengukur
- g) Generator set
- h) Alat bantu pemboran
- i) Alat perbengkelan dan perbaikan
- j) Peralatan personil

Perkembangan teknologi telah membuat variasi atau model - model yang baru, dan perkembangan tersebut sangat cepat berlangsung

3.1.1. Mesin Bor (*Drilling Rig*)

Berbagai macam Mesin bor saat ini telah dikembangkan, mulai dari rakitan sendiri sampai mesin yang cukup canggih telah bersaing dipasaran, namun pada prinsipnya mesin bor dapat dikategorikan berdasarkan mobilitasnya.

a) *Skid Mounted*

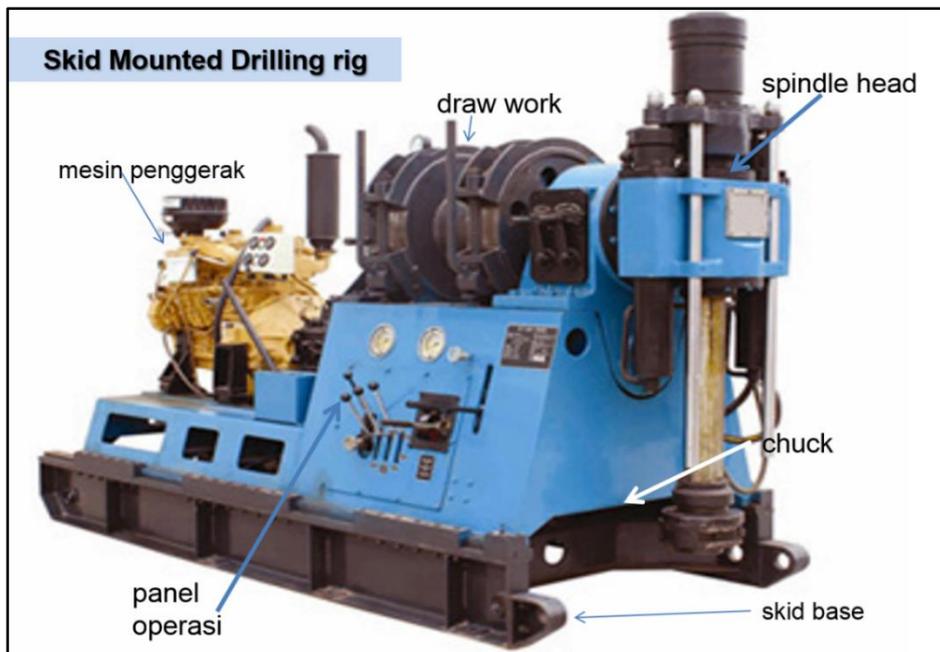
Mesin bor ini sering juga disebut sebagai mesin portable, dimana dimensi mesin ini relatif kecil, mobilitasnya pada jarak yang jauh harus diangkut atau dinaikkan truck, kemudian, jika sudah sampai di jalan masuk lokasi, jalannya dengan mengandalkan tenaganya sendiri, karena biasanya tidak dilengkapi roda, maka pergerakannya dengan diseret memakai kabel baja yang tergulung dalam mesin itu sendiri.

Menara bor atau master terpisah dan merupakan rangkaian yang dapat dibongkar pasang, (biasanya dibuat sendiri) sehingga pada saat akan mulai dan selesai pekerjaan, menara tersebut harus dirakit pasang atau dibongkar secara manual. Menara biasanya dibangun sebagai kaki tiga atau kaki empat dengan dilengkapi rangka dasar.

Mesin bor ini praktis dapat dibawa ke segala medan, namun karena dimensinya yang relatif kecil, kemampuannya juga terbatas.

b) *Truck Mounted*

Mesin bor jenis ini menumpang tetap diatas *truck*, beberapa model dilengkapi dengan kompresor udara dan pompa fluida yang menumpang juga dalam *truck* tersebut.



Gambar 3.1. Mesin bor jenis skid mounted

Menara (*master*) dapat didirikan dan direbahkan pada *truck* tersebut, biasanya menara berukuran antara 6 sampai 12 meter tergantung spesifikasi mesin bor tersebut. Untuk menegakkan dan merebahkan menara, menggunakan tenaga hidrolis atau mekanis secara otomatis.

Mobilitas *truck mounted* ini memerlukan jalan yang relatif rata, tidak berfluida dan berbatu besar. Untuk medan sulit, becek, berfluida diperlukan persiapan jalan, dengan perkuatan dan perataan jalan.



Truck Mounted Drilling Rig

Gambar 3.2. Mesin bor *Truck Mounted*



Wheel Tractor Mounted

Gambar 3.3. Mesin bor jenis *tractor mounted* dengan roda bola karet

Pada mesin bor ini biasanya telah dilengkapi pompa fluida dan kompresor standar yang dirakitkan permanen menumpang diatas *truck*, sehingga mesin bor, kompresor dan pompa fluida menyatu dalam satu *truck*.

Pengalaman diperoleh, pada *truck mounted* yang kualitas rendah, jika dijalankan pada jalan yang tidak rata, dapat terjadi patah atau bengkoknya *chasis* atau rangka *truck* karena beban tidak merata.

c) *Tractor Mounted*

Seperti pada *truck mounted* tetapi kendaraan pengangkutnya berupa traktor, namun biasanya kompresor dan pompa fluida (*mud pump*) terpisah dalam trailer tersendiri yang bergerak, di tarik truck atau traktor juga.

Jenis traktornya, ada yang menggunakan roda ban karet atau bola. Ada juga yang menggunakan rantai atau *crawler*.

Mobilitas mesin bor ini dapat ke segala medan, nampun kecepatan jelajahnya lebih lambat daripada *truck mounted*.

3.1.2. *Drill string*

Drill string dimaksudkan disini adalah serangkaian alat untuk membor, dengan susunan dari atas atau pemutar atas, kelly (jika ada), beberapa batang pipa bor atau *drill pipe*, dan jika perlu ditambah dengan stabilisator, dan *drill collar*, kemudian paling bawah adalah matabor.

a) *Drill pipe*

Saluran baja berbentuk tabung yang dilengkapi dengan ujung berulir khusus yang disebut alat penyambung (*tool joints*). Pipa bor menghubungkan peralatan permukaan (*rig*) dengan rakitan dasar lubang dan matabor, keduanya untuk memompa cairan pemboran ke matabor dan untuk dapat menaikkan, menurunkan, memutar rakitan dan matabor dasar lubang. (<http://www.glossary.oilfield.slb.com/Terms/d/drillpipe.asp>)

Pipa bor melayani fungsi yang berbeda dari *drill collar* (DC.) Tugasnya hanya mengalirkan cairan bor dan berputar sedikit. Ini adalah hubungan mekanis dari permukaan ke rakitan dasar lubang (BHA = Bottom Hole Assembly). Jadi pipa bor tidak digunakan untuk menambah berat matabor dan memegang tidak harus berat dan kaku seperti DC.

Pada ujung ujung pipa bor dilengkapi ulir, ulir jantan disebut pin sedang ujung lainnya dilengkapi ulir betina disebut box.

Dalam dunia pemboran minyak, dengan acuan API merekomendasikan 3 jenis klasifikasi untuk Pipa Bor;

1) Klasifikasi Panjang

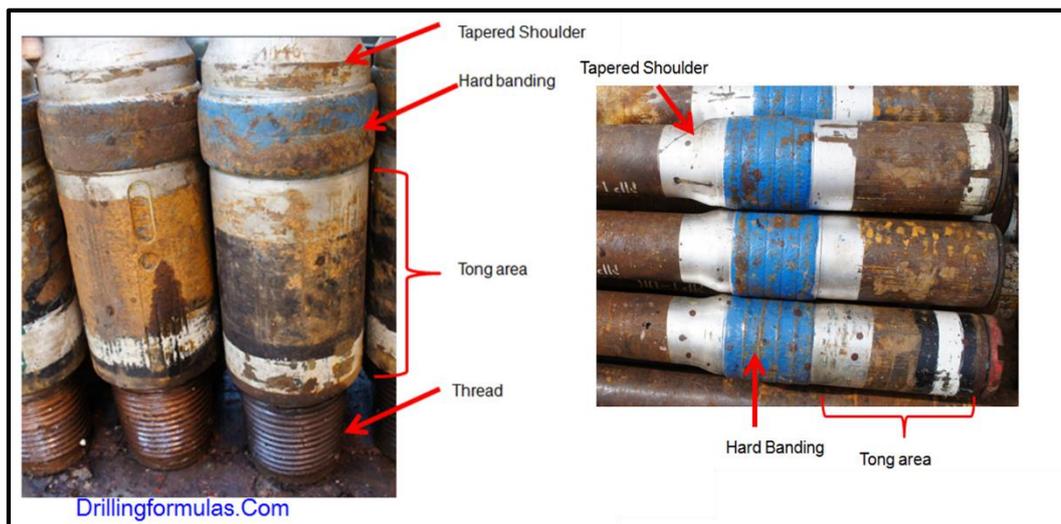
Rentang-1: panjangnya 18 hingga 22 kaki

Rentang-2: panjangnya 27 hingga 30 kaki (Paling Umum)

Rentang-3: panjangnya 38 hingga 45 kaki

2) Klasifikasi Grade (Minimum *Yield Strength*)

Parameter ini paling penting, karena membatasi batas tarikan. *Yield strength* didefinisikan sebagai tegangan di mana bahan mulai deformasi plastis. Sebelum *yield point*, bahan akan berubah bentuk secara elastis dan akan kembali ke bentuk semula ketika tegangan dilepaskan. Jika tegangan yang diterapkan melebihi titik ini, deformasi akan permanen. Grafik di bawah ini terlihat *yield strength* yang berbeda - beda (psi) untuk setiap grade pipa bor yang berbeda.



Gambar 3.4. Bagian - bagian ujung pipabor

3) Klasifikasi Kondisi Pipabor Bekas

- (a) Kelas-1 (baru) ditandai 1 label putih, berarti baru belum pernah digunakan
- (b) Kelas premium ditandai 2 label putih, Sisa dinding (tebal pipa) tidak kurang dari 80%
- (c) Kelas-2 ditandai 1 label kuning, Sisa dinding (tebal pipa) tidak kurang dari 70%
- (d) Kelas-3 ditandai 1 label oranye, sisa dinding (tebal pipa) kurang dari 70%
- (e) Kelas-4 ditandai 1 label hijau

- (f) *Grading* ini adalah parameter penting, karena berkurangnya diameter dinding atau ketebalan pipa, yield strength pipa bor juga menurun. Misalnya kekuatan pipa bor kelas-2 menghasilkan kira-kira kurang dari 30% dari pipa bor baru.
- (g) Gambar 3.5 menunjukkan hubungan antara ketebalan dinding dan kelas aus pipa bor.
- (h) Tiap perusahaan dapat saja membuat label sendiri yang berbeda, sehingga dalam pengadaan atau pembelian harus dimintakan penjelasan. Sebagai contoh, dalam gambar 3.6, adalah kode klasifikasi yang dikeluarkan oleh pabrik StradEnergy company.

Tabel 3.1. Klasifikasi dan spesifikasi pipabor

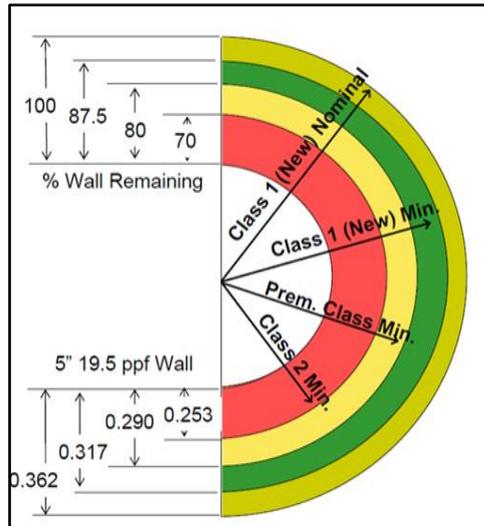
API Drill Pipe Grade	Minimum Strength (psi)	Minimum Tensile Strength (psi)
E – 75	75 000	100 000
X – 95	95 000	105 000
G – 105	105 000	115 000
S – 135	135 000	145 000

4) Diameter Pipabor

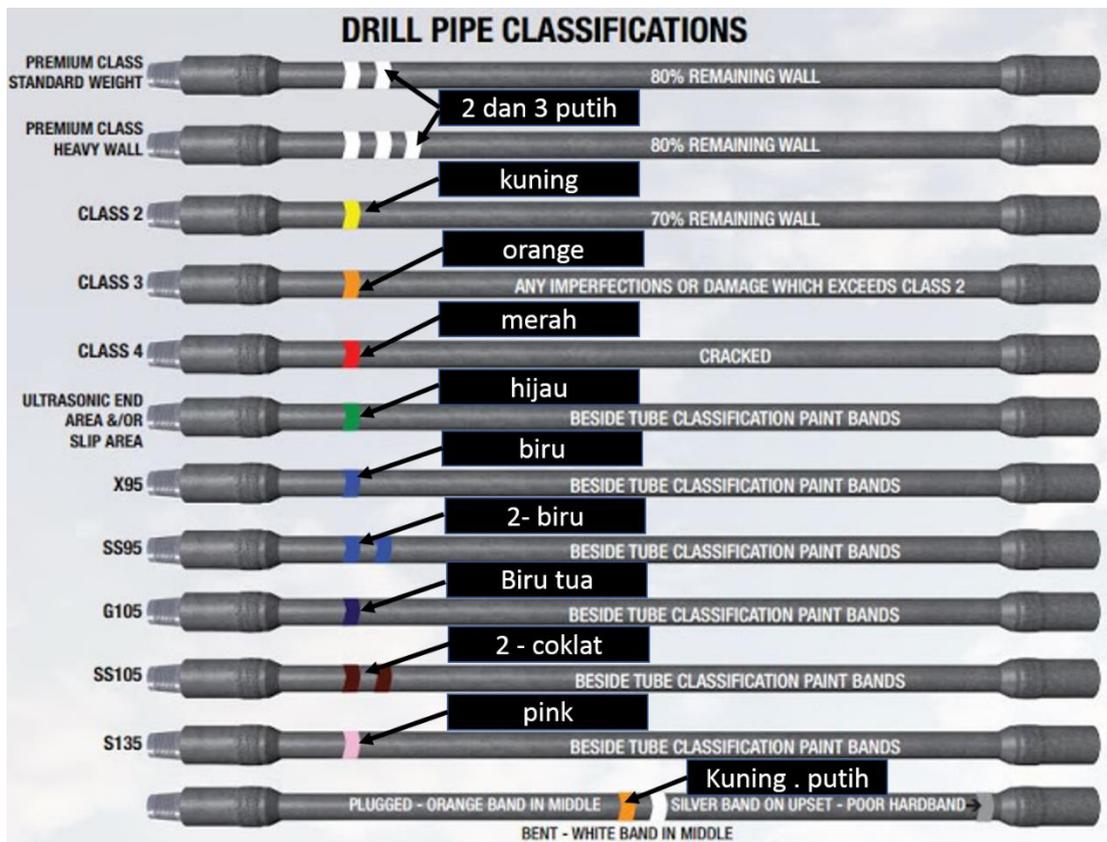
Diameter luar (OD) pipabor ditawarkan dalam ukuran nominal mulai dari 2 3/8" hingga 6 5/8". Diameter pipa dipilih berdasarkan diameter lubang bor. Agar dapat secara efektif mensirkulasikan fluida pemboran dan meminimalkan kehilangan tekanan, rasio diameter pipa bor dengan diameter lubang bor harus sekitar 0,6.

b) Alat penyambung (*Tool Joints*)

Ujung - ujung sambungan pipa diperbesar dan berulir. Komponen - komponen ini dibuat secara terpisah dari batang pipa dan dilas ke pipa waktu dibuat di pabrik.



Gambar 3.5. Diagram klasifikasi kondisi pipabor



Gambar 3.6. Grade pipa bor dengan kode warna

Sambungan untuk matabor berulir kekuatan tinggi. Alat penyambung biasanya terbuat dari baja yang telah dipanaskan sampai berkekuatan lebih tinggi daripada tabung batang baja. Semua sambungan alat standar API memiliki yield strength minimum 120000 psi. API menetapkan kekuatan torsional *yield strength* minimal 80% dari kekuatan torsional tabung pipa. *Make up* torsi menentukan secara umum 60% dari kekuatan torsional tool joins.

Standarisasi alat sambung, ada 2 (dua) macam, yaitu API (*American Petroleum Institute*) dan Premium Standar.

Koneksi API memiliki banyak nama:

- Reguler (REG)
- IF (*Internal Flush*)
- FH (*Full Hole*)
- NC (*Numeric Connection*).

Ini adalah koneksi bahu tunggal: Mereka hanya memiliki satu bahu torsi pada pin dan box.

Koneksi premium

Koneksi premium banyak pabrik yang bersaing kemudian membuat standart sendiri sendiri. Beberapa contoh adalah:

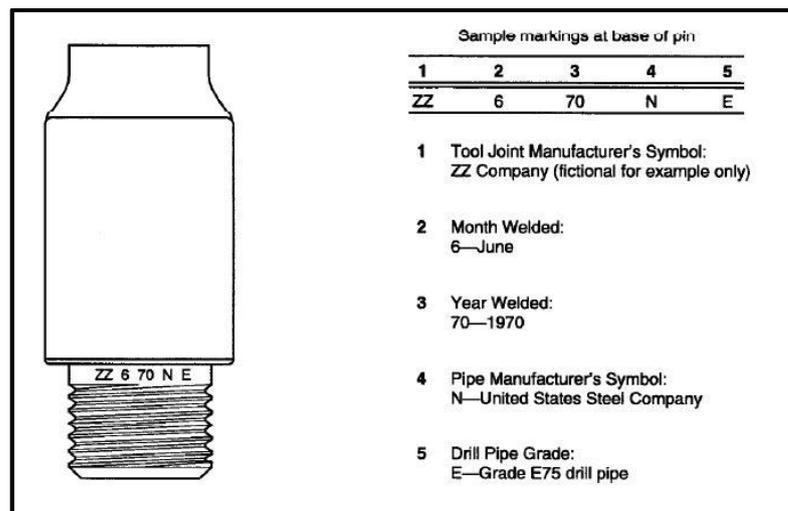
- XT (Grant Prideco),
- DSTJ (Tenaris)
- Vam Eis (Vam)
- MT (Master DP).

Sebagian besar koneksi premium memiliki double shoulder. Itu berarti bahwa mereka memiliki bahu torsi tambahan di hidung pin dan di bagian bawah box. Ini memberikan area bahu yang lebih besar, sehingga memungkinkan torsi makeup yang lebih tinggi.

Pada alat sambung akan terdapat kode pabrik pembuat, tahun pembuatan dan negara dibuatnya alat tersebut. Sebagai contoh disajikan dalam gambar 3.7

Ada banyak tipe ulir pada alat sambung dan mereka dapat dipertukarkan dengan yang lain. Jenis ulir sangat penting karena kita harus menggunakan jenis ulir yang sama dalam string bor kita.

Beberapa kasus pemboran, komponen *string* dapat memiliki tipe ulir yang berbeda. Perbedaan tersebut harus disambung dengan menggunakan *subs cross-over* untuk dapat menghubungkannya. Pertukaran koneksi tersebut dapat berpedoman dengan tabel 3.2.



Gambar 3.7. Contoh kode pabrikasi alat sambung

c) *Drill collar*

Drill collar atau kerah bor adalah komponen *drill string* yang memberikan bobot pada mata bor untuk pemboran. Potongan tubular berdinding tebal yang dibuat dari batang baja padat, biasanya baja karbon biasa, tetapi kadang - kadang dari paduan nikel - tembaga non - magnetik, atau paduan logam non - magnetik premium lainnya.

Batang baja dibor dari ujung ke ujung untuk saluran memompa cairan pemboran. Diameter luar batang baja dibubut untuk memastikan bulatan, dalam beberapa kasus dibuat alur heliks ("kerah spiral").

Koneksi tiap batang berulir, jantan (*pin*) di satu ujung dan betina (*box*) di sisi lain, sehingga beberapa kerah (*drill collar*) dapat dirangkai disatukan bersama - sama dengan peralatan lubang bawah lainnya untuk menyusun rakitan lubang bawah (BHA = *Bottom Hole Assembly*).

Gaya gravitasi bekerja pada massa besar *drill collar* untuk memberikan gaya ke bawah yang diperlukan agar matabor dapat memecah batuan secara efisien. *Drill collar* memiliki diameter luar yang lebih besar dan diameter dalam yang lebih kecil dari pipa bor.

Tabel 3.2. Persamaan dan pertukaran tipe ulir

Thread Type	OD (in)	Equivalent		
Internal Flush (IF)	2-3/8	2-7/8 SH	NC-26	
	2-7/8	3-1/2 SH	NC-31	
	3-1/2	4-1/2 SH	NC-38	
	4	4-1/2 XH	NC-46	
	4-1/2	5 XH	NC-50	5-1/2
Full Hole (FH)	4	4-1/2	NC 40	
Extra Hole (XH) (EH)	2-7/8	3-1/2		
	3-1/2	4 SH	4-1/2 EF	
	4-1/2	4 IF	NC-46	
	5	4-1/2 IF	NC-50	5-1/2
Slim Hole (SH)	2-7/8	2-3/8 IF	NC-26	
	3-1/2	2-7/8 IF	NC-31	
	4	3-1/2 XH	4-1/2 EF	
	4-1/2	3-1/2 IF	NC-38	
Double Stream Line (l)	3-1/2	2-7/8 XH		
	4-1/2	4 FH	NC-40	
	5-1/2	4-1/2 IF	5 XH	NC-50
Numbered Connection (NC)	NC-26	2-3/8 IF	2-7/8 SF	
	NC-31	2-7/8 IF	3-1/2 SH	
	NC-38	3-1/2 IF	4-1/2 SH	
	NC-40	4 FH	4-1/2	
	NC-46	4 IF	4-1/2 XH	
	NC-50	4-1/2 IF	5 XH	5-1/2
External Flush (EF)	4-1/2	4 SH	3-1/2 XH	

Fungsi *drill collar* adalah:

- 1) Memberikan bobot yang diperlukan pada bit saat pemboran
- 2) Mempertahankan drill string agar selalu dalam ketegangan untuk mengurangi kegagalan lentur dan keletihan.
- 3) Memberikan kekakuan untuk kontrol arah.

Ulir sambungan *drill collar* dibuat langsung pada tubuh *drill collar* karena dinding cukup tebal.

Drill collar selama digunakan dalam pemboran mengalami berbagai tekanan yang disebabkan oleh:

- Kekuatan lentur dan tekuk
- Ketegangan
- Getaran
- Ketegangan dan kompresi alternatif

d) Stabilisator

Stabilisator pemboran adalah peralatan *downhole* yang digunakan dalam perakitan lubang bawah (BHA) dari *string* bor. Secara mekanis menstabilkan BHA dalam lubang bor untuk menghindari pengalihan arah (pembengkokan) yang tidak disengaja, getaran, dan memastikan kualitas lubang yang dibor.



Gambar 3.8. *Drill collar*

Stabilisator terdiri dari tubuh silinder berongga dan bilah penstabil, keduanya terbuat dari baja berkekuatan tinggi. Bilah atau pisau dapat lurus atau berliku, dan memiliki permukaan yang keras agar tahan aus.

Stabilisator selongsong adalah yang bilah pisaunya dapat diganti, bilah berada pada selongsong, yang kemudian disekrup pada tubuh. Stabilisator bilah las, di mana bilah dilas ke tubuh. Pemasangan rangkaian stabilisator pada saat pemboran, biasanya 2 sampai 3 stabilisator dipasang ke BHA, termasuk satu tepat di atas matabor (penstabil dekat-matabor) dan satu atau dua di antara *drill collar*.

e) Matabor

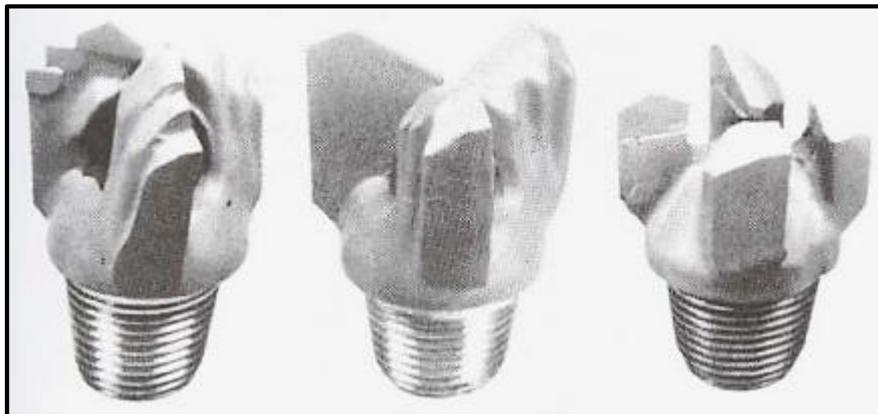
Terdapat berbagai jenis matabor dengan beragam variasi, masing - masing dirancang untuk kondisi pemboran yang berbeda beda. Lapisan batuan yang berbeda mungkin memerlukan penggunaan matabor yang berbeda agar dicapai hasil pemboran maksimum.



Gambar 3.9. Stabilisator

Pada dasarnya terdapat 3 (tiga) macam matabor yang umum dalam pemboran air tanah (Schlumberger, 2013)yaitu :

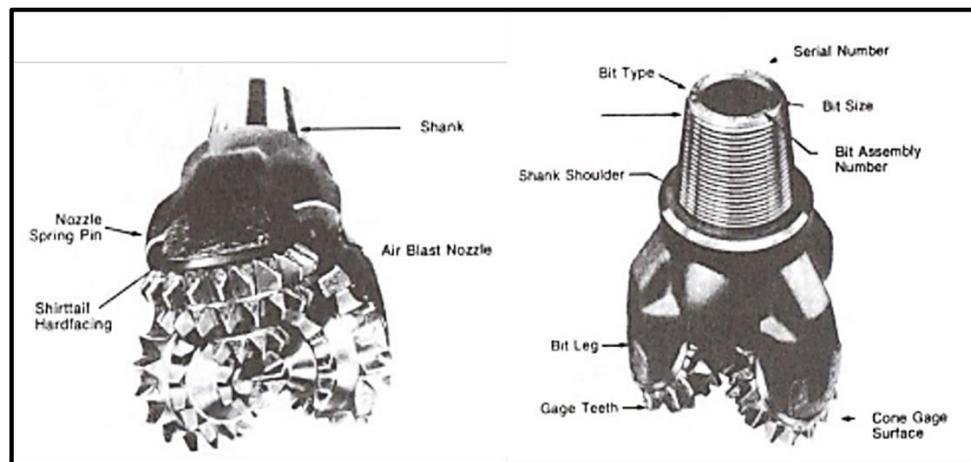
- 1) Matabor pemotong tetap (*Fixed Cutter Bits*)
- 2) Matabor penggilas (*Roller Bit*)
- 3) Matabor tumbuk (*Percussion Bit*)



Gambar 3.10. *Drag bit*, Jenis matabor pemotong tetap

Beberapa ahli juga menggolongkan matabor dalam 4 macam :

- 1) *Blade* atau *Drag Bits* terbuat dari *forged steel* dengan permukaan pemotong tungsten karbida untuk pemboran formasi tidak terkonsolidasi. Juga disebut matabor sayap (*wing bit*) atau matabor ekor ikan (*bit fishtail*) adalah bit dengan aksi pemotongan dengan cara geser atau seretan pada formasi.
- 2) Matabor Putar, sering disebut matabor *tricone*, karena tersusun dari tiga konus yang dapat berputar, adalah yang paling umum. Adalah tipe matabor yang paling umum untuk semua industri pemboran. Matabor kerucut putar (*tricone roller bit*) gigi panjang digunakan untuk formasi lunak sedangkan matabor bergigi pendek digunakan untuk formasi keras. Pemotongan formasi dilakukan dengan tindakan menghancurkan atau membuat kepingan kepingan formasi.



Gambar 3.11. Tricone bit, Jenis matabor roller

- 1) Matabor PDC (*Polycrystalline Diamond Compact Bits*) memiliki sisipan intan polikristalin yang terpasang pada sisipan karbida. Penggunaan umumnya pada industri peboran minyak
- 2) *Diamond Bits* memiliki intan industri (buatan) yang ditanamkan di dalamnya, untuk menggerus formasi yang sangat keras. Bit intan empat puluh hingga lima puluh kali lebih keras daripada matabor baja tradisional, dan dapat digunakan untuk membor batu yang sangat keras tanpa tumpul terlalu cepat.

Baik matabor tetap maupun matabor *roler* (*tricone*), variasinya pada tiap bilah dapat diselipi atau ditanamkan intan polikristalin maupun intan industri.

Matabor drag memiliki bilah pisau pendek, masing - masing ditempa, di tepi ujung bilah pemotong dengan permukaan *tungsten carbide*. Nosel pendek mengarahkan semburan fluida pemboran ke tiap permukaan bilah untuk membersihkan dan mendinginkannya (Driscoll, 1986). *Bit blade* adalah matabor drag di mana bilah pisau dapat diganti. Matabor drag memiliki aksi geser dan memotong dengan cepat di pasir, lempung dan beberapa formasi batuan lunak.

Sebagian besar pemboran dilakukan dengan menggunakan Matabor drag (terutama di lempung dan pasir). Namun, matabor tersebut tidak bekerja dengan baik di kerikil kasar atau formasi batuan keras. Bilamana memungkinkan, matabor seret harus digunakan untuk membor lubang pilot karena menghasilkan stek yang paling mudah untuk dicatat (deskripsi).

Matabor rol memiliki tiga atau lebih kerucut ("rol" atau "pemotong") yang dibuat dengan gigi baja yang dikeraskan atau disisipi tungsten karbida dengan bentuk, panjang, dan jarak yang bervariasi. Mereka dirancang sedemikian rupa sehingga setiap gigi memberikan tekanan pada titik yang berbeda di dasar lubang saat kerucut berputar. Gigi kerucut yang berdekatan saling berbau menjalin sehingga terjadi pembersihan sendiri. Permukaan pemotong semua matabor rol disemur fluida pemboran yang diarahkan dari bagian dalam (tengah) matabor. *Roller bits* mengerjakan aksi penghancuran dan pemotongan, sehingga memungkinkan untuk memotong formasi batuan keras (Driscoll, 1986). Jika memungkinkan, gunakan matabor rol untuk pelebaran (*reaming*) lubang pandu.

3.1.3. *Mud Pump*

Pompa fluida yang kuat mengambil fluida dari kolam, di hisap dan memompakan fluida ke lubang bor melalui pipa bor, keluar di matabor dan kembali ke permukaan sambil membawa stek atau serbuk bor mengalir kembali ke kolam pengendap.

a) Pompa duplek

Pompa duplek (Gambar 3.12.) memiliki dua silinder dengan kerja ganda. Ini berarti piston bergerak mundur dan mengambil fluida pemboran melalui katup intake yang terbuka, di sisi lain piston yang sama mendorong fluida keluar melalui katup pembuangan. Gambar 3.13. menunjukkan cara kerja pompa fluida duplex.

Ketika batang piston bergerak maju, salah satu katup intake diangkat untuk memungkinkan fluida masuk dan salah satu katup pelepasan didorong ke atas sehingga fluida pemboran dipompa keluar dari pompa (Gambar 3.13. A).

Di sisi lain, ketika batang piston bergerak mundur fluida pemboran masih dipompa. Katup intake dan discharge lainnya akan dibuka (Gambar 3.13. B).



Gambar 3.12. Pompa fluida duplex

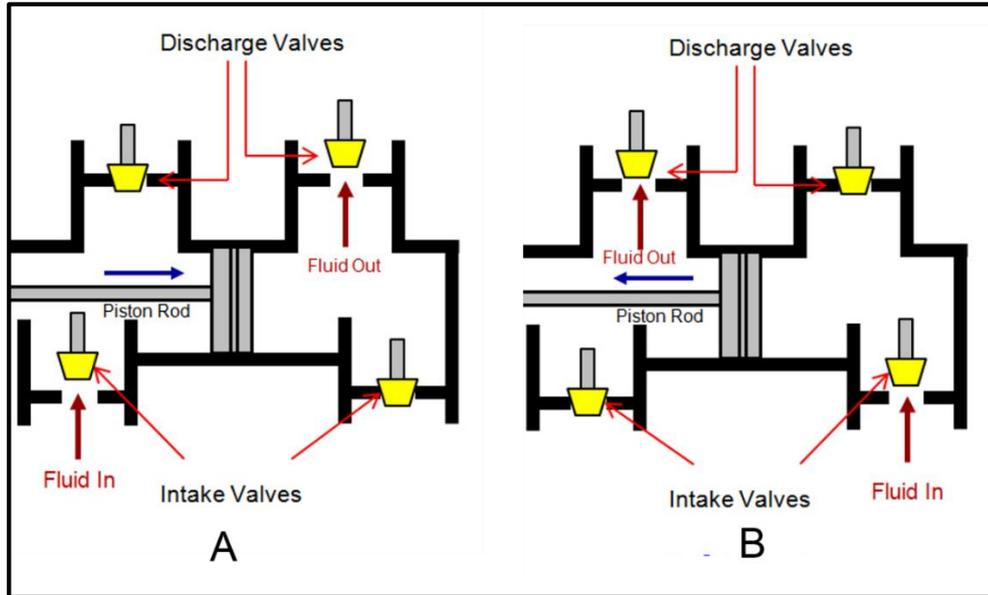
b) Pompa Triplek

Pompa triplek memiliki tiga silinder dengan aktin tunggal. Piston bergerak mundur dan menarik fluida pemboran melalui katup intake terbuka. Ketika piston bergerak maju dan cairan pemboran didorong keluar melalui katup pelepasan terbuka.

Ketika batang piston bergerak maju, katup intake berada dalam posisi menutup dan katup pembuangan berada pada posisi terbuka sehingga memungkinkan fluida untuk keluar (Gambar 3.14. A).

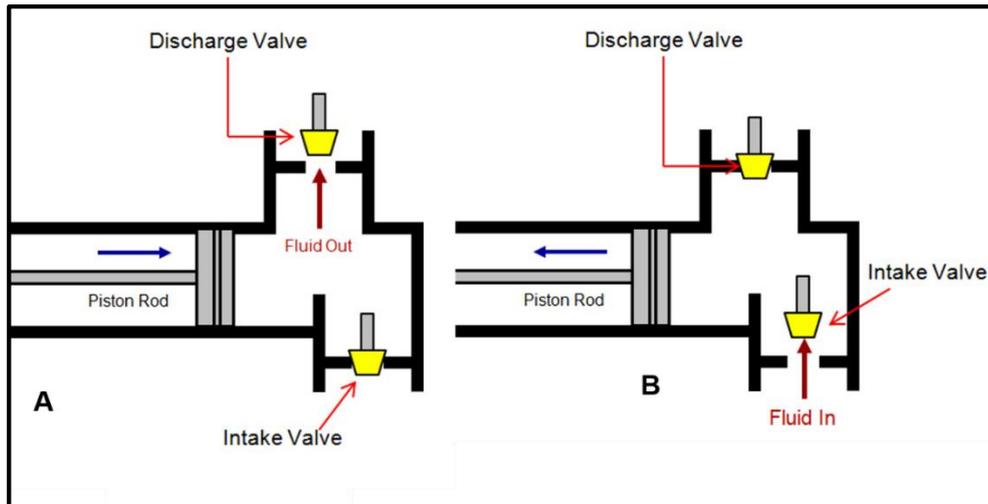
Sebaliknya ketika batang piston ditarik ke belakang, katup intake dibuka sehingga fluida pemboran masuk ke pompa (Gambar 3.14. B).

Karena setiap pompa memiliki batas peringkat daya 1600 hp, ini akan membatasi kemampuan pompa. Ini berarti tidak dapat memompa dengan kecepatan tinggi dan tekanan tinggi atas apa yang dapat dilakukan pompa.



Gambar 3.13. Mekanisme pompa duplex

A : Posisi piston maju; B : Posisi piston mundur



Gambar 3.14. Mekanisme pompa triplex

A : Posisi piston maju; B : Posisi piston mundur

Penggunaan liner kecil akan meningkatkan tekanan pelepasan namun laju aliran berkurang. Sebaliknya, jika liner yang lebih besar digunakan untuk menghasilkan laju aliran yang lebih banyak, tekanan pompa maksimum akan berkurang.

Formula Output Pompa Triplex

Output Pompa Triplex dalam bbl / stk

$$= 0,000243 \times (\text{dia. liner dlm inci})^2 \times (\text{panjang stroke dlm inci})$$

Formula Output Pompa Dupleks

Output Pompa Dupleks dalam bbl / stk

$$= 0,000162 \times S \times [2 (D)^2 - d^2]$$

Dimana:

D = diameter liner dalam inci

S = panjang stroke dalam inci

d = diameter batang dalam inci

Formula ini didasarkan pada efisiensi 100%.

Output pompa yang sebenarnya harus mempertimbangkan efisiensi pompa.

3.1.4. Kompresor

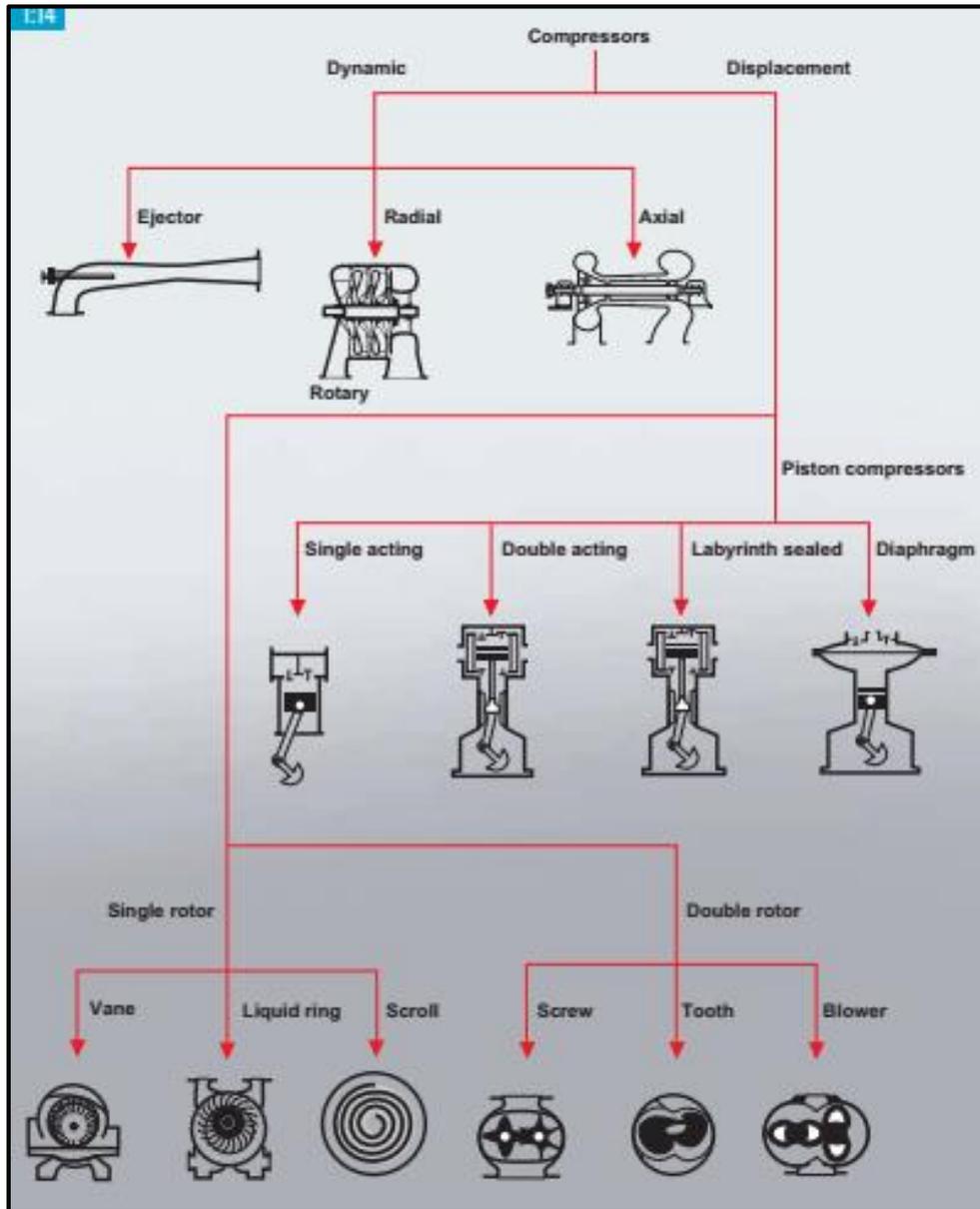
Kompresor udara untuk peralatan pemboran umumnya digunakan dalam kegiatan pemboran dan *development*. Kompresor untuk pemboran dapat merupakan unit tersendiri terpisah dari mesin bor dan dapat pula terangkai dalam unit mesin bor.

Sebagai unit terpisah mobilisasinya dengan ditarik baik oleh kendaraan penarik tersendiri, tetapi dapat pula ditarik oleh kendaraan mesin bor, misalnya mesin bor *hydreq*, namun menjadi agak repot dalam mobilisasinya.

Kompresor yang terangkai dalam mesin bor biasanya untuk mesin bor jenis *truck mounted* yang lengkap, kompresor berada bersama sama dengan pompa fluida diatas *truck* mesin bor.

Kompresor untuk pemboran berfungsi untuk memproduksi udara sebagai fluida peboran, dalam metode pemboran putar sirkulasi langsung dengan udara (*rotary drilling direct circulation air flush*) dimana udara yang ditiupkan harus cukup volume dan tekanannya, sehingga mampu untuk menaikkan *cutting*, seperti fluida fluida dalam pemboran sirkulasi fluida langsung. Jika pemboran dengan menggunakan metode *down the hole*, maka kapasitas kompresor perlu lebih besar lagi, baik volume maupun tekanannya.

Development dengan menggunakan kompresor udara dilakukan dengan meniupkan udara bertekanan tinggi dalam volume yang cukup banyak. Kompresor untuk *development* difungsikan untuk memproduksi udara tekanan tinggi, tekanan ini diperlukan guna menyembur kotoran - kotoran dalam sumur dan anulus serta formasi didekat lubang sumur agar kotoran tersebut tidak menyumbat pori sehingga air dapat lancar masuk kedalam sumur, setelah itu kotoran tersebut harus didorong keluar sumur menggunakan tekanan udara juga.



Gambar 3.15. Tipe - tipe umum kompresor berdasarkan prinsip kerjanya

Kompresor banyak digunakan dalam berbagai bidang industri dan pabrikan dengan berbagai spesifikasi yang beragam, namun demikian prinsip kerja kompresor terdapat dalam 2 (dua) jenis meskipun variasinya menjadi sangat banyak, dua prinsip kerja kompresor yaitu kompresi perpindahan positif dan kompresi dinamis.

Kompresor perpindahan positif termasuk, misalnya, kompresor *reciprocating* (piston), kompresor orbital (gulir) dan berbagai jenis kompresor putar (sekrup, gigi, baling - baling).

Kompresor perpindahan positif, udara ditarik ke dalam satu atau lebih ruang kompresi, kemudian saluran masuk ditutup. Secara bertahap volume setiap ruang dikurangi sehingga udara tertekan. Ketika tekanan telah mencapai rasio tekanan *built-in* yang dirancang pabrik, katup dibuka dan udara dilepaskan ke sistem outlet. Kompresor dinamis, udara ditarik antara bilah pada impeller kompresi yang berputar cepat dan berakselerasi dengan kecepatan tinggi. Gas atau udara kemudian dikeluarkan melalui *diffuser*, di mana energi kinetik diubah menjadi tekanan statis. Kebanyakan kompresor dinamis adalah turbokompresor dengan pola aliran aksial atau radial. Semua dirancang untuk laju aliran volume besar

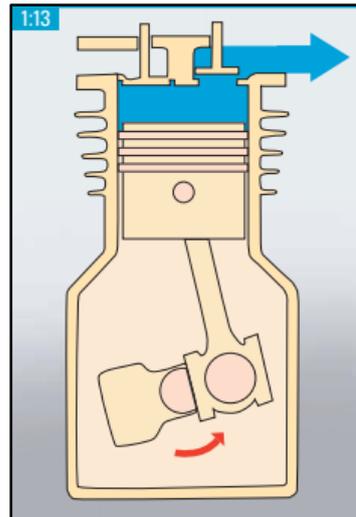
a) Kompresor pemindahan positif

Pompa sepeda adalah bentuk paling sederhana dari kompresor perpindahan positif, di mana udara ditarik ke dalam silinder dan dikompres oleh piston yang bergerak.

Kompresor piston memiliki prinsip operasi yang sama dan menggunakan piston dimana gerakan maju dan mundurnya dicapai dengan batang penghubung dan poros engkol berputar. Jika hanya satu sisi piston yang digunakan untuk kompresi, ini disebut kompresor kerja tunggal. Jika bagian atas dan bawah piston digunakan, kompresor bekerja ganda.

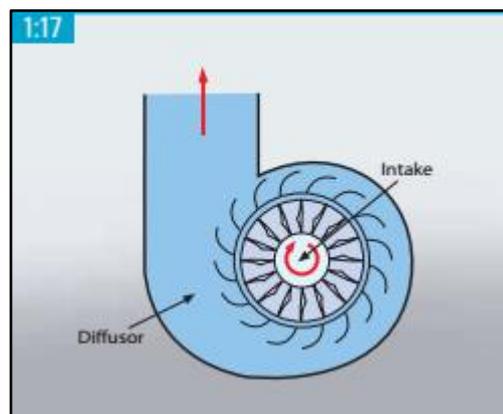
b) Kompresor dinamis

Dalam kompresor dinamis, peningkatan tekanan terjadi saat gas mengalir. Gas yang mengalir berakselerasi ke kecepatan tinggi dengan menggunakan bilah berputar pada impeller. Kecepatan gas kemudian ditransformasikan menjadi tekanan statis ketika dipaksa untuk melambat di bawah ekspansi dalam diffuser. Tergantung pada arah utama aliran gas yang digunakan, kompresor ini disebut kompresor radial atau aksial.



Gambar 3.16. Single stage, single acting piston compressor.

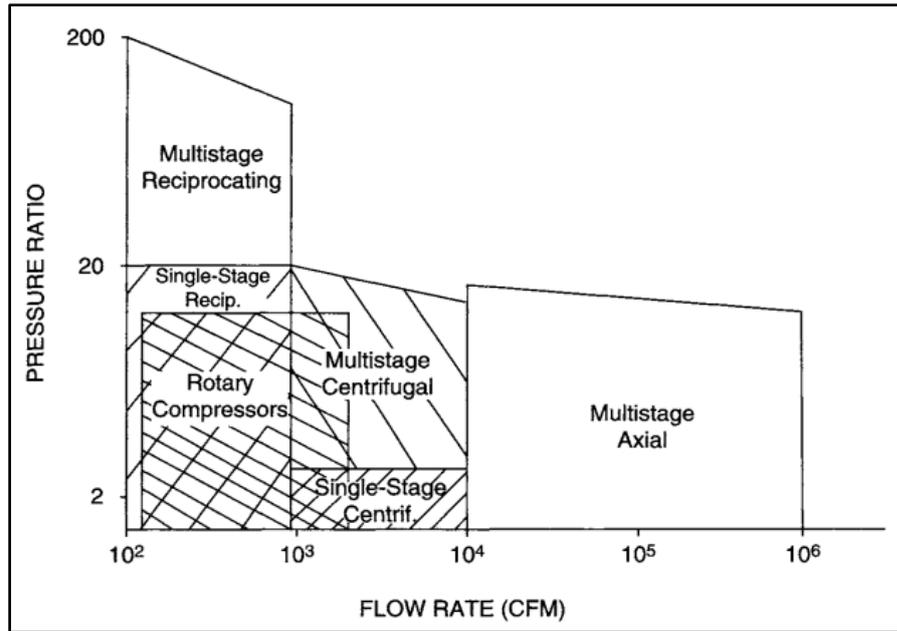
Dibandingkan dengan kompresor pemindahan, kompresor dinamis memiliki karakteristik dimana perubahan kecil dalam tekanan kerja menghasilkan perubahan besar dalam laju aliran.



Gambar 3.17. Radial turbocompressor

Setiap kecepatan impeller memiliki batas laju aliran atas dan bawah. Batas atas berarti bahwa kecepatan aliran gas mencapai kecepatan sonik. Batas bawah berarti bahwa tekanan balik menjadi lebih besar dari penumpukan tekanan kompresor, yang berarti aliran balik di dalam kompresor. Ini pada gilirannya menghasilkan denyut, kebisingan dan risiko kerusakan mekanis.

Berbagai varian kompresor yang disajikan dalam skema gambar 3.15, masing-masing varian mempunyai spesifikasi yang berbeda beda seperti ditunjukkan dalam skema gambar 3.18, sesuai peruntukannya yang digambarkan dalam tabel 3.3.



Gambar 3.18. Kisaran aplikasi berbagai jenis kompresor (Atlas Copco)

Tabel 3.3. Aplikasi dan spesifikasi kompresor mobile (sumber Atlas Copco)

Pressure range	Pressure bar(e)	Application area
Low	7 - 8.6	Contract work
Medium	10 - 14	Ground stabilization
High	17 - 20	Drilling & industrial
Very high	25 - 35	Water and Geothermal well drilling
Ultra high	35 - 350	Deep hole drilling (oil, gas, mineral, geothermal), well & pipeline services, nitrogen generation

3.1.5. Pompa Air

Pompa air dapat dibedakan menjadi jenis pompa sentrifugal, seperti pompa isap (*suction pumps*), pompa turbin (*turbine pumps*), pompa selam (*submersible pumps*), pompa jet (*jet pumps*); dan pompa tiup (*air lift pumps*).

Penggunaan pompa harus mengenali atau mempelajari spesifikasi pompa, apakah sesuai dengan rencana debit dan head pemompaan, juga perlu diperhatikan tenaga penggerak dan kemampuan operator.

Pompa centrifugal, mudah dioperasikan tetapi suction head nya dangkal, kemampuan hisap yang umum hanya berkisar 6 meter, tergantung kualitas air dan kondisi pompanya, kendala yang umum terjadi adalah kebocoran pipa hisap yang menyebabkan pompa tidak dapat menyedot air. Jika sumur yang dipompa dan muka airnya turun dibawah kedalaman 6 meter, pompa akan kesulitan menyedot air, akibatnya pemompaan akan gagal. Dalam perkembangannya pompa sentrifugal dengan desain yang baru telah dapat menghisap sampai kedalaman 25 meter, namun kedalamannya tetap terbatas.



Gambar 3.19. Pompa Centrifugal dikopel dengan elektromotor

Pompa submersible, pemasanganya perlu kehati-hatian dalam memasang kedalam sumur, namun kedalaman muka air tidak menjadi hambatan, dapat memompa lebih dalam tergantung impeler yang dipasang. Pompa submersible relatif juga mudah dipasang, namun harus tersedia listrik sebagai sumber tenaga, baik listrik PLN maupun generator.

Pompa turbin sering juga digunakan, namun pompa ini lebih sulit pemasanganya, dan membutuhkan presisi yang cukup tinggi, hanya team yang sudah berpengalaman yang tidak menemui banyak kendala dalam menggunakan pompa ini.

Pompa-pompa tersebut menggunakan tenaga penggerak mesin diesel yang dapat langsung dikopel dengan pompa, atau menggunakan belt, dapat juga sumber tenaga yang berasal dari listrik PLN dengan menggunakan motor listrik



Gambar 3.20. Pompa Turbine

3.1.6. Alat Penakar dan pengukur

Alat alat pengukur yang digunakan dalam pemboran diantaranya adalah :

a) Timbangan Fluida

Timbangan fluida atau mud balance digunakan untuk mengukur densitas fluida pemboran sirkulasi fluida. Selama pemboran berlangsung, kondisi fluida harus selalu diamati, jika fluida terlalu ringan, maka stek tidak akan terbawa sirkulasi dan akan mengendap dibawah dasar lubang bor yang dapat menjepit drill string.

Fluida yang terlalu berat, disamping boros juga dapat meningkatkan resiko mud loose.



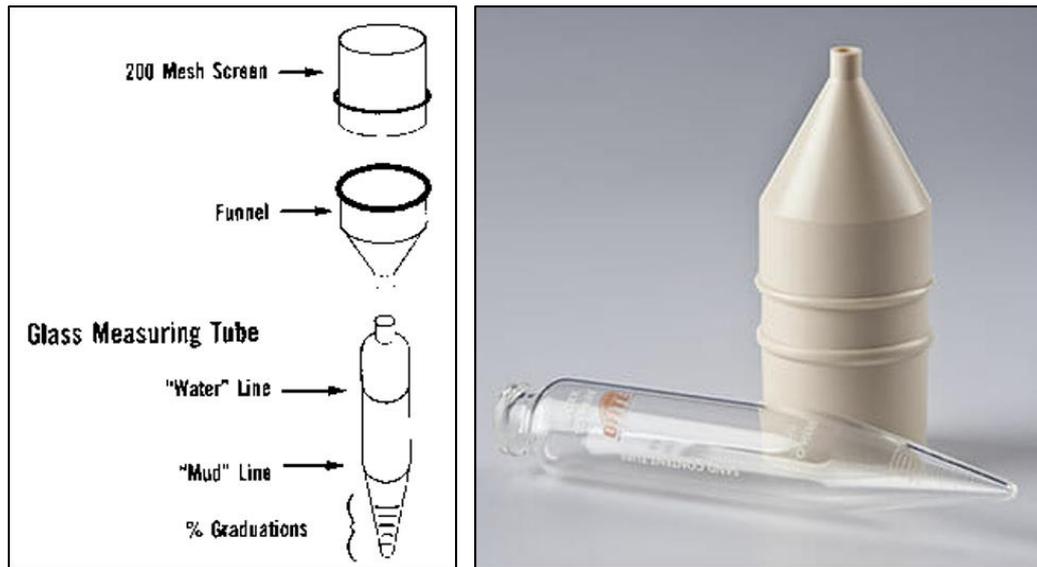
Gambar 3.21. Pompa submersible



Gambar 3.22. Timbangan Fluida (*Mud Balance*) untuk mengukur berat jenis fluida bor

b) *Sand content kit*

Pengukur kandungan pasir atau *Sand content kit* digunakan untuk mengukur kandungan pasir dalam fluida pemboran, Fluida yang mengandung pasir terlalu banyak dapat menyebabkan abrasi terhadap peralatan dan juga dapat menurunkan kualitas fluida.



Gambar 3.23. Sand content kit untuk fluida pemboran

c) Kerucut imhof (*Imhof cone*)

Berbentuk kerucut terbuat dari bahan bening dengan skala dibagian dasar. Digunakan untuk mengukur sedimen dalam pekerjaan *development* atau uji pemompaan.

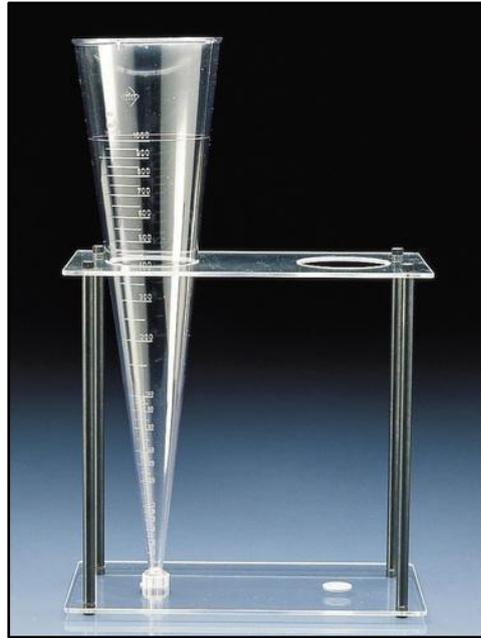
Air yang ditampung dibiarkan dalam imhof beberapa saat sampai endapan terkumpul pada bagian bawah. Untuk pekerjaan *development* dan uji pemompaan digunakan untuk mengetahui perkembangan kondisi air apakah makin banyak sedimen atau berkurang selama pekerjaan

d) Pengukur Muka Air Tanah

Dalam pemboran digunakan untuk mengukur kedalaman muka air, atau fluida pemboran dalam sumur, Dalam kegiatan *developmet* juga digunakan untuk mengukur muka airtanah dalam sumur.

Selama uji pemompaan, mulai dari sebelum start sampai akhir masa kambuh, permukaan air sumur yang dipompa dan beberapa sumur pengamat (kalau ada) diukur kedalaman permukaannya secara terus menerus dalam periode waktu logaritmis yang sudah dirancang dan dicantumkan dalam blangko pengukuran.

Alat pengukuran muka air tanah didalam sumur sering disebut sebagai water level sounding, sering disebut juga *deep meter*, atau disebut *electric sounding* saja.



Gambar 3.24. *Imhoff cone*

Alat ini terdiri dari sensor pada ujung kabel yang dimasukkan dalam sumur kemudian kabel diteruskan ke detektor.



Gambar 3.25. *Water level sounding* atau *Deep meter*, alat pengukur kedalaman muka air tanah

Kabel harus cukup lemas sehingga dengan beban sensor sudah cukup lurus, tetapi kabel harus cukup kuat.

Alat *sounding* biasanya sudah dilengkapi dengan angka atau garis garis yang menunjukkan panjang kabel dari ujung sensor, sehingga dapat dengan mudah dibaca kedalaman sensor berada.

Beberapa *sounding* angka panjang yang tercetak pada kabel tidak dalam interval cm, tetapi ada yang tiap 10 cm, 50 cm bahkan tiap 1 m baru ada cetaknya. Untuk itu diperlukan mistar penggaris atau roll meter guna mengetahui dengan tepat kedalaman yang diukur.

Detektor dapat berupa display jarum yang bergerak, nyala lampu LED atau memberikan sinyal suara jika sensor menyentuh air.

Pengalaman di lapangan, sinyal suara sering tidak terdengar karena suara mesin yang berada didekatnya. *Sounding* sebaiknya menggunakan tampilan atau display jarum atau nyala LED atau kombinasi dengan suara.

Peralatan ukur yang sering dilupakan justru meteran, atau mistar penggaris untuk meningkatkan ketelitian, disamping itu masing masing anggota pengamat juga harus membawa *roll meter*.

e) Pengukur waktu

Waktu diukur dengan pencatat waktu seperti jam maupun *stop watch*. Pengukur waktu diperlukan pada waktu uji pemompan mulai berjalan sampai akhir masa kambuh, digunakan untuk mengukur debit pemompaan bila volume air yang keluar diukur menggunakan penadah dan untuk menetapkan interval waktu pengukuran penurunan maupun kambuhnya muka airtanah.



Gambar 3.26. *Stopwatch*

Di lapangan harus tersedia pengukur waktu sebagai aster”, dimana semua pengukur waktu/ jam/ stop watch mengacu pada master tersebut, semuanya dicocokkan dengan jam master tersebut.

Setiap personil yang bertugas mengukur muka air tanah harus memegang pengukur waktu, dan semua pengukur waktu atau stopwatch atau jam yang digunakan untuk pengukuran sumur pengamat, harus di kalibrasi bersama lebih dahulu atau disamakan atau disinkronkan.

Peralatan ini tidak semua mempunyai performance atau ketelitian yang sama. Untuk Jam juga perlu sinkronisasi mencocokkan jam bagi semua petugas.pengamat dan pengukur.

f) Pengukur Debit

Banyak peralatan yang dapat digunakan untuk mengukur debit :

1) Penampung dengan pengukur waktu

Pengukuran dilakukan dengan mencurahkan debit air kedalam penampung yang diketahui volumenya, misalnya drum, dan dicatat waktunya. Cara ini sangat sederhana tetapi apabila debit pemompaan tidak sepadan dengan penadah maka ketepatannya berkurang.

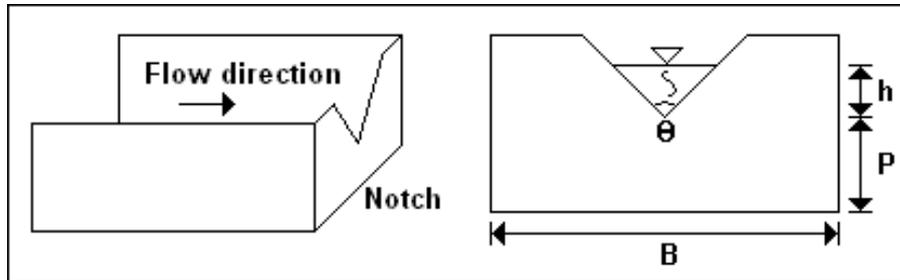


Gambar 3.27. Meter air

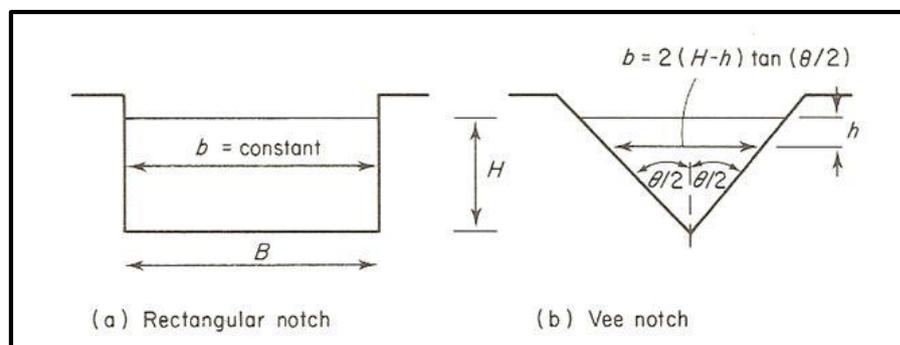
2) Ambang pengukur

Ambang pengukur dipasang di ujung saluran atau bak dan ambang ini dapat berbentuk segitiga, trapesium, atau segi empat. Permukaan air yang melewati sekat diukur ketinggiannya sehingga diketahui debit pengeluarannya.

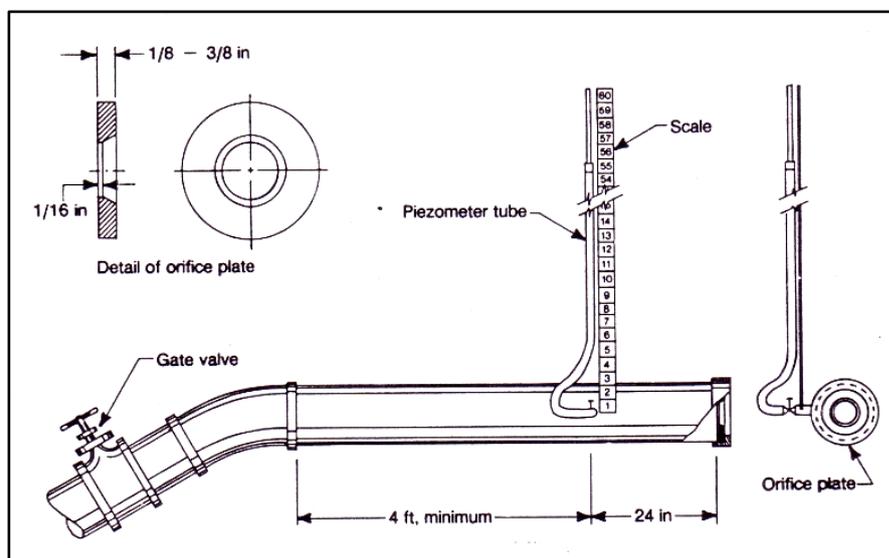
Alat ukur debit sederhana yang digunakan dalam pekerjaan pemboran, development dan uji pemompaan. Dibuat dari bahan pelat besi besi atau aluminium tebal kurang lebih 3 mm.



Gambar 3.28. V-notch, alat ukur debit



Gambar 3.29. Beberapa alat ukur ambang tajam



Gambar 3.30. Alat ukur debit Orifice weir

1) Pipa Orifice ("*orifice pipe*")

Pipa orifice merupakan pipa dengan diameter tertentu yang salah satu ujungnya dihubungkan dengan pipa keluar dari pompa (*pipa discharge*) ujung pipa lainnya ditutup dengan orifice plate, pada jarak tertentu, pada pipa dibelakang orifice plate diberi lubang dan pipa naik dengan skala.

Bila ada aliran air maka air akan naik ke suatu ketinggian tertentu dalam pipa naik. Besarnya tinggi kenaikan air dalam pipa naik tersebut dibaca dengan tabel yang akan menunjukkan debit aliran atau debit pompa

2) Meter air

Debit pemompaan dapat pula diukur dengan memasang meter air di ujung pipa pengeluaran/ discharge pipe.

g) Pengukur pH, EC dan TDS.

Air sumur yang dipompa diukur parameter kimia di lapangan, setidaknya nilai pH, EC dan Tds nya, pengukuran setidaknya dilakukan saat awal, saat paroh waktu periode uji pemompaan dan saat menjelang akhir pemompaan, makin sering makin baik.



Gambar 3.31. pH dan Conductivity meter serta kertas laksmus berskala warna

Pengukuran pH menggunakan pH meter atau kertas laksmus, sedangkan parameter lain dengan menggunakan EC meter, dan TDS meter

3.1.7. Alat bantu pemboran

Alat bantu dalam pemboran banyak macamnya dan tergantung pada mesin – mesin yang ada, alat bantu tersebut untuk menangani operasional pemboran dan instalasi konstruksi sumur.

Peralatan tersebut antara lain untuk bongkar pasang *drill string*, menyambung, memotong pipa-pipa dan sebagainya.

Alat bantu diantaranya adalah bermacam jenis kunci, kunci pipa, kunci rantai dan lain-lainnya. Mesin mesin gergaji, las, bor, alat penjepit, klem, bushing, ganjal dongkrak dan sebagainya



Gambar 3.32. Berbagai macam alat bantu pemboran

3.1.8. Alat Perbengkelan dan Perbaikan

Tidak jarang dalam pekerjaan pemboran harus juga melakukan reparasi atau perbaikan beberapa komponen peralatan dan mesin, oleh karena itu perlu disediakan peralatan perbengkelan selayaknya.

Alat perbengkelan juga banyak jenisnya diantaranya adalah kunci-kunci, termasuk kunci “L”, kunci ring – pas, berbagai ukuran, obeng, dan bahan perbengkelan, amplas, grease, packing dan lain - lain

3.1.9. Peralatan Personil

Peralatan dan kelengkapan terdiri atas peralatan pengamanan personil/ crew pada pekerjaan peboran sumur, yaitu : helm pengaman, sepatu lapangan, kaos tangan, kacamata las, jas hujan, field bed. dan lain-lain.

3.2. Bahan Pemboran

Tiap metode pemboran diperlukan bahan bahan yang berbeda - beda, uraian dibawah ini adalah bahan bahan pokok dalam pemboran. Suatu metode pemboran mungkin memerlukan semua bahan yang diuraikan dibawah ini, namun ada beberapa metode pemboran yang tidak menggunakan keseluruhan bahan yang diuraikan dibawah ini, melainkan sebagian bahan digunakan, sebagian tidak.

Bahan – bahan yang diperlukan dalam pekerjaan pemboran harus tersedia dalam jumlah cukup, sesuai dengan metode pemborannya, sejak pemboran belum dimulai (mulai persiapan). Kegagalan pemboran dapat dimulai dari keterlambatan penyediaan bahan, sementara pekerjaan yang sedang berjalan harus dihentikan, karena ketidak cukupan atau harus menunggu pengadaan bahan, penghentian pemboran dapat memicu longsor lubang yang sudah di bor atau terjepitnya pipa bor (drill pipe) oleh longsor tersebut.

Bahan bahan pemboran juga harus sudah diperhitungkan spesifikasi yang akan digunakan sejak pengadaan bahan, untuk menjamin keberhasilan. Debit yang diharapkan tidak akan diperoleh jika kesesuaian perkiraan lebar celah saringan tidak sesuai dengan ukuran kerikil penyaring (*gravel pack*) misalnya.

3.2.1. Air

Air sebagai bahan pelarut pembentuk fluida sirkulasi dalam pemboran metode sirkulasi fluida atau sebagai bahan pelarut pencuci sumur. Bahan ini sepertinya sangat umum dan sepele, namun perlu diingat bahwa pemboran sumur airtanah bertujuan mendapatkan air di suatu tempat yang biasanya kekurangan air, jadi masalah air bisa jadi menjadi masalah serius jika idak dipersiapkan dimana dan seberapa banyak akan dibutuhkan.

3.2.2. Bahan material sirkulasi,

Bahan ini yang kadang dicampur dengan air untuk membentuk fluida bor dalam pemboran metode sirkulas fluida. Dalam pemboran sederhana bahan ini dapat berupa lempung lokal, namun hasilnya kurang memuaskan baik dalam segi keamanan peralatan, maupun produktivitas sumur. Kemajuan teknologi telah menjediakan jenis-jenis lempung yang lebih baik, diantaranya adalah bentonit (*bentonite*) yaitu jenis lempung dengan komposisi mineral tertentu, terdapat juga material untuk sirkulasi misalnya *revert*, foam dan lain-lainnya.

Bahan ini sesuai dengan kondisi di lapangan sering ditambahkan bahan bahan penambah (*additives*)

3.2.3. Casing atau selubung

Casing atau selubung merupakan bahan konstruksi pokok untuk sumur dalam, bahan untuk *casing* ini dapat dibuat dari berbagai macam logam, diantaranya adalah *stainless steel*, *galvanized*, *black mild steel* atau *low carbon steel*, dapat juga dibuat dari plastik atau poly vinile chloride (PVC), dan juga dapat dibuat dari *fibre glass*.

a) Jambang Pompa

Jambang pompa atau jamban pompa, Bermacam casing mempunyai fungsi yang berbeda- beda, misalnya casing sementara berfungsi menahan runtuh tanah (*top soil*) pada lubang bor bagian atas sampai ke permukaan tanah, Casing jambang pompa (*pump casing*), disamping menahan dinding sumur supaya tidak runtuh berfungsi sebagai tempat di pasangnnya pompa untuk menaikkan air dari sumur.

Jambang pompa umumnya berdiameter besar atau sesuai dengan rencana ompa yang akan dipasang.

b) *Reducer*

Berfungsi sebagai penyambung *casing* yang berbeda diameternya, biasanya dipasang untuk menghubungkan casing bawah dengan casing jambang pompa.

c) *Casing* bawah

Biasa disebut casing penghantar atau *blank casing* atau pipa buta, berupa pipa biasa berfungsi untuk lewatnya air formasi yang masuk kedalam saringan sumur dibawa ke pipa jambang untuk dipompa disamping sebagai peneguh sumur.

Casing ini berupa pipa biasa, tidak terdapat lubang atau celah saringan, bahannya seperti pada pipa jambang, dapat besi, plastik, atau fibre glas atau bahan lain sesuai kebutuhan.

d) Saringan atau *screen*

Air tanah dalam formasi batuan harus masuk kedalam sumur untuk dapat dipompa, namun material akuifer atau formasi batuan dan kerikil penyaring (*gravel pack*) tidak boleh masuk kedalam sumur dan ikut terpompa, untuk itu maka harus disaring dengan saringan (*screen*) ini. Sehingga fungsinya untuk melewatkan air formasi tetapi menahan pasir atau material formasi serta kerikil penyaring tidak terpompa.

e) Casing kantong sedimen dan sumbat

Casing ini dipasang pada bagian terbawah sumur, berupa pipa buta tanpa celah dengan ujung paling dasar ditutup sumbat. Fungsi *casing* ini adalah tempat menampung material halus yang masih saja lolos dari saringan (*screen*) agar mempunyai tempat untuk mengendap pada dasar sumur sehingga tidak tersedot pompa.

Sumbat berfungsi menutup lubang kantong sedimen agar material formasi dan kerikil penyaring tidak tmasuk kedalam sumur.

3.2.4. Bahan penambah (*additives*)

Bahan penambah adalah bahan yang perlu atau harus ditambahkan dalam fluida pemboran agar diperoleh karakter atau sifat fluida sirkulasi yang diharapkan.

Banyak sekali macam bahan penambah ini, terlebih dalam pemboran minyak Bahan tersebut misalnya Carboxil Metyl Cellulose (CMC), Barite, Lignite, Garam dapur (NaCl), solar, dan sebagainya yang beraneka ragam pula fungsinya

3.2.5. Kerikil Penyaring (*Gravel Pack*)

Kerikil penyaring lazim disebut sebagai gravel pack atau kerikil pembalut, ada juga yang menyebut kerikil selubung. Berupa kerikil dengan persyaratan, baik ukuran butir, material, gradasi, dan kebersihannya tertentu, disesuaikan dengan kondisi sumur dan akuifer.

Kerikil ini ditempatkan dalam ruang anulus yaitu ruang antara dinding lubang bor dengan dinding luar *casing* dan screen sumur, berfungsi sebagai penyaring material formasi agar tidak masuk kedalam sumur sebelum melewati saringan (*screen*) sumur.

3.2.6. Semen *Portland*

Digunakan untuk membuat pasangan kolam fluida, pondasi pijakan rig atau mesin bor dan untuk grouting penyekat pada ruang anulus bagian atas. Penyemenan bagian atas anulus dimaksudkan agar sumur tidak polusi atau terkontaminasi dengan air permukaan yang meresap atau mengalir masuk kedalam sumur.

Semen juga digunakan untuk *grouting* formasi yang tidak diinginkan diambil airnya karena mungkin kualitas air dalam lapisan akuifer tertentu tersebut tidak memenuhi persyaratan untuk digunakan.

Digunakan juga dalam pekerjaan abandon sumur (menutup menimbun sumur) yang secara keseluruhan produk sumur tersebut tidak diinginkan, keluar gas atau polutan berbahaya. Biasanya untuk pekerjaan ini juga digunakan atau dicampur dengan bentonite atau lempung biasa.

3.2.7. Bahan bakar dan pelumas

Bahan bakar menentukan hidup matinya mesin bor dan peralatan pemboran lain, pengadaan bahan bakar dan pelumas harus benar benar diperhitungkan, juga harus dicadangkan, baik cadangan material maupun cadangan tempat perolehan atau pembelian. Mesin yang mati karena kehabisan bahan bakar, akan menghentikan proses pemboran dan mengundang resiko runtuhnya lubang yang telah di bor sampai terjadinya musibah terjepitnya matabor atau drill string.

3.2.8. Bahan - bahan lain

Bahan lain bersifat minor namun kadang kadang sangat penting dan dapat menimbulkan masalah yang besar. Bahan demikian biasanya akan disiapkan oleh juru bor yang sudah berpengalaman pada suatu daerah atau juru bor yang berpengalaman mengoperasikan berbagai ragam mesin.

3.3. Latihan

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Apakah fungsi stabilizer atau stabilisator itu, jelaskan singkat?
2. Bagaimanakah prinsip kerja kompresor perpindahan positif itu? Uraikan.
3. Apakah yang disebut sebagai bahan additives (bahan penambah) itu ?

3.4. Rangkuman

Peralatan pemboran yang digunakan di lokasi pekerjaan cukup banyak jenisnya dan spesifikasinya. Suatu metode pemboran yang dikerjakan di lapangan akan menggunakan set peralatan yang sesuai baik pasangannya maupun kapasitasnya. Dengan banyak jenis maka akan banyak pilihan untuk pelaksanaan.

Bahan - bahan pemboran demikian juga, Suatu metode yang digunakan harus menggunakan jenis dan jumlah atau takaran bahan yang sesuai.

Dengan demikian, perlu mengenal dengan baik jenis dan spesifikasi alat - alat pemboran berbagai macam, serta memahami penggunaan bahan baik takaran maupun fungsinya.

3.5. Evaluasi

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan cara memilih jawaban yang paling benar!

1. Pompa lumpur yang bekerjanya dengan cara piston mundur mengambil fluida melalui katup masuk (*intake*) tetapi sekaligus mendorong fluida disisi lain keluar melalui katup buang disebut pompa apa ?
 - a. Pompa turbin
 - b. Pompa selam
 - c. Pompa duplek
 - d. Pompa simplek

2. Kompresor yang cara kerjanya menarik udara dengan impeller kompresi kecepatan tinggi kemudian dikeluarkan melalui difuser disebut apa ?
 - a. Kompresor dinamis
 - b. Kompresor statis
 - c. Kompresor pemindahan positif
 - d. Kompresor pemindahan negatif

3. Alat pengukur kedalaman muka air tanah disebut
 - a. *Piezometer*
 - b. *Electric conductivity meter*
 - c. *Imhof cone*
 - d. *Electric Sounding*



BAB IV

PELAKSANAAN PEMBORAN

Indikator Hasil Belajar:

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan pelaksanaan pemboran.

4.1. Pemboran Lubang

4.1.1. Persiapan Lahan dan Jalan masuk

a) Umum

Lahan rencana tempat bekerja, sebelum mulai kerja harus dilakukan beberapa pengecekan, agar tidak terjadi kesulitan dibelakang, pengecekan meliputi kepemilikan lahan, pastikan dengan perangkat desa setempat ljin menggunakan lahan, pastikan luas dan resiko resiko yang mungkin timbul dan mengenai lahan sekitar. Kenali apa saja yang ada di lahan atau disekitarnya, baik tanaman, bangunan yang ada di lahan site, adanya pipa gas, pipa air, kabel optik, telepon, listrik yg tertanam melintas atau di tepi lahan. Kondisi lahan, rata atau berbatu, berlumpur atau banyak sampah, adanya barang barang berbahaya atau yang menyulitkan pekerjaan misalnya paku, pecahan kaca dan sejenisnya.

Kebutuhan Luas lahan untuk bekerja akan tergantung macam-macam barang dan peralatan yang digunakan dalam pekerjaan, apakah akan menggunakan mesin bor sederhana, mesin bor rakitan, mesin bor sedang, *skid mounted*, atau mesin bor berat, *truck mounted*, *tractor Mounted*.

Harus disadari beberapa peralatan mempunyai dimensi yang harus diakomodasi dalam ruang lahan, ukuran pipa bor (*drill pipe*), ada beberapa macam, ada yang panjangnya 3 meter, 6 meter, 12 meter atau lainnya. Ukuran bahan casing, saringan (*screen*), 3, 4, atau 6 m. Seberapa luas ruang diperlukan untuk menempatkan *gravel pack*, pompa fluida (*mud pump*) apakah terpisah atau mounting pada mesin bor (*rig*); kompresor direncanakan masuk ke *site* atau parkir diluar *site*.

Pompa air, penggunaannya di dalam lahan atau di sumber air lain; tandon atau bak air, tangki atau drum-drum. *bentonite mixer*, portabel atau manual.

Barak kerja akan menggunakan tenda-tenda untuk menyimpan alat dan bahan kerja, mungkin diperlukan kantor lapangan atau *direksi kit*, apakah akan dibuat dalam lokasi pemboran atau rumah sewa diluar site.

Fasilitas Kerja, yang terdiri atas kantor lapangan, Gudang material dan peralatan harus tersedia, dapat berupa rumah barak kerja, direksi kit atau tenda lapangan, dilengkapi dengan batas pagar pengaman, baik permanen atau sementara.

Pembuatan rumah barak kerja, direksi kit atau tenda lapangan, harus dilakukan sebelum mobilisasi peralatan pemboran. Kondisi harus cukup aman dan layak untuk menyimpan dokumen lapangan, material dan tempat berteduh.

Karena peralatan tsb membutuhkan luas lahan yang berbeda, maka harus dibuat sket denah peletakan barang barang tsb sebelum mobilisasi. Kenali lingkungan, apakah akan banyak penonton, dekat tempat ibadah, pasar, rumah sakit, apakah cukup aman atau tidak.

Untuk penjaga keamanan/ penjaga malam disarankan merekrut tenaga setempat

b) Kondisi tanah permukaan

Lahan tempat kerja dan jalan masuknya harus dikenali kondisi tanahnya, tanah yang tidak rata harus diratakan, kondisi yang becek, mudah “ambles” harus diperkuat dengan urugan atau dipasang alas anyaman bambu (“sesek”), atau perforated steel. Tiap jenis tanah mempunyai sifat yang berbeda beda pada situasi yang berbeda pula.

1) Tanah Lempung

Tanah lempung liat, bersifat kadang lunak mudah ambles, kadang agak keras tetapi licin, sulit meresapkan air, dapat menimbulkan masalah selip, menjebak roda kendaraan atau ambles. Untuk yang licin perlu perkuatan permukaan dengan urugan pasir, kerikil, untuk yang mudah ambles, perlu perkuatan dengan bongkah batu berukuran besar. Jika perlu medan kerja ditutup dengan sesek/ bambu. Pada alas/ pijakan mesin bor (*rig*) diberi

pasangan batu/ beton yang cukup kuat terhadap beban dan getaran, atau dipasang balok kayu dengan ukuran yang memadai.

Pada tanah lempung, kolam fluida tidak mudah menyerap air, medan kerja perlu dibuat drainasi, atau tanggul atau parit agar air hujan tidak masuk menggenangi, genangan akan sulit atau lama kering pada tanah lempung.

Pada musim kemarau dapat terjadi rekahan rekahan yang membahayakan harus diantisipasi dengan urugan pasir atau tanah, sehingga tidak terdapat celah tanah yang rekah.

Umumnya tanah lempung terdapat pada daerah pegunungan tetapi yang jauh dari Gunungapi aktif , dekat pantai tak bergunungapi aktif.

2) Tanah Pasir atau Tanah Ringan

Pasir bersifat porous, mudah meresapkan air, sebagian kondisi lepas, terurai. Mudah selip jika sangat kering dan berbutir lepas dan berdebu, bersifat abrasive, mudah meng-auskan bearing, piston, v-belt, pully.



Gambar 4.1. Kondisi tanah lempung hitam, pasir, lempung merah dan berangkal.

Musim hujan mudah longsor, tergerus terserosi, perhatikan dan jaga kecepatan aliran air permukaan yang memasuki lahan kerja, kurangi agar tidak ada aliran yang deras.

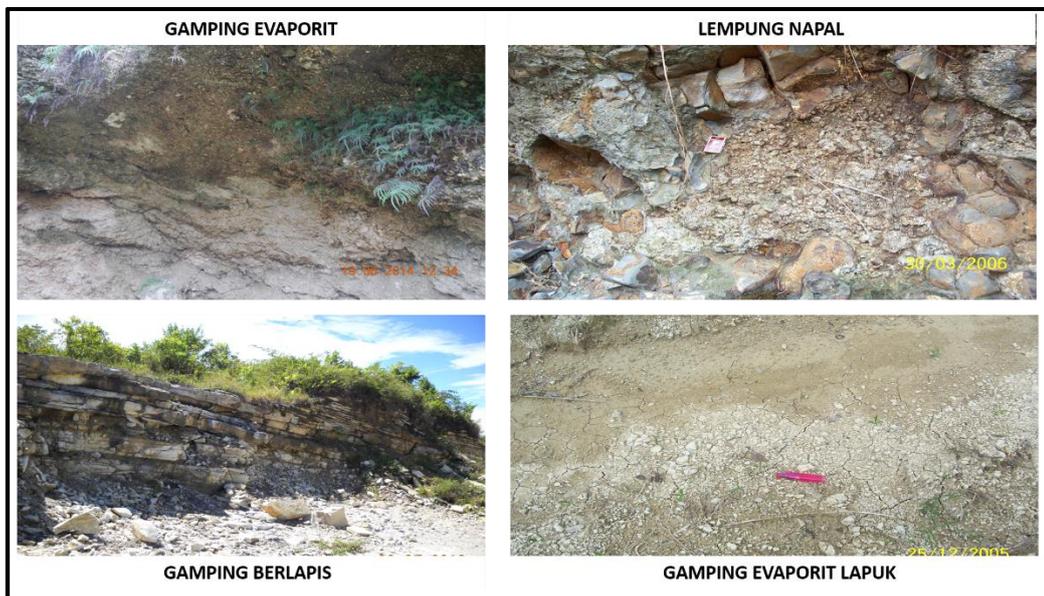
Kolam fluida mudah menyerap air, mudah longsor atau mudah tertimbun endapan dari tempat lain, perlu dibuat pasangan atau perlapisan dengan semen, plastik atau lempung *impermeable*. Pada alas mesin bor perlu peninggian di plester atau pasangan agar pasir tidak tergerus. Musim kemarau timbul debu, perlu penyiraman secukupnya.

Umumnya terdapat di daerah sekitar Gunungapi aktif yang banyak memproduksi abu vulkanik, atau daerah aluvial.

3) Tanah Berangkal/ Batuan

Batuan yang belum lapuk bersifat keras dan kadang tajam, sering tidak rata. Air permukaan musim hujan dapat deras mengalir. Kesulitan menggali kolam fluida dan lubang casing sementara/ *drum casing*.

Lingkungan didekatnya atau disekitarnya dapat berupa pasir lepas atau lempung liat hasil pelapukan. Stabil jika kondisi konsolidasi, fragmen batuan terdapat merata. Tidak stabil jika fragmen batuan dilingkungan pasir atau lempung liat, atau terdapat dalam kondisi lepas.



Gambar 4.2. Kondisi tanah gamping evaporit, lempung napal, gamping berlapis, dan gamping evaporit lapuk.

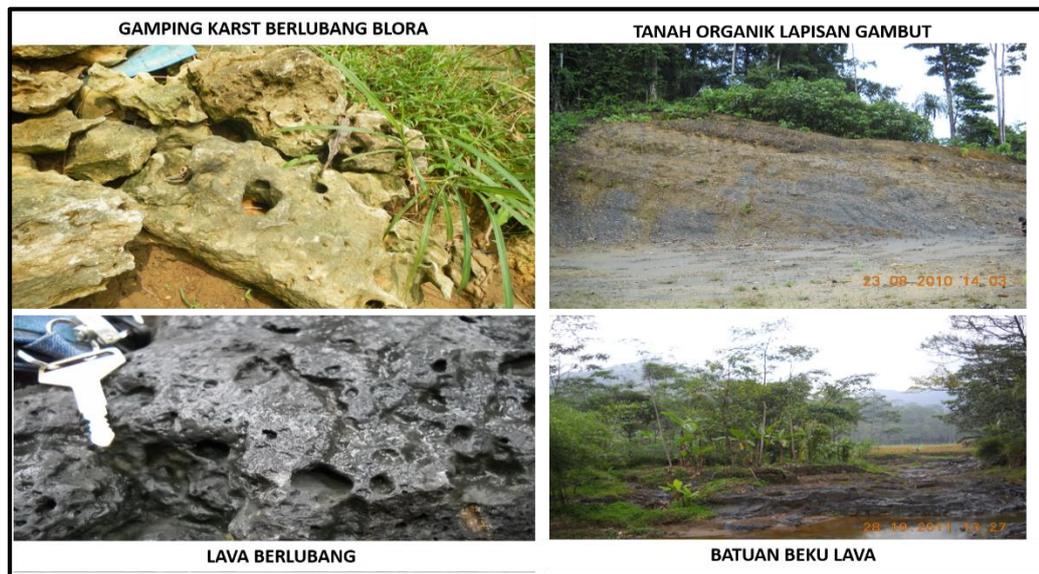
4) Tanah Organik/ Gambut

Tanah bersifat tidak stabil, mudah ambles, Pondasi *rig* dibeton cukup lebar dan tebal, medan kerja perlu di alas anyamaan bambu. Kolam fluida mudah meresap air, sifat fluida mudah berubah. Kualitas air sirkulasi kemungkinan perlu perbaikan dengan bahan additive

5) Tanah pada batu gamping

Pada batugamping yang berlubang lubang, umumnya tidak rata, banyak lubang pada batugamping tua. *Mud pit* kemungkinan bocor, harus ditutup lempung atau semen atau dibuat pasangan batu atau bata. Air permukaan mudah meresap masuk kedalam lubang lubang batugamping, ada kemungkinan lubang-lubang terhubung dengan lubang bor, dapat mengakibatkan hilangnya sirkulasi atau mencairnya sirkulasi jika hujan atau ada aliran air permukaan.

Pada batugamping evaporit, bersifat seperti lempung, jika hujan lengket, kemarau/ kering berdebu. Air permukaan sulit meresap, kolam fluida sirkulasi mudah longsor. Pada batu gamping berlapis dan napal, Jika belum lapuk, kondisi seperti tanah berangkal, keras mudah pecah. Air permukaan sulit meresap, Jika hujan licin, jika kemarau retak retak jika sudah lapuk bersifat seperti batu gamping evaporit.



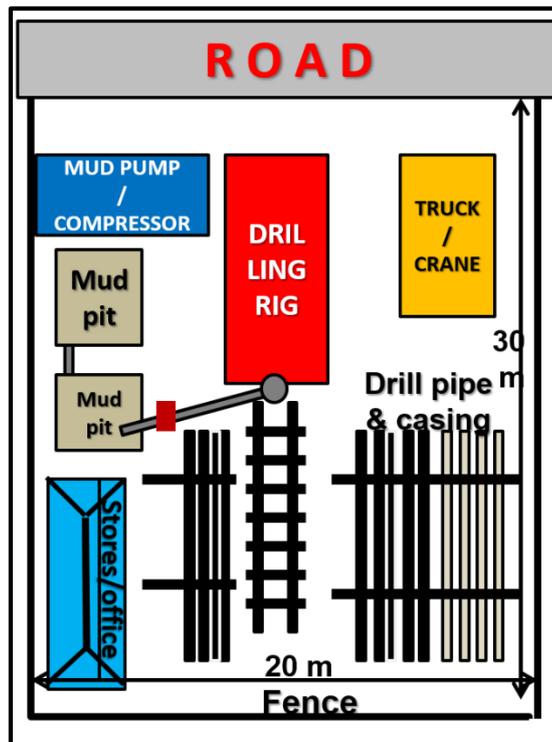
Gambar 4.3. Kondisi tanah karst, gambut, lava, dan batuan beku

c) Jalan Lokasi

Beban dan ukuran peralatan pemboran sumur cukup berat dan besar, mobilitas keluar masuk lokasi cukup tinggi, maka akses jalan menuju lokasi pemboran sejak tahap persiapan sudah harus siap dan memadai, bila belum ada harus dibuatkan walaupun sifatnya tidak permanen. Akses jalan untuk mobilisasi ke lokasi titik pemboran sumur, termasuk jembatan bila diperlukan. Bila sudah ada jembatan tetapi dinilai kurang kuat untuk dilalui, maka jembatan harus diperkuat.

Lokasi pemboran harus dibuat rata dan horisontal, bebas dari pepohonan, gundukan tanah dan batu. Luas lahan operasional lokasi pemboran sumur minimal berukuran (10 x 12) m bahkan untuk peralatan truck atau tractor mounted dapat berukuran (20 x 30) m atau sesuai kebutuhan tergantung jenis peralatan dan metode pemboran. Lahan tersebut dapat berupa lahan tetap atau lahan sementara pelaksanaan pekerjaan.

Personil pengamanan/ penjaga/ penjaga malam dapat di ambil dari *team/crew* penyedia jasa atau penduduk setempat.



Gambar 4.4. Sketsa denah penyusunan peletakan peralatan

d) Pembuatan Kolam Fluida

Ketersediaan air dan kontinuitas adanya air, serta prasarana saluran pembawa dari sumbernya ke lokasi titik pemboran sumur, sudah harus tersedia. Prasarana tersebut dapat berupa kanal/ saluran, pipa sementara, kendaraan tangki air atau bak tandon di lokasi juga tersedia. Kolam untuk sirkulasi fluida pemboran, harus secepatnya dibuat setelah pembebasan tanaman atau mendapat ijin penggunaan lahan.



Gambar 4.5. Kolam fluida sirkulasi.

pasangan dan perkuatan bambu mencegah longsor dan pengotoran fluida

Ukuran kolam fluida untuk kedalaman pemboran maksimal 100 m diameter lubang bor 12 - 16 inci, metode fluida lumpur, tidak kurang berukuran = (2 x 2 x 1,5) m sebanyak 2 buah dengan bak kontrol berukuran (0,5 x 0,5 x 0,5) m dan saluran sirkulasi (0,7 x 0,3) m.

Pada tanah yang mudah runtuh, atau berpasir lepas, tanah organik atau lanau, dinding bak diberi pasangan batu bata, "sesek bambu", atau cara lain untuk mencegah keruntuhan, dan menjamin kebersihan fluida pemboran karena runtuh.

e) Casing Sementara (*Temporary Casing*)

Tanah permukaan atau *top soil* dalam pelaksanaan pemboran harus dijaga agar tidak runtuh, karena tanah permukaan umumnya belum konsolidasi. Keruntuhan tanah permukaan dapat menimbulkan kubangan yang cukup besar bila terjadi pada saat pemboran sudah dalam. Kubangan tersebut dapat menelan mesin bor runtuh masuk kedalam.

Ketebalan tanah permukaan yang mudah runtuh bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya. Dari Pengalaman untuk tanah daerah tropis non gambut, pengamanan tanah permukaan ini sampai kedalaman 12 meter sudah cukup efektif.

Pengamanan runtuh tanah permukaan digunakan *casing* sementara yang berukuran diameter cukup besar sampai kedalaman antara 6 -12 meter tergantung kondisi tanah setempat. *Casing* sementara ini dapat diambil jika pekerjaan pemboran sudah selesai, namun umumnya pengambilan *casing* sementara cukup sulit, sehingga untuk *casing* sementara dapat digunakan bahan yang murah tetapi cukup kuat dan tidak perlu diambil lagi, yaitu dengan menggunakan drum bekas yang disambung sambung.



Gambar 4.6. Drum casing sebagai casing sementara bagian atas lubang bor

Pembuatan lubang untuk menanam *drum casing* atau *casing* sementara dapat dilakukan dengan galian (seperti membuat sumur gali) atau dapat dilakukan dengan di bor menggunakan *drag bit* atau *auger*.

f) Mendirikan Mesin Bor dan letak peralatan

1) Mesin Bor (*Drilling Rig*)

Posisi mesin bor harus dipertimbangkan dengan kondisi medan, dibelakang mesin bor harus tersedia cukup ruang untuk bongkar pasang *drill string*, matabor, pipa bor, *drill collar*, stabilisator dan kegiatan instalasi konstruksi sumur. Harus memperhitungkan panjang pipa bor untuk mendapatkan ruang yang cukup.

Samping Kiri kanan mesin bor harus tersedia ruang untuk mobilitas personil atau *crew* untuk melakukan kegiatan sampai berakhirnya operasi pemboran. Ruang tersebut harus bebas hambatan, tidak terdapat tumpukan material atau alat yang mengganggu pergerakan pekerja, kondisi tanah juga harus rata.



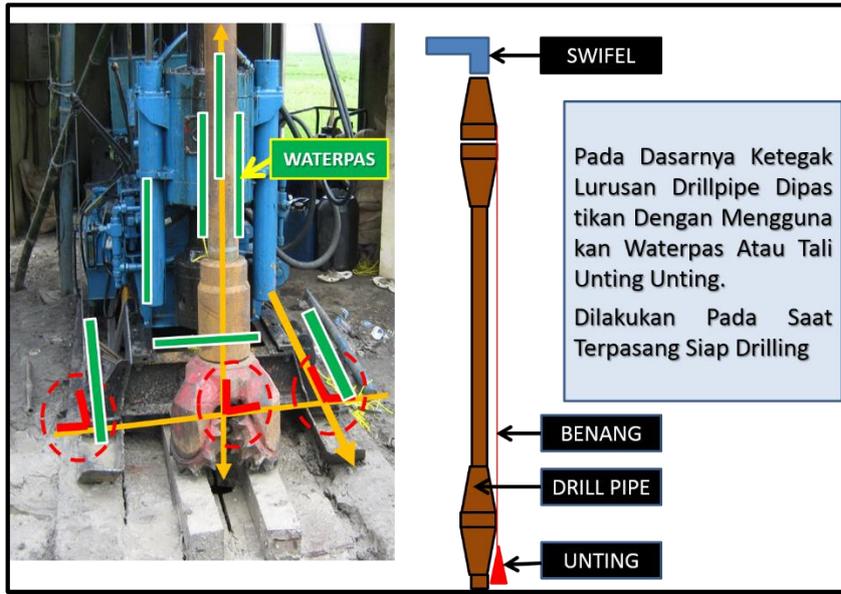
Gambar 4.7. Peletakan alas penumpu dan kerangka dasar mesin bor.

Pemasangan atau peletakan mesin bor harus stabil terhadap getaran maupun selama operasional, jika mesin bor jenis *skid mounted* harus dilengkapi kerangka dasar dan tertumpu pada pondasi yang kuat, jika mesin bor jenis *truck mounted* dan *tractor mounted*, biasanya dilengkapi kaki kaki penumpu (*jack*), kaki-kaki tersebut harus juga tertumpu pada pondasi atau alas yang stabil dan kuat, tidak akan bergerak atau bergeser selama operasi.

Kedudukan awal mesin bor harus diyakinkan benar benar horisontal dan drill string pada kedudukan benar benar vertikal, sedikit kemiringan saja dapat menimbulkan banyak masalah pada pelaksanaan selanjutnya.

2) Pompa Sirkulasi

Pemboran dengan metode searah langsung dengan sirkulasi fluida, akan menggunakan pompa fluida atau *mud pump*. Untuk yang menggunakan sirkulasi udara, akan menggunakan kompresor udara. Kedudukan pompa sirkulasi baik pompa fluida maupun kompresor harus stabil terhadap getaran tidak bergerak/ berpindah saat operasi.



Gambar 4.8. Peletakan mesin bor harus tegak lurus

Peletakan peralatan ini harus sedemikian rupa agar posisi operator mesin sirkulasi dapat berkomunikasi dengan *driller*, saling dapat melihat, dapat memberi dan menerima isyarat perintah, harus dapat saling terlihat ini penting, karena pada saat operasi, aba – aba suara tidak akan jelas, sehingga sering digunakan aba-aba isyarat.

3) Kolam Fluida Sirkulasi

Kolam fluida sirkulasi atau kolam fluida terdiri dari 2 (dua) kolam ditambah beberapa kolam kontrol yang lebih kecil, Kolam-kolam tersebut dihubungkan dengan parit saluran yang kadang harus melintang pada areal kerja. Jika parit tersebut memotong lintasan kerja, maka harus ditutup di atasnya dengan papan atau plat agar pekerja tidak terperosok kedalamnya.

Parit dibuat berliku atau panjang dengan kemiringan dasar yang kecil agar terjadi pengendapan serbuk bor atau *cutting* yang baik.

4.1.2. Lubang Pandu dan Reaming

a) Pemboran Lubang Pandu

Pemboran lubang pandu adalah pemboran awal dengan diameter kecil, dengan maksud untuk memperoleh data litologi atau formasi batuan serta merencanakan peralatan yang akan digunakan dalam pemboran pelebaran (*reaming*) berikutnya dengan akurat.

Pemilihan diameter yang kecil bertujuan agar secara cepat dapat diketahui formasi batuanya, karena dengan lubang kecil, pemboran akan lebih cepat diselesaikan, dan jika ternyata hasil pemboran ini menunjukkan bahwa potensi airtanah atau akuifer kecil, dan tidak ekonomis, maka pemboran tidak dilanjutkan, kemudian lubang ditimbun dengan material kedap. Material kedap dapat berupa lempung kedap atau bentonite pekat atau dicampur semen portland, dan pemboran dipindahkan ke tempat lain.



Gambar 4.9. Parit saluran penghubung lubang bor ke bak sirkulasi fluida dan bak kontrol

Pemboran dengan diameter kecil ini akan memberikan akurasi yang lebih tinggi terhadap sampel atau *cutting* pemboran, karena kecepatan sirkulasi atau *uphole velocity* dapat dipertahankan, tidak boros fluida dan *cutting* lebih cepat naik dibanding diameter lubang bor yang lebih besar.

Pekerjaan berikutnya menjadi lebih mudah dengan pemboran awal atau lubang pandu yang kecil. *Electric logging* untuk mengontrol hasil deskripsi dan memastikan kedalaman masing - masing lapisan batuan menjadi lebih akurat dengan lubang kecil, karena elektrode logger dapat merapat atau lebih dekat dengan dinding lubang bor.

Sampel yang dihasilkan dari pemboran lubang pandu dapat memberikan informasi untuk menentukan peralatan yang lebih tepat dalam pekerjaan berikutnya. Pada formasi yang banyak mengandung batuan lunak dapat ditentukan untuk menggunakan matabor untuk batuan lunak, misalnya *drag bit* atau *rock roller bit* untuk batuan lunak, dengan gigi jarang, dan untuk batuan keras digunakan *rock roller bit* untuk batuan keras. Untuk batuan sangat keras, dapat digunakan metode pemboran pneumatik atau dikenal dengan metode *Down The Hole (DTH)*

b) Pemboran Reaming

Pemboran pelebaran (*reaming*) adalah pemboran untuk pelebaran lubang pandu, perlu pelebaran guna mengakomodasi instalasi konstruksi sumur sesuai spesifikasi sumur yang diharapkan.

Pemboran pelebaran hanya dilakukan jika hasil dari pemboran lubang pandu telah selesai dan telah mendapatkan data akurat sebagai dasar pengambilan keputusan apakah sumur dilanjutkan menjadi sumur produksi atau berhenti sampai lubang pandu kemudian ditimbun (*abandoned*).

Dari data lubang pandu akan diperoleh rencana penggunaan peralatan untuk pemboran pelebaran (*reaming*). *Drill string* yang akan digunakan dalam pemboran pelebaran disusun berdasarkan hasil pemboran lubang pandu.

Untuk formasi yang banyak mengandung batuan lunak digunakan stabilisator dan *drill collar* agar diperoleh stabilitas kelurusan lubang bor yang terbentuk. Tetapi jika formasi banyak mengandung perlapisan lempung tebal yang sangat lunak di tempat yang dalam atau bawah, mungkin tidak perlu menggunakan pemberat atau *drill collar*, tetapi menggunakan stabilisator dipilih yang menggunakan bilah ulir. Untuk batuan yang sangat keras mungkin diperlukan beberapa batang rangkaian *drill collar* pada rangkaian diatas matabor. Untuk menembus batuan sangat keras dapat digunakan fasilitas *pull down* yang

tersedia pada beberapa mesin bor, tetapi penggunaan *pull down* dari rig tidak dianjurkan jika tidak terpaksa, karena penggunaannya dapat menggoyahkan posisi rig atau bahkan menggeser kedudukan, afek selanjutnya akan terjadi pembengkokkan lubang bor yang terjadi dan mempersulit pemasangan saringan (*screen*) dan casing atau bahkan dapat menimbulkan kerusakan sumur, minimalnya produksi sumur menjadi kecil, karena kerikil penyaring (*gravel pack*) tidak merata.

c) Kontrol fluida selama pemboran

Pada daerah dengan kondisi geologi terdiri dari lapisan batuan atau formasi batuan yang berumur muda, atau aluvial, khususnya di Indonesia, umumnya keterdapatan perlapisan batuan relatif tipis tipis, banyak mengandung material sedimen berukuran halus, mulai dari lempung lengket, serpih, pasir halus sampai kerikil (*gravel*). Pasir sampai kerikil umumnya dalam keadaan lepas atau terkonsolidasi lemah, sehingga mudah terurai menjadi butiran butiran lepas.

Material material halus yang bersifat tidak lengket tersebut sangat mudah terangkut fluida pemboran, sedangkan yang bersifat lengket kadang menyangkut dalam dinding lubang bor atau menempel di matabor dan pipa bor atau *drill collar* dan stabilisator.

Fluida dan *cutting* yang keluar dan mengalir ke kolam pengendap melalui bak kontrol, dalam bak kontrol ini sudah mulai harus dilakukan penyaringan baik secara manual atau dengan mesin pengayak pada kolam pengendap.

Penyaringan *cutting* pada bak kontrol dilakukan terus menerus secara manual, dengan ayakan dapur atau saringan teh, sambil membersihkan *cutting* dilakukan pengambilan sample batuan. Sebagian material halus akan tetap terus tersirkulasi balik dan makin lama kandungan pasir halus dalam fluida dapat meningkat ditambah larutan lempung dari formasi yang terus terbawa sirkulasi hingga kondisi fluida menjadi berubah.

Perubahan kondisi fluida dapat terjadi pada warna dan sifat fisik lain, berat jenisnya, kekentalannya maupun *gel strength* dan lain-lainnya, jika telah terjadi perubahan yang menyolok maka kolam fluida harus dibersihkan dan fluida pemboran harus diganti dibuatkan yang baru.

Penyaringan fluida di bak kontrol dilakukan terus menerus, baik dalam pemboran lubang pandu maupun pemboran *reaming*, tetapi pengambilan sampel batuan atau *cutting* untuk sampel dilakukan tiap meter pada saat pemboran lubang pandu.

Jika fluida yang kotor tidak diganti, maka akan mengakibatkan beberapa kerugian, salah satunya adalah akurasi sampling tidak akurat karena sampel yang diambil banyak terkecoh dengan material pengotor. Kondisi mesin pompa terutama pada bagian *cylinder liner* dan *ruber piston* pada *mud pump* akan menjadi cepat aus, tenaga menjadi berkurang, pengangkatan cutting dari lubang bor kurang sempurna selanjutnya cutting akan terkumpul di dasar lubang bor dan menimbun matabor atau menjepitnya.

d) Pengambilan sampel

Pengambilan sampel batuan atau formasi dimaksudkan untuk mendapatkan informasi per lapisan batuan tentang jenis batuan, sifat-sifat hidrogeologis batuan, apakah merupakan akuifer atau bukan, serta posisi kedalaman dan ketebalan batuan guna desain konstruksi sumur.

Disamping karakter hidrogeologis, juga diharapkan sampel batuan dapat memberikan informasi tentang kondisi fisik, struktur maupun tekstur batuan dalam kaitannya untuk persiapan peralatan pemboran *reaming*. Ada kalanya batuan sangat keras sehingga diperlukan matabor khusus, atau diperoleh informasi batuan merupakan batugamping berlubang atau retak – retak yang mempunyai kemungkinan terjadinya hilangnya fluida (*mud lost*).

Sampel batuan diambil dari cutting yang keluar dari lubang bor bersama fluida, dilakukan pencucian dan disaring sehingga fluida pemboran yang menyelimuti hilang tetapi harus dijaga agar jika terdapat lempung, lempung tersebut tidak ikut tercuci sampai hilang. Pengambilan sampel dilakukan pada setiap 1 (satu) meter pemboran, sebanyak 1 – 2 kg dan setelah dicuci bersih sampel dimasukkan dalam kantong plastik tebal. Kantong plastik diberi catatan atau ditulis nomor sumur, atau kedalaman sampel tersebut diambil, dan tanggal pengambilan. Kantong plastik yang berisi sampel kemudian dimasukkan dalam kotak sampel, kotak sampel ditutup agar tidak terkena panas matahari langsung atau hujan. Kotak dengan isinya dijaga agar tidak rusak, ditempatkan pada tempat yang aman.

Sampel batuan akan di deskripsi atau dicatat dalam log litologi yang akan digunakan untuk mendesaib konstruksi sumur bersama sama dengan log kecepatan pemboran (*penetration log*) dan *electric logging*.

e) Deskripsi Sampel

Sampel akan dicatat atau dideskripsi dalam log litologi, deskripsi meliputi uraian mengenai nama batuan, warna, tekstur dan struktur batuan. Nama batuan berdasarkan pada klasifikasi batuan, namun banyak sekali klasifikasi batuan, baik batuan beku, sedimen maupun metamorf, tetapi untuk kepentingan airtanah kebanyakan dicermati dalam batuan sedimen.



Gambar 4.10. Ayakan yang digunakan dalam pengambilan sampel

Batuan beku dan metamorf sering tidak jelas teramati untuk di deskripsi karena kondisi hancur tergiling matabor. Bila jelas batuan beku dan metamorf dapat membedakanya, deskrip cukup menyebut jenis batuanya saja, akan lebih baik jika dapat menentukan namanya, tetapi variannya mungkin sulit dilakukan walaupun oleh ahli, terlebih yang belum berpengalaman.

Karena kebanyakan air tanah terdapat pada cekungan airtanah yang terdiri dari batuan endapan berumur relatif muda dan aluvial masakini, sedangkan yang diutamakan dalam potensi airtanah adalah porositas dan permeabilitas, maka deskripsi disarankan menggunakan klasifikasi ukuran butir untuk memberi nama batuan.

Gambar 4.11. Klasifikasi ukuran butir untuk penamaan batuan sedimen (Wentworth,1922)

SEDIMENT GRAIN SIZE: THE WENTWORTH SCALE
(after Wentworth, 1922; Krumbein, 1934)

mm	µm (microns)	φ (phi)	size class		rock type		
256	4000	-8.0	boulder	G	conglomerate or breccia		
128		-7.0	cobble	R			
64		-6.0		A			
32		-5.0	pebble	V			
16		-4.0		E			
8		-3.0					
4		-2.0	granule	L			sandstone
2	2000	-1.0	very coarse sand	S			
1	1000	0	coarse sand				
0.5	500	1.0	medium sand	A			
0.25	250	2.0	fine sand	N			
0.125	125	3.0	very fine sand	D			
0.0625	62.5	4.0	silt		siltstone	mud- stone	
0.031	31	5.0					
0.0156	15.6	6.0			M		
0.0078	7.8	7.0					U
0.0039	3.9	8.0					
			clay		claystone		

1 µm (micron) = 10⁻³ mm

φ is a convenient numerical system for describing grain size. The phi value is defined as follows:

$$\phi = -\log_2 D \quad (\text{the negative logarithm, to the base 2, of the grain diameter in mm})$$

Setelah nama batuan, disebutkan warnanya, kekompakannya kemudian ditambah ciri - ciri khusus yang mungkin terdapat dalam sampel tersebut, misalnya banyak dijumpai sisa sisa cangkang binatang, atau banyak dijumpai butir butir kuarsa bening seperti gelas.

4.2. Fluida Pemboran

4.2.1. Pengertian

Dalam pemboran sumur digunakan fluida pemboran, pengertian fluida disini dimaksudkan ada beberapa macam, misalnya air, lumpur, gas, termasuk udara. Biasanya disebut sebagai fluida ada 3 (tiga) macam basis fluida.

Fluida berbasis air, yaitu fasa cair didalamnya terdiri dari sebagian besar air, partikel suspensi atau koloidal yang jumlahnya kurang dari 1 % sampai lebih dari 50 %, sisanya adalah cutting atau kepingan serbuk bor. Fluida ini paling banyak digunakan dalam pemboran sumur air.

Fluida berbasis udara atau gas, yang terdiri dari udara kering, komponen *surfactan* atau sabun, buih, partikel lempung atau polimer. Fluida ini juga paling banyak digunakan dalam pemboran air. Fluida berbasis minyak, terdiri dari air yang diemulsikan dalam minyak, minyak *crude oil*, sabun sebagai pengemulsi. Fluida ini kebanyakan digunakan dalam pemboran minyak atau pada formasi yang peka air, atau pada pemboran panas bumi.

Pada pembahasan ini hanya dibatasi pada fluida berbasis air, untuk mendapatkan kualitas yang sesuai dengan kondisi formasi batuan, dalam fluida ini biasanya tersusun atas komponen – komponen utamanya adalah Air tawar atau air segar yang bersih, Additives (bahan tambahan) lempung, additives polimer atau aditives lempung dengan polimer

4.2.2. Fungsi Fluida Pemboran

Fluida pemboran mempunyai banyak fungsi :

- a) Kontrol Tekanan dalam lubang bor
- b) Membersihkan lubang bor
- c) Membersihkan matabor
- d) Mengangkut cutting
- e) Stabilisasi lubang bor
- f) Melumasi dan mendinginkan matabor
- g) Mengendapkan cutting di bak fluida
- h) Sebagai media informasi lubang bor - geofisika
- i) Menahan cutting dalam lubang bor selama tidak sirkulasi
- j) Kontrol korosi peralatan/ *drill string*

Fluida pemboran mempunyai beberapa sifat, sifat utama fluida dalam pemboran adalah :

a) Densitas

Densitas diukur dengan menggunakan *mud balance* seperti dalam gambar 3.22. Penentuan dan pemeliharaan densitas cairan pemboran dimaksudkan untuk mencegah runtuhnya lubang bor, Densitas atau berat fluida bor mencegah masuknya air formasi kedalam lubang bor dan menjaga kemampuan membawa stek atau serbuk bor.

Untuk dapat menjaga stabilitas lubang bor, tekanan harus lebih besar dari tekanan pori airtanah (dan kemungkinan juga terdapat gas dalam formasi), minimum harus 5 psi (34,5 kPa).

Semakin dalam pemboran, semakin besar pula tekanan hidrostatis. Berat jenis fluida fluida bentonite sekitar 2,6 – 2,7. Untuk menambah densitas fluida fluida perlu ditambah additive misalnya barite dengan berat jenis antara 4,2 – 4,35, atau ilmenite dengan berat jenis 4,7. Sedangkan untuk fluida polimer ditambahkan garam dapur dan / atau kalsium klorida (CaCl) .

Karena banyak faktor yang mempengaruhi fluida pemboran, kadang kadang tidak semua fungsi dapat dipenuhi oleh fluida tersebut.

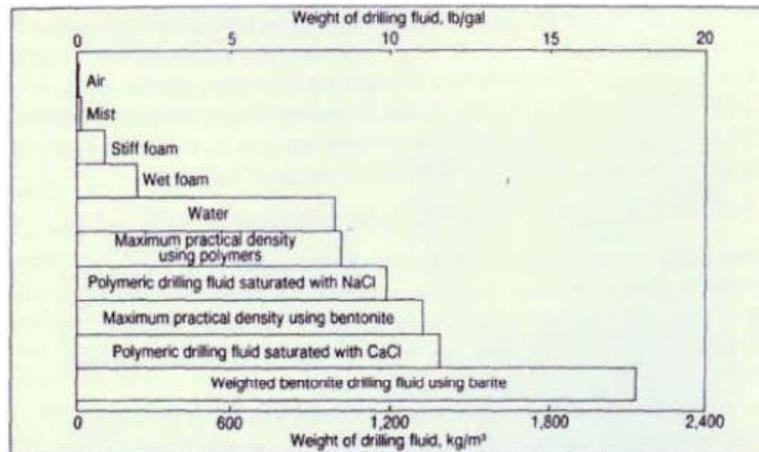
Pemboran kadang kadang menemukan akuifer tertekan dengan kondisi artesis dan *piezometric head* cukup tinggi sehingga fluida bentonite saja tidak cukup dan diperlukan tambahan pemberat fluida. Gambar 4.11. menunjukkan perbandingan berbagai macam fluida yang mempunyai berat berbeda- beda

b) Viskositas

Viskositas atau kekentalan fluida pemboran diukur dengan menggunakan Viscometer atau dilapangan menggunakan *Marsh Funnel*. Seperti dalam gambar 4.12

Dalam sirkulasi fluida pemboran, agar fluida dapat mengangkat cutting dari dasar lubang bor sampai ke kolam fluida, diperlukan sifat kekentalan fluida disamping kecepatan naik (*up hole velocity*). Kekentalan fluida itu sendiri tergantung banyak faktor yaitu :

- Kekentalan atau viskositas dasar fluida itu sendiri.
- Jumlah partikel atau material yang terkandung dalam fluida tersebut
- Densitas, ukuran dan bentuk partikel terkandung tersebut
- Potensi hidrasi tiap partikel



Gambar 4.12. Perbandingan berat jenis berbagai macam fluida

Viskositas fluida yang diukur dilapangan menggunakan *marsh funnel* adalah *apparent viscosity* atau viskositas semu, untuk standar nya, air bersih mempunyai visositas 26 detik pada suhu $21,1^{\circ}\text{C}$.

Satuan dari viskositas lapangan (*marsh funnel*) adalah detik. Cara mengukur dengan *marsh funnel* adalah sebagai berikut.

- Pegang corong pada bagian bawah sambil jari telunjuk menutup lubang bawah
- Ambil fluida yang akan diukur sebanyak satu liter dengan gayung
- Tuangkan fluida kedalam corong melewati saringannya
- Setelah fluida tertuang semua dari gayung siapkan stop watch atau jam
- Buka tutup jari agar fluida keluar dari corong bersamaan dengan itu hitung waktu yang diperlukan sampai fluida dalam corong telah habis keluar semua
- Lama waktu pengeluaran dalam detik tersebut adalah nilai viskositas lapangan dari fluida



Gambar 4.13. Viskometer laboratorium dan marsh funnel viscometer

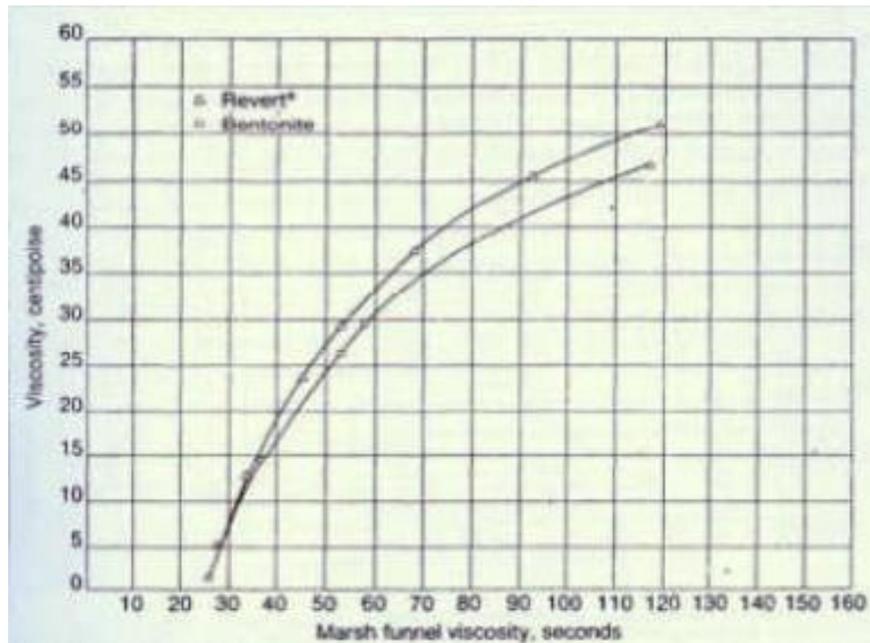
Tabel 4.2. Adalah viskositas yang diperlukan untuk dapat mengangkut tiap material, jadi seharusnya dalam mencampur atau membuat fluida pemboran, kekentalannya harus disesuaikan dengan material formasi yang akan di bor.

Tabel 4.1. Rekomendasi kekentalan untuk fluida Bentonite

Material Formasi	Viskositas Marsh Funnel (detik)
Pasir halus	35 – 45
Pasir sedang – pasir kasar	45 – 55
Pasir	55 – 65
Kerikil	65 – 75
Kerikil kasar	75 – 85

Dalam prakteknya, jika pemboran banyak menembus material lempung lama kelamaan viskositas biasanya semakin mengental. Jika pemboran menembus lapisan artesis, dan fluida tidak dapat membentuk *mud cake* pada dinding lubang bor, sehingga air formasi masuk ke lubang bor, maka fluida akan mencair, jika fluida pemboran terlalu cair, formasi atau lubang bor akan runtuh dan ada potensi *drill string* terjepit.

Bentonite sebagai bahan fluida pemboran banyak jenis dan kualitas yang ditawarkan, dari berbagai macam kualitas, jenis bentonite Wyoming yang paling bagus karena dalam jumlah berat yang sedikit sudah diperoleh kekentalan dan densitas yang tinggi, untuk jenis lain, dibutuhkan material dengan volume yang lebih banyak, sehingga boros. (gambar 4.14)

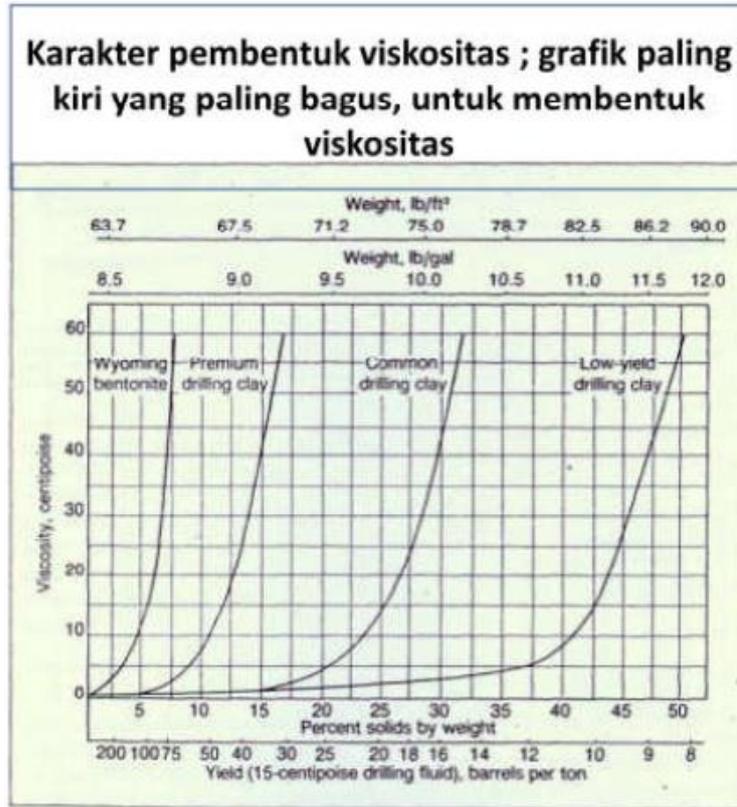


Gambar 4.14. Hubungan antara viskositas *Marsh Funnel* dalam detik dengan viskositas laboratorium dalam *centi poise* fluida bentonite dengan revert

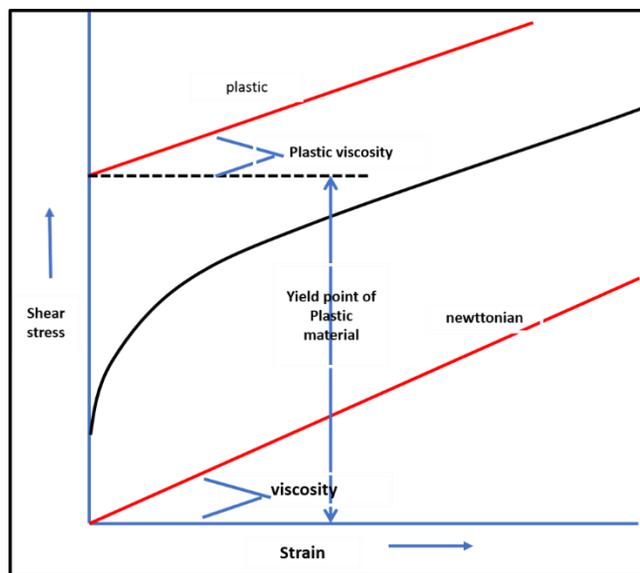
c) *Yield Point*

Partikel – partikel dalam fluida pemboran mempunyai sifat fisika saling tarik menarik karena muatan positif dan muatan negatif. Pengertian *yield point* adalah besaran gaya tarik menarik partikel tersebut. Besarnya kekuatan menyebabkan fluida mempunyai sifat “gel” pada kondisi fluida diam atau tidak bergerak. Untuk dapat bergerak diperlukan stres, sehingga untuk mengalirkan fluida agar mengangkut cutting atau melakukan tugas lainnya diperlukan stres yang dibangkitkan dari pompa fluida.

Dengan kata lain, *yield point* adalah tekanan yang dibutuhkan agar pompa mulai dapat menggerakkan fluida pemboran, namun *yield point* sendiri dikontrol oleh gaya gaya yang ada pada masing masing partikel dalam fluida. Fluida pemboran akan menjadi bersifat *fluid newtonian* jika *yield point* meningkat diluar batas *yield point*, hubungan stress dan strain kurang lebih konstan, Dalam gambar 4.15 menunjukkan viskositas tidak berubah dengan tambahnya *stress* sebelum *yield point* meningkat, viskositas berubah kontinyu sesuai dengan meningkatnya *stress*. *Stress* yang dibutuhkan untuk menimbulkan aliran diukur pada viskositas fluida.



Gambar 4.15. Hubungan densitas, prosentase berat dan viskositas yang dihasilkan dari berbagai jenis fluida



Gambar 4.16. Hubungan stress, strain dan yield point pada fluida pemboran

d) *Gel Strength*

Kekuatan gel (*gelstrength*) adalah besaran kemampuan fluida pemboran untuk mendukung partikel saat cairan diam tidak bergerak agar partikel tersebut tidak jatuh mengendap dan tetap melayang dalam fluida pemboran.

Struktur cairan gel pemboran dibuat dengan additif lempung, tiap keping partikel bermuatan positif dan negatif dan saling tarik menarik dengan partikel lainya dengan seimbang. Struktur demikian memberikan bentuk cair plastis (quasi padat) dengan kekuatan yang disebut kekuatan gel.

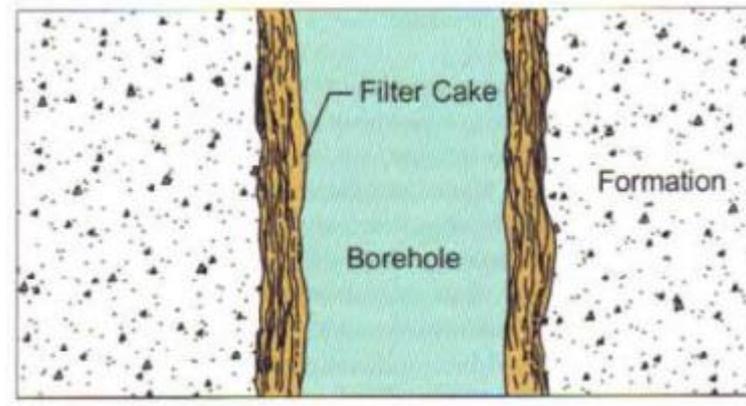
Jika dikenakan stres (agitasi) yang cukup pada fluida pemboran oleh pompa fluida gel akan memecah

e) *Fluid Loss Control*

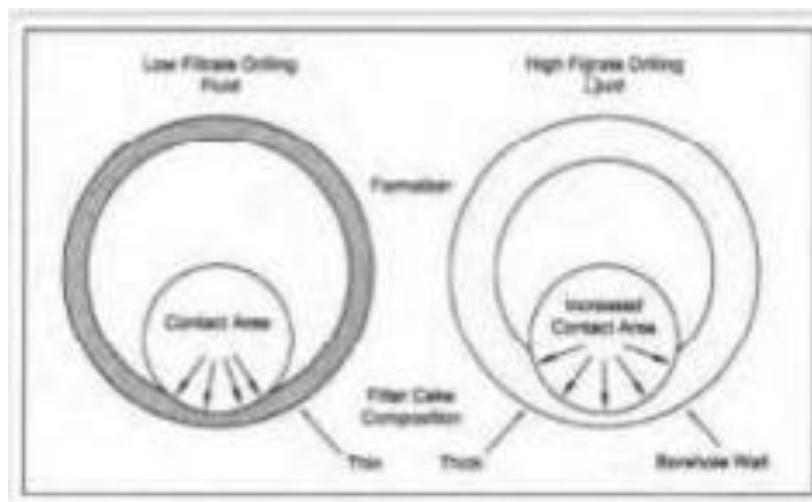
Pada saat pemboran sedang berjalan dan sirkulasi juga berjalan, tekanan hidrostatik akan mendorong fluida yang mengandung partikel serbuk bor (*cutting*) baik berupa fragmen maupun suspensi masuk ke dalam pori formasi batuan. Material suspensi dan fragmen yang didorong tersebut akan menyangkut dan tertinggal pada dinding lubang bor dan membentuk lapisan plastis yang disebut *mud cake* yang menyumbat pori formasi. Proses demikian disebut proses pembentukan filtrasi.

Kecepatan pembentukan filtrasi diukur dengan *filtration test*, yang biasa digunakan untuk test karakter kehilangan air pada kombinasi bentonit dengan zat pengental (*viscosifier*) misalnya Serbuk *Polyanionic cellulose*, *Carboxy Methyl Cellulose (CMC)* dan *PHP*.

Untuk test kemampuan filtrasi yang terbentuk pada dinding lubang bor guna menahan air agar tidak terjadi *lost circulation* digunakan alat *Filter press Apparatus*. Pembentukan *mud cake* pada dinding sumur sebaiknya tipis saja tetapi mampu menahan runtuh dan menahan air masuk kedalam formasi. *Mud cake* yang terlalu tebal justru menimbulkan masalah karena akan lengket pada pipa bor atau *drill string* sehingga mudah terkelupas, disamping itu, pada saat sumur selesai dibuat, proses *development* akan menjadi sulit dan sumur kurang produktif karena *mud cake* yang tebal susah dibersihkan dan masih menutup pori akuifer.



Gambar 4.17. Ilustrasi proses filtrasi, pebentukan *Mud Cake*



Gambar 4.18. *Mud cake* yang terlalu tebal akan mudah terkelupas karena persentuhan dengan pipabor (kanan)

f) Pelumasan (*Lubricity*)

Pelumasan (*lubricant*) mengurangi friksi drag atau gesekan peralatan atau torsi. Besarnya daya pelumasan diukur dengan alat *Lubricant tester*.

Peralatan yang perlu mendapat pelumasan diantaranya adalah matabor dan *drill string* yang berputar relatif tinggi. Sirkulasi fluida pemboran melalui *drill string* dan aliran naik dalam lubang sumur bor (*annular*) membantu mengurangi gesekan dan mendinginkan *drill string* tersebut.

Fluida pemboran juga harus mampu menyediakan pelumasan yang cukup untuk membantu pergerakan pipa bor.

Pelumas memiliki beberapa efek positif dan negatif pada sifat fluida yaitu akan mempengaruhi sifat rheologinya, kehilangan cairan, berkurangnya potensi busa pada foam, dan berkurangnya efek - efek kimia.

4.3. *Electric logging*

Logging geofisika dilakukan dengan menurunkan alat penginderaan kedalam lubang bor dan merekam parameter fisik yang dapat ditafsirkan dalam hal karakteristik formasi; kuantitas, kualitas, dan pergerakan air tanah; atau struktur fisik lubang bor.

Untuk pelaksanaan, diperlukan persiapan persiapan agar hasilnya cukup akurat dan selama pelaksanaan tidak ada gangguan.

Logging dilakukan setelah pemboran lubang pandu mencapai target kedalaman kemudian seluruh rangkaian pipa dan matabor (*drill string*) dicabut, kemudian lubang bor disirkulasi beberapa waktu untuk mengangkat semua sisa - sisa stek (*cutting*) hingga bersih, kemudian baru dilakukan *logging* satu atau dua kali rekam, setelah diperoleh hasil *logger* yang dinilai akurat, baru kemudian dilaksanakan pelebaran lubang bor (*reaming*) dengan membor ulang memakai diameter matabor yang lebih besar.

Pertama kali *elektrode logger* diturunkan, hasil rekamannya digunakan untuk menyetel *parameter logging* agar pada *run* berikutnya hasil rekamannya dapat dibaca dengan baik dan jelas.

Pada saat sirkulasi berhenti atau rangkaian pipa dan matabor dicabut dan dilakukan *logging*, kondisi fluida dalam sumur maupun dalam bak tanndon fluida (*mud pit*) harus tetap dijaga ketinggian fluida dalam lubang sumur terutama, tidak boleh fluida berkurang atau hilang, jika terjadi, maka harus ditambah dengan dibuatkan fluida secepatnya.

Setelah pemboran lubang pandu (*pilot hole*) selesai sesuai target pemboran, maka harus dilakukan *flushing* yaitu dengan sirkulasi tanpa henti sampai seluruh sisa-sisa *cutting* yang masih melayang dalam fluida pemboran dalam sumur dibersihkan semua. Jika diyakini lubang bor sudah bersih, kemudian fluida sedikit diencerkan dan sirkulasi tetap dilanjutkan beberapa saat agar kekentalan fluida merata.

Sirkulasi ini juga diharapkan dapat membentuk *mud cake*, tetapi tidak terlalu tebal, dengan kondisi fluida yang agak encer diharapkan *probe* atau elektrode peralatan *logger* dapat dimasukkan dalam sumur tanpa hambatan, jika fluida terlalu pekat atau kental atau masih banyak sisa stek dalam lubang bor, ada kemungkinan peralatan *logger* atau *elektrode* yang akan dimasukkan dalam sumur akan mengapung atau tidak dapat masuk, karena menyangkut dan tidak sampai ke kedalaman seluruhnya.

Kondisi sekitar lubang bor juga harus diperhatikan, apakah ada instalasi besi atau logam dan kabel dibawah tanah, apakah ada sumur dalam dengan konstruksi logam disekitarnya, karena kondisi ini akan mempengaruhi hasil *electric logging*.

Berbagai macam teknik *logging* diajikan dalam Tabel 4.3 yang berisi daftar jenis informasi yang dapat diperoleh dari berbagai teknik *logging* yang dijelaskan dalam bab ini.

Logging geofisika memberikan catatan menerus tentang kondisi bawah permukaan yang dapat dikorelasikan dari satu sumur ke sumur lainnya. Mereka berfungsi sebagai suplemen data berharga bagi *log geologis*. Data dari log geofisika dapat didigitalkan, disimpan dalam pita magnetik, atau dikirim melalui radio atau telepon untuk ditafsirkan. Tampilan grafik dari data log memungkinkan interpretasi visual yang cepat dan perbandingan di lapangan sehingga keputusan mengenai penyelesaian desain konstruksi dan pengujian sumur dapat segera dibuat.

Penerapan *logging* geofisika untuk hidrologi air tanah jauh tertinggal dari penggunaannya yang sebanding dalam eksplorasi minyak bumi. Diragukan jika lebih dari beberapa persen sumur air baru yang dibor setiap tahun dilogging oleh peralatan geofisika. Alasan utama untuk ini adalah biaya. Sebagian besar sumur air dangkal, lubang berdiameter kecil untuk pasokan air rumah tangga jika dilakukan *logging* biayanya akan relatif besar dan kemudian biasanya tidak perlu.

Tetapi untuk sumur yang lebih dalam dan lebih mahal, seperti untuk keperluan kota, irigasi, atau injeksi, logging dapat dibenarkan secara ekonomi dalam hal peningkatan konstruksi dan kinerja sumur.

Tabel 4.2. Ringkasan aplikasi logging untuk hidrologi airtanah (*Key dan MacCray*)

Required information	Possible logging techniques
Lithology and stratigraphic correlation of aquifers and associated rocks	Resistivity, sonic, or caliper logs made in open holes; radiation logs made in open or cased holes
Total porosity or bulk density	Calibrated sonic logs in open holes; calibrated neutron or gamma-gamma logs in open or cased holes
Effective porosity or true resistivity	Calibrated long-normal resistivity logs
Clay or shale content	Natural gamma logs
Permeability	Under some conditions, long-normal resistivity logs
Secondary permeability—fractures, solution openings	Caliper, sonic, or television logs
Specific yield of unconfined aquifers	Calibrated neutron logs
Grain size	Possible relation to formation factor derived from resistivity logs
Location of water level or saturated zones	Resistivity, temperature, or fluid conductivity logs; neutron or gamma-gamma logs in open or cased holes
Moisture content	Calibrated neutron logs
Infiltration	Time-interval neutron logs
Dispersion, dilution, and movement of waste	Fluid conductivity or temperature logs; natural gamma logs for some radioactive wastes
Source and movement of water in a well	Fluid velocity or temperature logs
Chemical and physical characteristics of water, including salinity, temperature, density and viscosity	Calibrated fluid conductivity or temperature logs; resistivity logs
Construction of existing wells, diameter and position of casing, perforations, screens	Gamma-gamma, caliper, casing, or television logs
Guide to screen setting	All logs providing data on the lithology, water-bearing characteristics, and correlation and thickness of aquifers
Cementing	Caliper, temperature, or gamma-gamma logs; acoustic logs for cement bond
Casing corrosion	Under some conditions, caliper, casing, or television logs
Casing leaks and/or plugged screen	Fluid velocity logs

Hambatan lain untuk *logging* geofisika adalah kurangnya pengalaman di antara para pembor, insinyur, dan ahli geologi dalam penafsiran logging. Ketika teknik logging menjadi lebih canggih, data yang mereka hasilkan menjadi lebih kompleks. Interpretasi log kebanyakan lebih merupakan seni daripada *sains*; *respons logging* juga dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan, sehingga analisis kuantitatif menjadi sulit.

Secara umum, hasil terbaik akan diperoleh jika ditambah dengan pengalaman dan informasi hidrogeologis.

4.3.1. Metode *Resistivity Logging*

Sumur yang tidak dilengkapi casing (*open hole*), dilakukan logging dengan menurunkan elektroda arus dan potensial untuk mengukur resistivitas listrik dari media sekitarnya dan untuk mendapatkan jejak variasinya terhadap kedalaman. Hasilnya adalah log resistivitas (atau log listrik). Log tersebut dipengaruhi oleh faktor faktor fluida dalam sumur, diameter sumur, karakter perlapisan batuan sekitarnya, dan oleh air tanahnya sendiri.

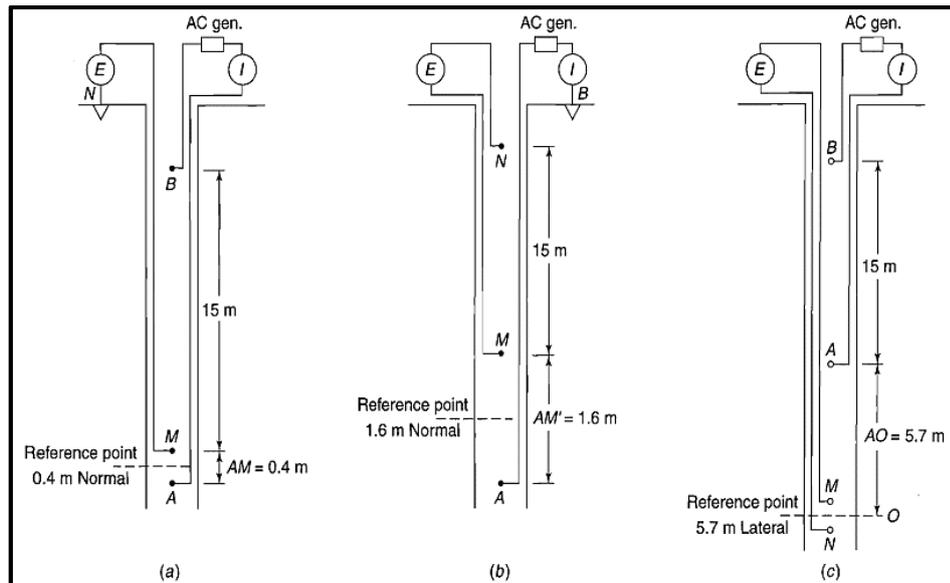
Pengukuran resistivitas bawah tanah, yang paling mungkin dilakukan adalah dengan metode multielektroda, karena memungkinkan untuk meminimalkan efek cairan pemboran dan diameter sumur, juga memungkinkan perbandingan langsung dari beberapa kurva resistivitas yang tercatat.

Pada sensor atau *probe* yang diturunkan dalam sumur terdapat empat elektroda, dua untuk memancarkan arus dan dua untuk mengukur potensial. Rekaman kurva yang dihasilkan disebut normal atau lateral, tergantung pengaturan elektroda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.18. Dalam pengaturan normal, jarak efektif dianggap sebagai jarak AM, dan kurva yang direkam disebut sebagai jarak AM.

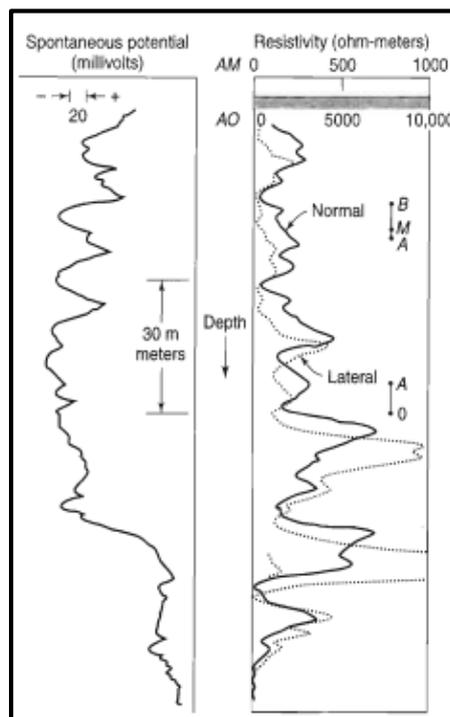
Kurva *long normal* (AM') dicatat berdasarkan pengaturan elektroda yang sama seperti normal tetapi dengan jarak AM lebih besar (Gambar 4.18). Spasi untuk kurva lateral (AO) diambil sebagai jarak AO, diukur antara A dan titik tengah antara elektroda M dan N (Gambar 4.18.c).

Batas-batas formasi yang memiliki resistivitas berbeda terletak paling mudah direkam dengan jarak elektroda yang pendek, sedangkan informasi tentang fluida dalam formasi tebal yang permeabel paling baik diperoleh dengan jarak yang panjang.

Log listrik suatu sumur biasanya terdiri dari lintasan vertikal yang merekam log normal pendek dan panjang, log lateral, dan kurva log potensial spontan (dijelaskan berikutnya). Ilustrasi hasil log listrik diberikan pada Gambar 4.19 Interpretasi akurat dari log resistivitas sulit, memerlukan analisis yang cermat, dan paling baik dilakukan oleh spesialis.



Gambar 4.19. Tipikal susunan elektroda dan jarak *standart log resistivity* (a) *Short normal*; (b) *Long normal* (c) *Lateral* (menurut Keys dan MacCray)



Gambar 4.20. Contoh Log SP (*spontaneous Poential*) dan Resistivity Suatu sumur (*Schumberger Well Surveying. Corp*)

Kurva resistivitas menunjukkan litologi pelapisan batuan yang ditembus oleh sumur dan memungkinkan air tawar dan garam dibedakan dalam material di sekitarnya.

Pada sumur tua, lokasi selubung yang tepat dapat ditentukan. Log resistivitas dapat digunakan untuk menentukan resistivitas spesifik per lapisan, atau mereka dapat mengindikasikan perubahan kualitatif yang penting.

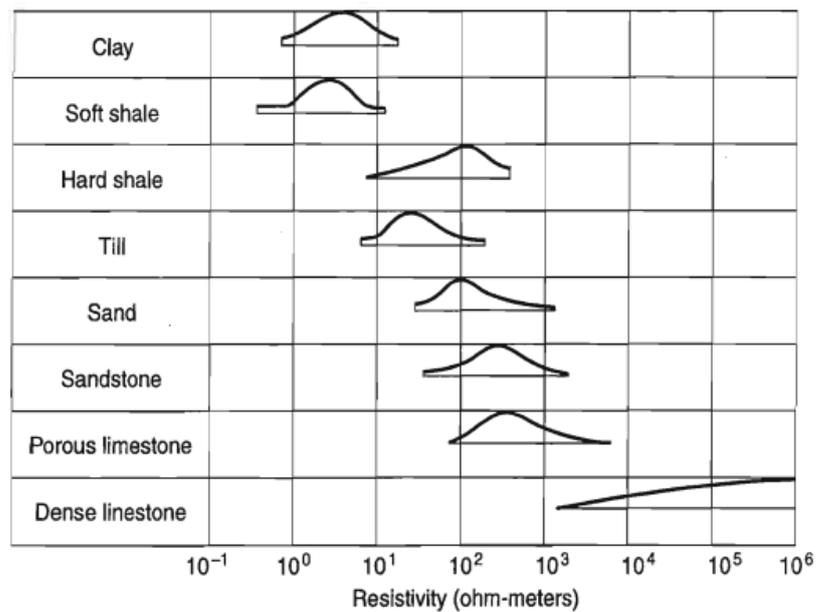
Seperti disebutkan dalam bab sebelumnya, resistivitas akuifer yang tidak terkonsolidasi dikendalikan terutama oleh porositas, pengepakan atau tekstur, resistivitas air, derajat kejenuhan, dan suhu. Meskipun nilai resistivitas spesifik tidak dapat dinyatakan untuk akuifer yang berbeda, secara relatif, serpih, lempung, dan pasir air asin memberikan nilai yang rendah; pasir air tawar nilai sedang sampai tinggi; dan batu pasir yang tersementasi dan batugamping nonporus bernilai tinggi. Dalam gambar 4.20. asumsi nilai keberadaan air tanah segar; nilainya makin ke kiri bersifat makin asin atau bergaram.

Casing dan benda logam akan menunjukkan resistivitas yang sangat rendah. Korelasi sampel batuan, yang diambil dari sumur selama pemboran, dengan kurva resistivitas memberikan dasar yang kuat untuk interpretasi kurva yang diukur di sumur terdekat walaupun tanpa sampel yang tersedia.

Tahanan air tanah tergantung pada konsentrasi ionik dan mobilitas ionik larutan garam. Mobilitas ini terkait dengan berat molekul dan muatan listrik, sehingga ada perbedaan untuk berbagai senyawa. Misalnya, mobilitas ion larutan natrium klorida beberapa kali lipat dari larutan kalsium karbonat yang sebanding.

Ketika suhu air tanah meningkat, ia memiliki mobilitas ionik yang lebih besar, terkait dengan penurunan viskositas. Oleh karena itu, ada hubungan terbalik antara resistivitas dan suhu.

Salah satu penggunaan paling umum dari log listrik adalah untuk menentukan tempat yang tepat untuk mengatur saringan (*screen*) dengan baik. Hasil log menjadi dasar untuk menentukan panjang saringan yang tepat dan untuk mengaturnya di seberang formasi yang mengandung air terbaik. Karena aplikasi ini, banyak pembor sumur memiliki "alat *logger*" mereka sendiri untuk tujuan ini.



Gambar 4.21. Rentang resistivitas listrik berbagai sedimen dan batuan. (Amer. Soc. Civil Engrs)

4.3.2. Metode *Spontaneous Potential Logging*

Metode *potensial spontan* mengukur potensi listrik alami yang ditemukan di dalam bumi. Pengukuran, biasanya dalam milivolt, diperoleh dari rekaman potensiometer yang terhubung dengan dua elektroda yang serupa. Satu elektroda diturunkan dalam sumur yang tidak di pasang casing dan yang lainnya terhubung ke permukaan tanah, seperti yang diilustrasikan oleh elektroda M dan N pada Gambar 4.18. Potensial utamanya dihasilkan oleh sel-sel elektrokimia yang dibentuk oleh perbedaan konduktivitas listrik dari fluida pemboran dan air tanah, di mana batas zona permeabel terpotong oleh lubang bor.

Beberapa kasus, efek elektrokinetik dari fluida yang bergerak melalui formasi permeabel juga menimbulkan potensi spontan. Oleh karena itu, log potensial menunjukkan zona permeabel tetapi tidak secara absolut, mereka juga dapat membantu dalam menentukan panjang *casing*, dan memperkirakan total padatan terlarut (TDS) dalam air tanah. Pada tempat tempat tidak ada perbedaan yang tajam di zona permeabel, seperti yang sering terjadi pada formasi aluvial dangkal, log potensial kurang tajam dan hanya berkontribusi sedikit.

Di daerah perkotaan dan industri, dapat terjadi arus bumi palsu yang dapat bersumber dari jalur SUTET, kereta api listrik, kabel listrik, telepon bawah tanah dan pipa pipa PDAM atau gas, dapat mengganggu potensi logging. Hujan deras dan badai petir kadang kadang dapat juga mengganggu hasil logging ini.

Nilai potensi berkisar dari nol hingga beberapa ratus milivolt. Dengan konvensi, log potensial dibaca dalam hal defleksi positif dan negatif dari *baseline* yang acak, biasanya terkait dengan formasi impermeabel yang cukup tebal.

Potensi spontan yang dihasilkan dari potensi elektrokimia dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$SP = -(64.3 + 0.239T) \log \frac{\rho_f}{\rho_w}$$

di mana ρ_f adalah resistivitas fluida pemboran dalam ohm-m, ρ_w adalah resistivitas air tanah dalam ohm-m, dan T adalah suhu lubang bor dalam ° C. Oleh karena itu, untuk SP, ρ_f dan nilai T yang diukur, resistivitas sehingga salinitas air tanah dapat ditentukan. Perlu dicatat, bagaimanapun, bahwa formula hanya berlaku jika air tanah sangat asin, NaCl adalah garam yang paling dominan, dan fluida pemboran tidak mengandung aditif yang tidak biasa.

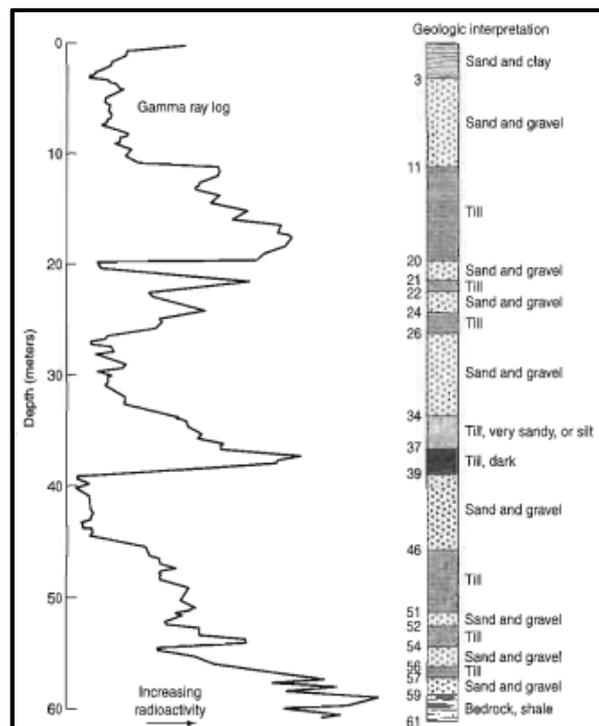
Dalam praktiknya, log potensial dan resistivitas biasanya dicatat bersama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.19. Kedua log sering menunjukkan kondisi bawah permukaan yang sama. dengan demikian saling melengkapi..

4.3.3. Metode *Radiation logging*

Radiation logging, juga dikenal sebagai logging nuklir atau radioaktif, melibatkan pengukuran partikel fundamental yang dipancarkan dari isotop radioaktif yang tidak stabil. Log yang berlaku untuk air tanah adalah gamma alami, gamma-gamma, dan neutron. Keuntungan penting dari log-log ini di atas sebagian besar log lainnya, yaitu bahwa log ini dapat direkam dalam lubang sumur yang dipasang casing atau terbuka yang dipasang casing dan terisi dengan cairan apa pun.

a) Metode Natural - *Gamma Logging*

Karena semua batuan memancarkan radiasi gamma alami, rekamannya merupakan log gamma alami. Radiasi berasal dari isotop potassium, uranium, dan thorium yang tidak stabil. Secara umum, aktivitas gamma alami dari formasi lempung secara signifikan lebih tinggi daripada pasir kuarsa dan batuan karbonat. Aplikasi yang paling penting untuk hidrologi air tanah adalah identifikasi litologi, khususnya sedimen lempung atau serpih, yang memiliki intensitas gamma tertinggi.



Gambar 4.22. Log Natural Gamma dari suatu sumur uji
(USGS Water Supply Paper 1808)

Karena sebagian besar sinar gamma yang terdeteksi berasal dari jarak 15-30 cm dari dinding lubang bor, log yang dijalankan sebelum dan sesudah *development* sumur dapat mengungkapkan zona di mana lempung dan material berbutir halus terdapat.

Dimensi lubang bor dan casing, dan kerikil penyaring (*gravel pack*) semuanya memberikan pengaruh kecil pada pengukuran probe gamma. Gambar 4.21 menunjukkan log gamma alami dari lubang uji dalam sedimen yang tidak terkonsolidasi bersama dengan interpretasi geologisnya.

b) Metode Gamma-*Gamma Logging*

Radiasi gamma dipancarkan dari sumber *probe logger* dan telah direkam, setelah tersebar, kembali dan dilemahkan didalam lubang bor serta pembentukan pada formasi disekitarnya merupakan log gamma-gamma.

Probe sumber umumnya mengandung cobalt-60 atau cesium-137, yang dilindungi dari detektor natrium yodida yang dibuat atau dihasilkan dalam probe. Aplikasi utama log gamma-gamma adalah untuk identifikasi litologi dan pengukuran densitas dan porositas batuan. Porositas α dapat ditentukan dengan.

$$\alpha = \frac{\rho_G - \rho_B}{\rho_G - \rho_F}$$

di mana ρ_G adalah kerapatan butir (diperoleh dari stek atau inti), ρ_B adalah kerapatan ruah (diukur dari log yang dikalibrasi), dan ρ_F adalah kerapatan fluida. Juga, dalam formasi geologi yang sama, dimungkinkan untuk memperoleh hasil spesifik dari perbedaan kepadatan curah yang diukur di atas dan di bawah permukaan air. Akhirnya, *log gamma gamma* dapat membantu menemukan *casing, collar, grout*, dan zona pembesaran lubang. Seperti halnya log-gamma alami, kondisi lubang bor dan fluida memengaruhi pembacaan.

4.4. Desain dan Instalasi Konstruksi

4.4.1. Desain sumur

Setelah sumur selesai dilakukan *logging*, maka langkah selanjutnya adalah pemboran dilanjutkan dengan *reaming*, selama sumur di lebarkan dengan proses *reaming*, maka *engineer* atau desainer mengumpulkan data catatan log pemboran yaitu catatan kecepatan penetrasi pemboran lubang pandu setiap meternya, data deskripsi sampel batuan atau deskripsi serbuk bor (*cutting*), dan data hasil rekaman *logger* untuk disandingkan dan dievaluasi.

Evaluasi meliputi keakuratan deskripsi sampel batuan yang dipertimbangkan dengan kecepatan penetrasi dan karakter grafis logger, baik resistivitas, potensial maupun sinar gamma (jika ada). Disamping itu akurasi kedalaman dipastikan juga dengan ketiga macam data tersebut.

Perlu diingat bahwa interpretasi log kebanyakan lebih merupakan seni daripada sains; respons logging juga dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan, sehingga analisis kuantitatif menjadi sulit.

Secara umum, hasil terbaik akan diperoleh jika ditambah dengan pengalaman dan informasi hidrogeologis. Tujuan mendesain sumur adalah untuk menghasilkan kombinasi umur panjang, kinerja dan efektivitas biaya. Desain yang tepat mengurangi risiko kegagalan sumur, dan dengan demikian memberikan jaminan yang lebih besar bahwa sumur akan memenuhi tujuan yang dimaksud.

Dengan demikian tujuan utama dapat diringkas sebagai berikut :

- a) Untuk mendapatkan hasil desain dengan *drawdown* minimum yang konsisten dengan kemampuan akuifer dan optimalisasi ekonomi sumur;
- b) Air berkualitas baik dengan perlindungan yang layak dari kontaminasi;
- c) Air yang bebas padatan ;
- d) Sumur dengan umur panjang (lebih dari 25 tahun);
- e) Biaya modal dan operasional yang masuk akal.

Sedangkan hal hal yang harus menjadi pertimbangan dalam mendesain sumur selain berbahan data sumur atau pemboran tersebut, data dan tujuan lain harus menjadi acuan diantaranya adalah ;

- a) Lokasi sumur;
- b) Metode pemboran;
- c) Pemilihan bahan konstruksi yang sesuai, termasuk spesifikasi pompa;
- d) Faktor dimensi sumur bor dan struktur sumur;
- e) Logging geologis dan geofisika, pengambilan sampel kualitas air, dan pemompaan uji dapat dilakukan dengan cara yang memuaskan;
- f) Debit pemompaan sumur harus memenuhi permintaan air;
- g) Bagian aliran masuk sumur harus dirancang berhadapan dengan formasi geologi yang permeabel;
- h) Desain sumur harus sedemikian rupa sehingga polutan dari permukaan tanah atau sumber lainnya tidak dapat masuk ke dalam sumur;
- i) Bahan yang digunakan dalam sumur harus tahan terhadap korosi dan memiliki kekuatan yang cukup untuk mencegah keruntuhan
- j) Desain sumur harus didasarkan pada instalasi dan biaya operasional yang rendah tetapi tanpa mempengaruhi kinerja sumur.

Di bidang hidrologi airtanah, perhatian utama telah dicurahkan untuk *development* dan penerapan hidrolika akifer, tetapi sayangnya, jauh lebih sedikit pertimbangan diberikan pada struktur sumur itu sendiri. Meskipun upaya yang substansial dapat dilakukan untuk pengujian akuifer dan perhitungan untuk mengukur penyadapan air tanah, keberhasilan operasi sistem mungkin tidak akan tercapai jika sumur tidak dirancang dengan baik.

Dalam banyak kasus, proyek hidrogeologi atau kontraktor hanya memiliki pengetahuan sebatas tentang kriteria kecepatan masuk (*entrance velocity*) saringan, dan kerikil penyaring (*gravel pack*) buatan sering dirancang semata-mata berdasarkan sumur lain yang sebelumnya dipasang di daerah tersebut. Kurangnya perhatian terhadap desain yang tepat dapat menghasilkan sumur yang tidak efisien, yang sering kali membutuhkan pembersihan dan pembangunan kembali, yang pada akhirnya memiliki kegunaan terbatas saja.

Sumur air adalah lubang, biasanya vertikal, digali di bumi untuk mengambil air tanah ke permukaan. Kadang-kadang sumur melayani tujuan lain, seperti untuk eksplorasi dan pengamatan bawah permukaan, imbuhan buatan, dan pembuangan air limbah. Ada banyak metode untuk membangun sumur; pemilihan metode tertentu tergantung pada tujuan sumur, jumlah air yang dibutuhkan, kedalaman air tanah, kondisi geologi, dan faktor ekonomi. Perhatian terhadap desain yang tepat akan memastikan sumur yang efisien dan berumur panjang.

4.4.2. Langkah Merancang Sumur

Langkah-langkah berikut harus diikuti untuk mendesain sumur:

- a) Tentukan hasil yang dibutuhkan;
- b) Identifikasi formasi dengan potensi untuk mendukung hasilnya;
- c) Identifikasi metode pemboran;
- d) Identifikasi jenis akuifer;
- e) Tentukan kedalaman lubang bor;
- f) Tentukan diameter sumur minimum;
- g) Tentukan debit maksimum *vs drawdown*;
 - 1) Jika $Q > \text{hasil}$, maka kurangi diameter sumur.
 - 2) Jika $Q < \text{hasil}$, buat sumur bor lain (diskusikan masalah ini secara finansial !!!)
- h) Tentukan dimensi ruang pompa;

- i) Tentukan karakteristik saringan dan filter.
- j) Tentukan karakteristik pompa termasuk jenis dan laju pemompaan

4.4.3. Informasi yang Diperlukan untuk Desain Sumur

Informasi yang diperlukan sebelum desain dapat diselesaikan termasuk:

- a) Lokasi akuifer atau Cekungan Air Tanah (CAT)
 - 1) kedalaman ke lapisan air, dan
 - 2) ketebalan strata (ketebalan akuifer).
- b) Sifat akifer:
 - 1) bahan terkonsolidasi atau tidak dikonsolidasi,
 - 2) batuan keras atau gembur,
 - 3) tertekan atau tidak tertekan,
 - 4) akuifer bocor atau dengan hasil tertunda (*delayed yield*), dll.
- c) Parameter akuifer:
 - 1) konduktivitas hidrolis,
 - 2) transmisivitas,
 - 3) storativitas,
 - 4) ukuran butir,
- d) Lokasi batas akuifer; atau batas CAT
- e) Karakteristik imbuhan ulang akuifer;
- f) Sifat formasi di atas akuifer;

Kebutuhan untuk tipe data ini adalah:

- a) untuk menetapkan di mana bagian asupan sumur harus berada;
- b) untuk merancang jenis casing sumur yang diperlukan untuk memastikan bahwa lubang bor tetap stabil dan tidak runtuh;
- c) untuk memungkinkan perhitungan kemungkinan drawdown di sumur, dan karenanya ditentukan lokasi intake pompa. Ini pada gilirannya mengontrol diameter dan panjang casing sumur atas (jambang pompa).

4.4.4. Struktur Sumur

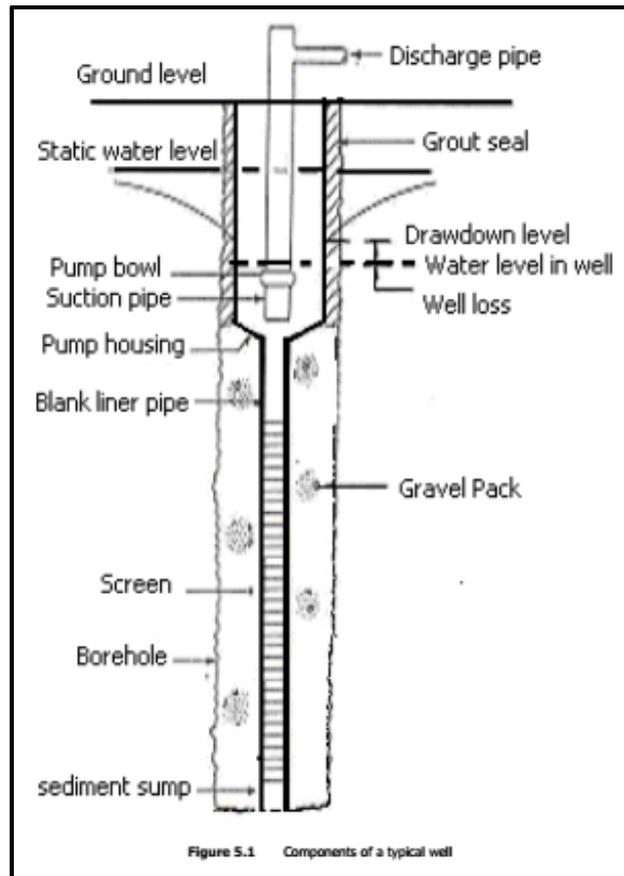
Elemen utama untuk struktur sumur adalah tempat pompa dan saringan sumur di zona intake di mana air memasuki sumur. Komponen (Gambar 4.22) yang perlu ditentukan dalam sumur yang dirancang dengan baik meliputi:

- a) Casing Atas Sumur atau *Pump Casing* dan Rumah Pompa (mencegah lubang runtuh, menjaga lubang bor dan saluran terbuka).

Perlu dirancang spesifikasi panjang *pump casing*, Bahan *pump casing*, dan ketebalan *pump casing*. Perhitungkan juga selisih diameter *pump casing* dengan pompa yang akan dipasang atau pipa hantar atau pipa hisap pompanya. Selisih diameter yang terlalu sempit, lebih lebih jika kondisi instalasi tidak tegak lurus, ada kemungkinan ujung bawah pompa atau pipa hisap pompa akan menyentuh casing, sedangkan pompa yang beroperasi akan menimbulkan getaran, jika menempel dan bergetar terus, maka ada kemungkinan *pump casing* tidak lama akan pecah.

- b) Saringan Sumur (*screen*) memungkinkan air, tetapi bukan material akuifer (lanau, pasir, kerikil), masuk ke sumur yang memungkinkan dilakukan *development* dan / atau rehabilitasi sumur, dan secara struktural mendukung sumur tersebut dalam material formasi lepas.

Perhatian pemilihan saringan (*screen*) harus difokuskan pada lokasi atau tempatnya di dalam sumur, kedalaman berapa sampai berapa meter, membutuhkan panjang berapa meter dengan diameter berapa inci. Jenis celah (*slot*) harus sudah ditentukan, apakah celah buatan sendiri (*hand cut sloted*) atau celah pabrikan, jenis lubang celah, celah kontinyu (*wire wound continuous sloted*) atau model jembatan (*bridge sloted*).



Gambar 4.23. Tipikal konstruksi sumur

Berapa dimensi celah yang akan dipakai, pertimbangkan dengan kondisi akuifer dan kerikil penyaring (*gravel pack*). Hitung luas bukaan berapa persen untuk kemudian menghitung kecepatan masuk (*entrance velocity*).

Pilihan saringan juga harus menetapkan bahan dan spesifikasi bahannya, ketebalannya dan kekuatannya, apakah bahan dari plastik, fibreglass, Baja tahan karat (*stainless steel*) atau BMS (*Black mild steel*) atau *Low carbon steel*. Pelajari spesifikasi tersebut sesuaikan dengan kualitas air ditempat tersebut dan kemampuan daya dukung dalam sumur.

- c) Kerikil penyaring (*gravel pack*) harus memperhatikan jenis bahan, ukuran butir dan gradasinya.

4.5. Jambang Pompa

4.5.1. Panjang Casing

Panjang pipa jambang pompa (*pump casing*) dikontrol oleh persyaratan pompa. Pompa biasanya perlu tetap terendam, dengan perendaman minimum yang direkomendasikan oleh pabrikan.

Permukaan air waktu operasi dalam sumur dapat dihitung sebagai jarak di bawah permukaan tanah dari muka piezometrik statis (H) dikurangi drawdown yang diantisipasi pada sumur (sw) dikurangi margin keselamatan (SF).

Drawdown sumur (sw) yang diantisipasi biasanya dihitung untuk kondisi sudah mencapai tunak, sebagai fungsi dari debit desain sumur dan transmisivitas akuifer (atau produk dari panjang saringan dan permeabilitas akuifer).

Safety margin (SF) harus mencakup untuk:

- a) Variasi dalam transmisivitas akuifer karena heterogenitas akuifer;
- b) Penurunan kualitas;
- c) Kehilangan energi sumur (timbul dari aliran melalui saringan dan kerikil penyaring);
- d) Kemungkinan di masa depan untuk gangguan sumur, penurunan permukaan air statis musiman atau tahunan, dll .;

Jadi, panjang casing atas menjadi;

$$L = H + Sw + SF + PR \quad (5.1)$$

Dimana,

L panjang casing atas (m)

Kedalaman H hingga level air statis (m bgl)

Sw mengantisipasi *drawdown* (m)

SF Safety margin (faktor keamanan m)

Persyaratan Pompa PR yang meliputi:

- a) Pompa selam ke saluran masuk impeler; plus
- b) Panjang pompa di bawah titik ini; plus
- c) Izin pabrik yang direkomendasikan di bawah titik ini;

Konsekuensi dari membuat ketentuan yang tidak memadai untuk muka air pompa yang lebih rendah daripada yang diantisipasi dengan memiliki casing atas yang terlalu pendek adalah serius, karena, pasti terjadi pengurangan debit, atau sumur harus dibor ulang.

Kadang-kadang casing sumur atas diperpanjang ke bagian atas akuifer, tetapi biaya ini sering kali tambah mahal.

4.5.2. Diameter

Diameter casing sumur atas yang diperlukan adalah yang diperlukan untuk mengakomodasi pompa, dengan sedikit ruang untuk pembersihan di sekitar unit. Produsen pompa akan merekomendasikan casing "minimum" (Tabel 4.4).

Diameternya harus cukup besar agar pompa menjadi pas dan nyaman, memungkinkan non-vertikalitas lubang bor. Rekomendasinya minimal diameter dilebih besarkan dari diameter pompa nominal 100 mm. Secara umum, kecepatan vertikal dalam casing sumur harus kurang dari 1,5-2 m / detik untuk meminimalkan kerugian sumur (*well loose*).

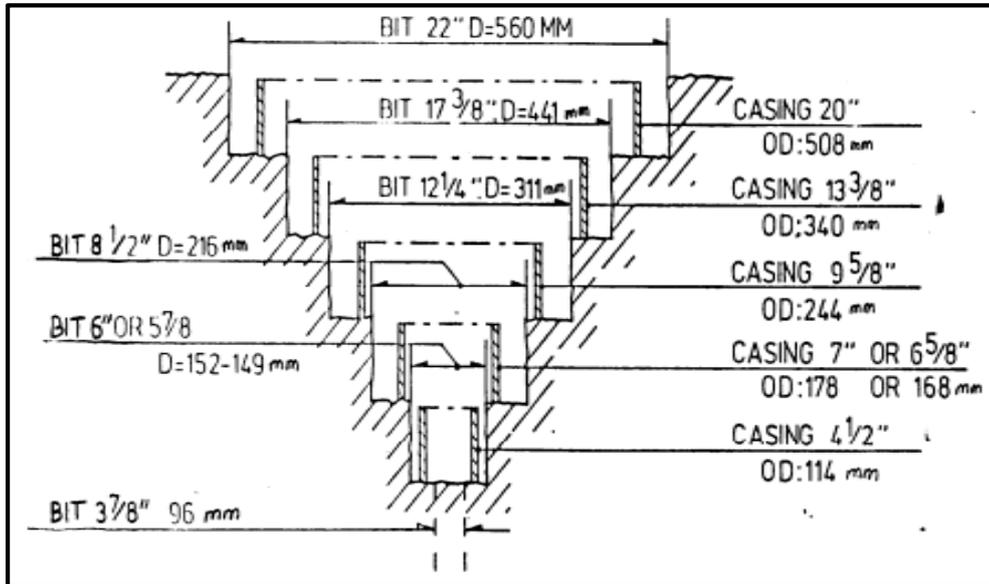
Tabel 4.3. Rekomendasi diameter jambang untuk berbagai debit (Driscoll,1989)

Anticipated Well Yield m ³ /day	Nominal Size of Pump Bowls		Optimum Size of Well Casing		Smallest Size of Well Casing	
	in	mm	in	mm	in	mm
Less than 545	4	102	6 ID	152 ID	5 ID	127 ID
409 - 954	5	127	8 ID	203 ID	6 ID	152 ID
818 - 1,910	6	152	10 ID	254 ID	8 ID	203 ID
1,640 - 3,820	8	203	12 ID	305 ID	10 ID	245 ID
2,730 - 5,450	10	254	14 OD	356 OD	12 ID	305 ID
4,360 - 9,810	12	305	16 OD	406 OD	14 OD	356 OD
6,540 - 16,400	14	356	20 OD	508 OD	16 OD	406 OD
10,900 - 20,700	16	406	24 OD	610 OD	20 OD	508 OD
16,400 - 32,700	18	508	30 OD	762 OD	24 OD	610 OD

Harus disadari bahwa untuk informasi pompa tertentu, insinyur desain sumur harus menghubungi pemasok pompa, memberikan hasil yang diantisipasi, kondisi head, dan pompa yang diperlukan.

Ukuran casing sumur didasarkan pada diameter luar mangkuk pompa turbin vertikal, dan pada diameter mangkuk pompa atau motor untuk pompa selam. (*bowl pump*)

Selain itu, diameter casing juga didasarkan pada ukuran bit yang digunakan dalam pemboran lubang bor. Gambar : 4.23 menunjukkan hubungan antara lubang dan diameter casing.



Gambar 4.24. Casing diameter dan lubang bor

4.6. Saringan Sumur dan Casing Sumur Bawah

Casing dan saringan sumur bawah digunakan:

- Untuk memberikan dukungan formasi (mencegah keruntuhan sumur)
- Untuk mencegah masuknya material akuifer halus ke dalam sumur
- Untuk memudahkan pemasangan atau pelepasan casing lainnya
- Untuk membantu menempatkan sekat sanitasi
- Untuk berfungsi sebagai reservoir untuk kerikil penyaring

Untuk desain saringan yang baik perlu untuk mempertimbangkan hal-hal berikut:

- Kecepatan masuk (*entrance velocity*) minimum
- Bukaan Saringan (*open area*) maksimum
- Desain celah (*slot*) yang benar agar pas sesuai dengan material akuifer atau kerikil penyaring.
- Perawatan berkala
- Pemilihan material saringan untuk ketahanan terhadap korosi

4.6.1. Panjang dan Lokasi Saringan

Panjang optimal saringan sumur untuk sumur tertentu didasarkan pada ketebalan akuifer, *drawdown* yang tersedia, stratifikasi di dalam akuifer, dan jika akuifer tidak tertekan atau tertekan.

Kriteria dalam menentukan panjang saringan untuk sumur akifer homogen dan heterogen, tertekan dan akuifer bebas dijelaskan dalam bagian berikut.

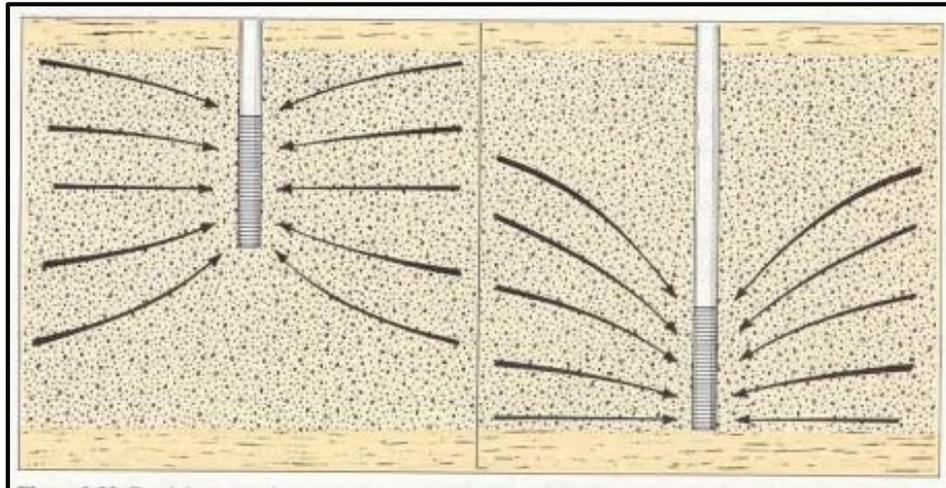
Prinsip desain dasar adalah untuk menyaring seluruh akifer sebagai asumsi pertama. Tetapi asumsi tersebut tidak efisien dalam:

- a) Akuifer yang sangat tebal - gunakan *development* yang ada untuk memiliki beberapa pedoman (baik "aturan praktis" lokal yang menunjukkan panjang saringan tertentu per unit debit atau data untuk digunakan dalam persamaan untuk menghitung panjang saringan optimal untuk debit yang ditentukan)
- b) Akuifer dangkal yang tidak tertekan - casing sumur atas cenderung menempati sebagian besar ketebalan akuifer. Dimensi relatif dari bagian atas dan bawah sumur akan tergantung pada kepentingan relatif dari efisiensi sumur dan hasil maksimum.

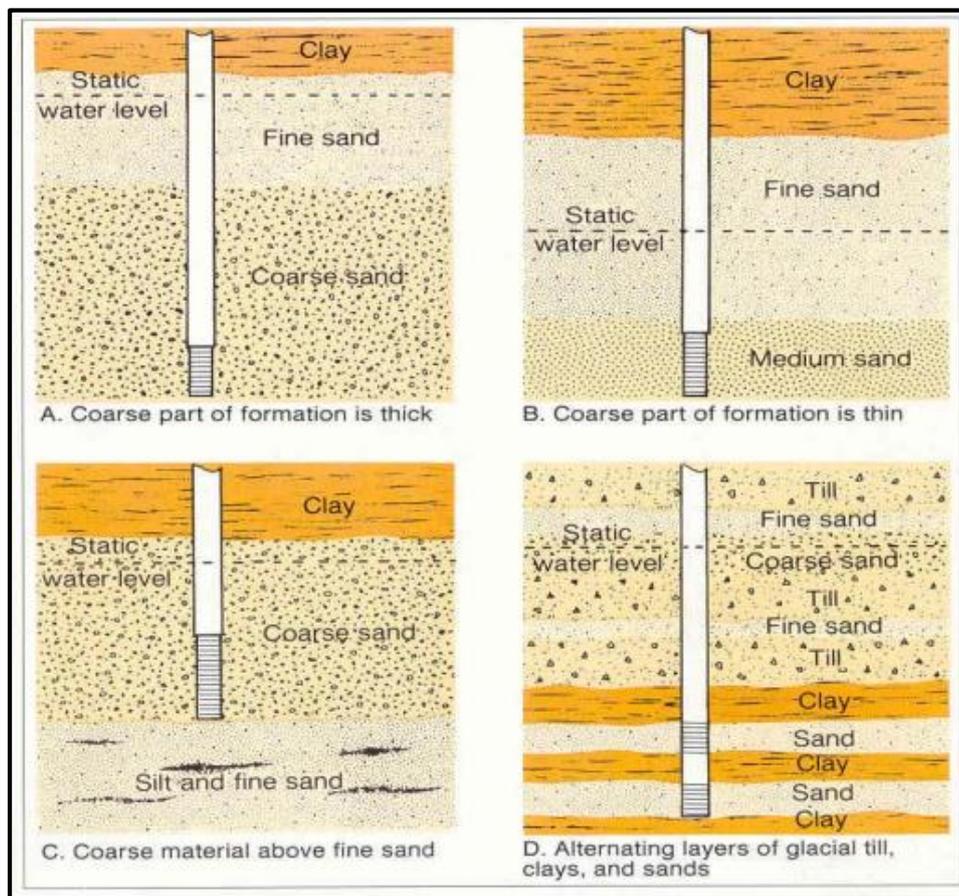
Penetrasi sebagian saringan sumur akan kurang efisien (Gambar 4.24). Pemasangan saringan penetrasi parsial, jika bagian asupan sumur kurang dari ketebalan penuh akuifer. Ini menyebabkan distorsi garis aliran dan kerugian head yang lebih besar.

Biaya saringan tambahan harus seimbang dengan manfaat pengurangan *drawdown*.

Identifikasi lapangan dari akuifer yang dapat disaring sebagian besar akan dibuat berdasarkan log litologi. Lempung dan bagian yang tidak produktif biasanya disaring karena pipa buta (*blank casing*) lebih murah daripada saringan.



Gambar 4.25. Pemasangan saringan penetrasi parsial.



Gambar 4.26. Penempatan posisi saringan yang disarankan dari sumur dengan berbagai formasi berlapis lapis

Formasi yang tidak terkonsolidasi dengan ukuran butiran kurang dari formasi "desain" harus dikeluarkan (Gambar 4.25). Ini:

- a) Melindungi material dari erosi sehingga menempatkan casing di bawah tekanan.
- b) Melindungi pompa dari efek buruk memompa pasir.
- a) Akuifer Tertekan Homogen (Artesis)

Drawdown maksimum dalam sumur di akuifer tertekan harus dibatasi ke atas akuifer. Asalkan tingkat pemompaan tidak akan menyebabkan *drawdown* di bawah bagian atas akuifer (akuifer tidak menjadi tidak tertekan), 70 hingga 80 persen dari ketebalan unit pembawa air dapat disaring.

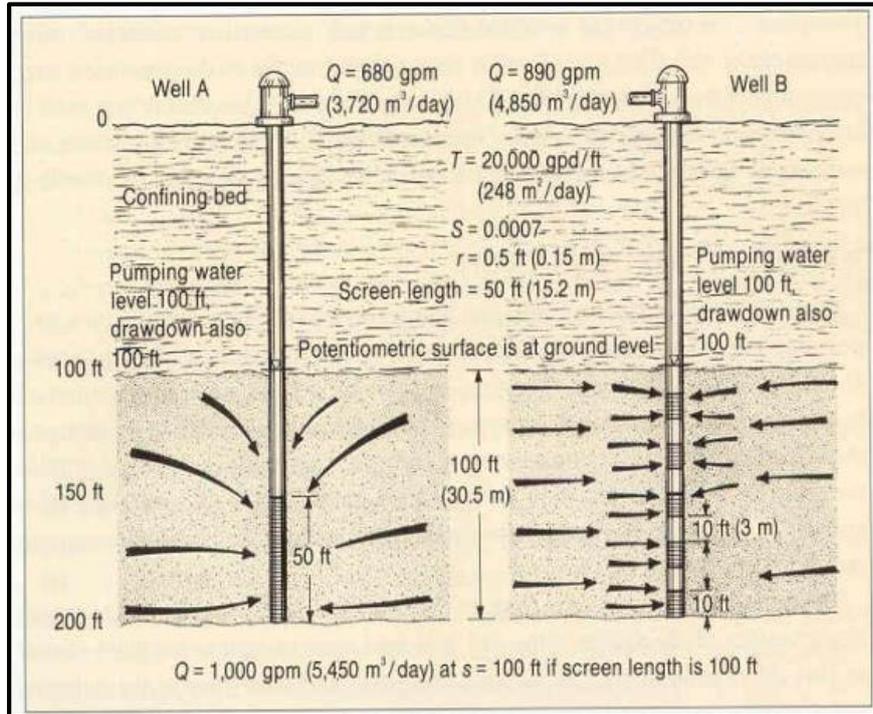
Aturan umum untuk panjang saringan di akuifer tertekan adalah sebagai berikut:

- Jika ketebalan akuifer kurang dari 8 m, saring 70% akuifer.
- Jika ketebalan akuifer adalah (8 - 16) m, saring 75% dari akuifer.
- Jika ketebalan akuifer lebih besar dari 16 m, saring 80% akuifer.

Dalam banyak aplikasi, penyaringan sepenuhnya akuifer tebal, umumnya seragam, akan sangat mahal, atau akan menghasilkan kecepatan masuk melalui saringan

sumur yang terlalu lambat. Oleh karena itu, untuk hasil terbaik, bagian saringan perlu dipusatkan atau dibagi menjadi bagian-bagian atau potongan-potongan dengan panjang yang sama dan diselingi dengan bagian-bagian dari pipa buta (*blank casing*) untuk meminimalkan konvergensi garis aliran yang mendekati lubang bor, dan meningkatkan kinerja sumur.

Dalam Gambar 4.26, konvergensi garis aliran ke interval yang disaring diminimalkan dan kinerja sumur dapat ditingkatkan dengan menggunakan bagian saringan (*screen*) sumur di akuifer tebal untuk mengurangi efek penetrasi parsial. Total panjang saringan di kedua sumur sama.



Gambar 4.27. Pengurangan konvergensi garis aliran dalam pemasangan screen.

b) Akuifer Tertekan Heterogen (Artesis)

Dalam akuifer tertekan heterogen atau berlapis, zona yang paling permeabel perlu disaring; zona-zona ini dapat ditentukan dengan satu atau beberapa metode berikut:

- Tes permeabilitas (uji *falling head* dan *head test* konstan)
- Analisis ayakan dan perbandingan kurva ukuran butir.
- Jika kemiringan kurva ukuran butir hampir sama, permeabilitas relatif dari dua sampel atau lebih dapat diperkirakan dengan kuadrat dari ukuran efektif masing-masing sampel. Sebagai contoh, pasir yang memiliki ukuran butir efektif 0,2 mm akan memiliki sekitar 4 kali konduktivitas hidrolik pasir yang memiliki ukuran butir efektif 0,1 mm.
- Jika dua sampel memiliki ukuran efektif yang sama, kurva yang memiliki kemiringan paling curam biasanya memiliki konduktivitas hidrolik terbesar.
- Survei kecepatan lubang bor, jika memungkinkan, untuk memulai produksi sumur sebelum penyelesaian atau untuk memasang bagian tambahan dari casing atau saringan berlubang di lubang bor;
- Interpretasi log geofisika lubang bor;

Dalam akuifer heterogen atau berlapis-lapis, (80-90)% dari lapisan yang paling permeabel perlu dipasang saringan.

c) Akuifer tak tertekan (*Unconfined atau Water-Table Aquifer*)

Menyaring sepertiga bagian bawah zona jenuh dalam akuifer tidak tertekan homogen biasanya memberikan desain optimal.

Di beberapa sumur, pemasangan saringan bagian bawah, setengah dari lapisan jenuh mungkin lebih diinginkan untuk mendapatkan kapasitas spesifik yang lebih besar (jika lebih menginginkan efisiensi sumur daripada hasil maksimum).

Dalam sumur freatik, kapasitas spesifik yang lebih besar diperoleh dengan menggunakan saringan sepanjang mungkin; oleh karena itu, konvergensi garis aliran dan kecepatan masuk melalui saringan sumur diminimalkan. Namun, ada *drawdown* lebih banyak ketika saringan yang lebih pendek digunakan.

4.6.2. Diameter Saringan Sumur

a) *Standart desain*

Aturan praktisnya adalah bahwa batas kecepatan upflow 1,5 m / s akan menghasilkan sumur dengan kerugian upflow yang wajar.

b) Prosedur Desain Diameter Saringan

- Desain kehilangan aliran naik (*upflow losses*) - pilih ukuran saringan yang dapat menguranginya hingga beberapa persen dari keseluruhan *head* pompa (atau ukuran optimal ekonomi);
- Ukuran saringan biasanya standar, dengan tingkatan penambahan sekitar 1 in. Untuk ukuran kecil dan 2 in. Diameter di atas 6 in..
- Jika biaya peningkatan diameter signifikan, dan tidak ada pengurangan signifikan yang timbul karena kerugian aliran naik, penggunaan diameter besar hanya akan disarankan jika hal berikut ini merupakan masalah yang memang ada di area:
 - kerusakan sumur
 - encrustation
 - korosi saringan
- Diameter saringan dipilih untuk memenuhi prinsip penting: total area bukaan saringan perlu diperoleh sehingga kecepatan masuk tidak akan melebihi standar desain.

- Diameter dapat bervariasi setelah panjang dan ukuran bukaan saringan telah dipilih. Seringkali, panjang saringan dan ukuran celah (slot) ditetapkan oleh karakteristik alami formasi; dengan demikian diameter saringan adalah variabel utama.
- Tes dan pengalaman laboratorium menunjukkan bahwa jika kecepatan masuk saringan dipertahankan sekitar 0,03 m / detik:
 - Kerugian gesekan pada pembukaan (opening area) saringan akan diabaikan.
 - Tingkat incrustation akan diminimalkan.
 - Laju korosi akan diminimalkan.
- Kecepatan masuk sama dengan hasil yang diharapkan atau diinginkan dibagi dengan luas total bukaan di saringan. Jika kecepatan masuk lebih besar dari 0,03 m / detik. diameter saringan perlu ditingkatkan untuk menyediakan area terbuka yang cukup sehingga kecepatan masuknya sekitar 0,03 m / detik. Pompa perlu diatur di atas bagian atas saringan untuk desain ini.

4.6.3. Jenis Celah (Slot) dan Area Terbuka

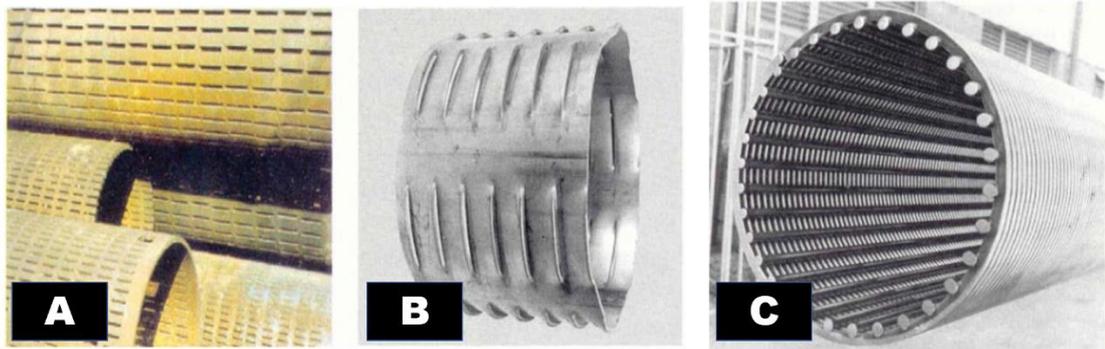
Saringan sumur diproduksi dari berbagai bahan dan berkisar dari menggunakan alat sederhana atau dibuat dengan tangan (Gambar 4.27 A,B) hingga model yang sangat efisien dan berumur panjang atau dibuat dengan mesin yang harganya lebih mahal (Gambar 4.27 C). Nilai saringan tergantung pada seberapa efektif ia berkontribusi terhadap keberhasilan sebuah sumur. Kriteria dan fungsi saringan yang penting dibahas sebelumnya adalah:

a) Kriteria

- Persentase area terbuka (*opening area*) yang lebih besar
- Celah (*Slot*) yang tidak tersumbat
- Tahan terhadap korosi
- Kolom yang cukup dan kekuatan runtuh

b) Fungsi

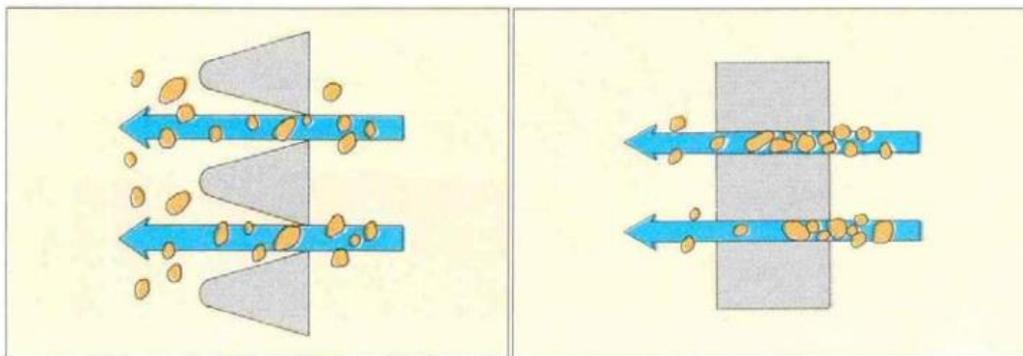
- Mudah dikembangkan (*development*)
- Kecenderungan incrustasi minimal
- Kehilangan head melewati saringan rendah
- Kontrol memompa pasir di semua jenis akuifer



Gambar 4.28. Saringan sumur yang diproduksi dengan gergaji tangan, pelubangan dan pabrikan

Memaksimalkan setiap kriteria ini dalam mengkonstruksi pasang saringan sumur tidak selalu dapat dicapai, tergantung pada desain saringan yang sebenarnya.

Sebagai contoh, area terbuka casing berlubang (saringan) tidak boleh melebihi (11-12)% atau kekuatan kolom tidak akan cukup untuk mendukung casing atasnya selama pemasangan saringan. Namun, area terbuka 30 hingga 50 persen adalah umum untuk saringan celah kontinu tanpa kehilangan kekuatan kolom.



Gambar 4.29. Bukaan celah (slot) berbentuk V

Di perairan yang sangat korosif, penggunaan plastik diinginkan, tetapi kekuatannya yang relatif rendah membuat penggunaannya tidak praktis untuk sumur dalam.

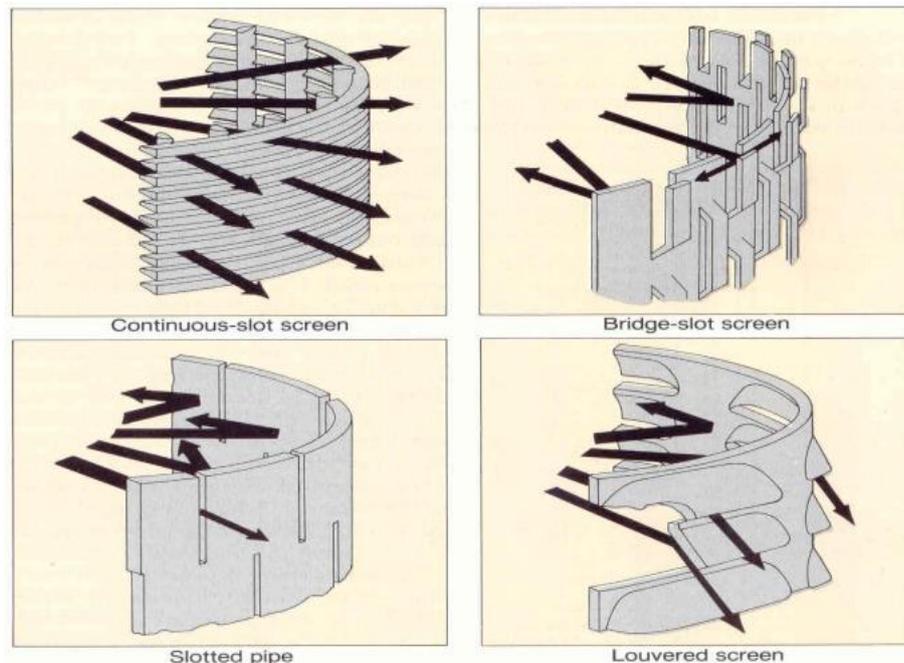
- Lubang bukaan harus kontinu di sekitar keliling saringan (*screen*), memungkinkan aksesibilitas maksimum ke akuifer sehingga memungkinkan untuk *development* (*development*) yang efisien.
- Lubang bukaan harus diberi jarak untuk memberikan area terbuka maksimum yang konsisten dengan persyaratan kekuatan untuk memanfaatkan konduktivitas hidrolik akuifer.

- Lubang celah individual harus berbentuk V dan melebar ke dalam untuk mengurangi penyumbatan celah (*slot*) dan ukuran untuk mengontrol pemompaan pasir (Gambar 4.28) mengurangi penyumbatan di mana bukaan yang berbentuk lurus, lubang atau kasa dapat tersumbat oleh partikel memanjang atau sedikit kebesaran

4.6.4. Jenis Celah (Slot) Saringan

Ada empat jenis Saringan sumur (Gambar 4.29), yaitu:

- Saringan celah (*slot*) kontinyu
- Saringan celah (*slot*) jembatan (*bridge*)
- Saringan celah (*slot*) *louvered*
- Pipa celah (*slot*) berlubang

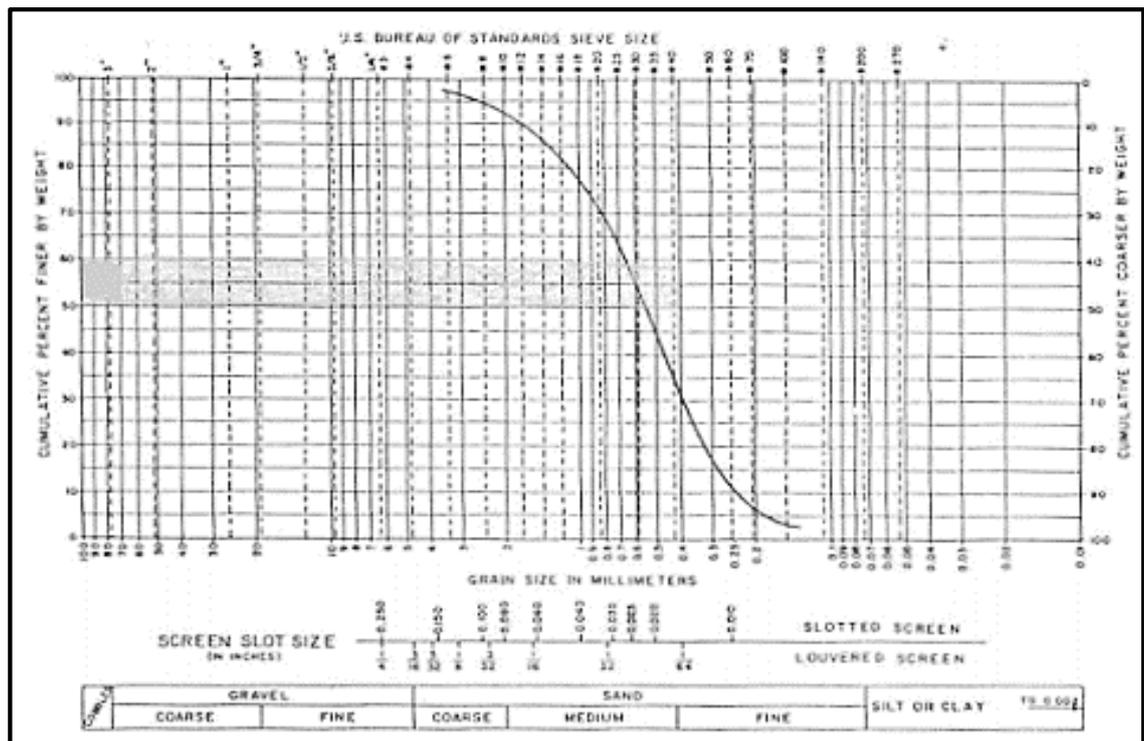


Gambar 4.30. Konfigurasi bukaan celah pada saringan

4.6.5. Ukuran Celah (slot) saringan

Untuk sumur yang dikembangkan secara alami, lubang celah (*slot*) saringan yang baik harus dipilih dari analisis saringan untuk sampel yang representatif dari formasi yang menahan air. Untuk formasi homogen yang terdiri dari pasir halus dan seragam, ukuran bukaan (*opening area*) saringan (*screen*) dipilih sebagai ukuran yang lolos (50-60)% dari pasir (Divisi Johnson, 1975) yaitu (40- 50)% tertahan. (Gambar 4.30)

- Nilai lolos 60-persen perlu digunakan di mana air tanah tidak terlalu korosif, dan ada keraguan minimal untuk keandalan sampel.
- Passing Nilai lolos 50-persen digunakan jika air bersifat korosif atau jika ada keraguan mengenai keandalan sampel; nilai lolos 50 persen adalah desain yang lebih konservatif.
- Pilihan ukuran celah (*slot*) yang lebih konservatif (misalnya, nilai kelulusan 50%) dipilih jika ada ketidakpastian mengenai keandalan sampel; jika akuifer ditindih oleh material yang halus dan gembur; atau jika waktu *development* mahal.

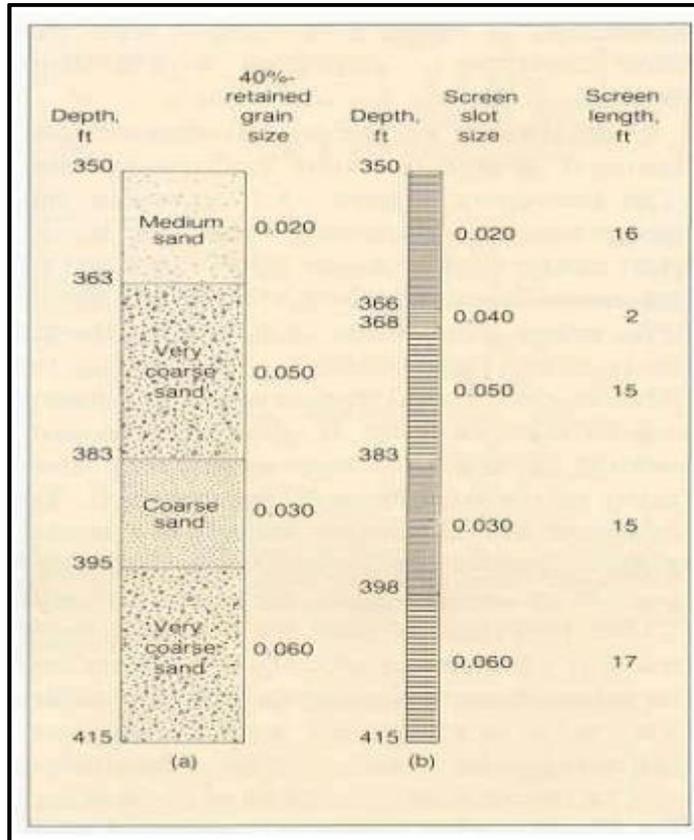


Gambar 4.31. Pemilihan celah (slot) screen untuk pasir seragam

Secara umum, teknik analisis saringan yang sama dapat digunakan untuk akuifer heterogen atau bertingkat, kecuali sebagai berikut:

- Jika lapisan kompak menutupi akuifer yang sedang dievaluasi, digunakan ukuran celah (*slot*) yang sesuai dengan nilai kelulusan 70%.
- Jika lapisan batuan lepas menutupi akuifer yang sedang dievaluasi, digunakan ukuran celah (*slot*) yang sesuai dengan nilai kelulusan 50%.
- Jika beberapa saringan (*screen*) digunakan dan jika material berbutir halus menutupi materi kasar. Gambar 4.31 menunjukkan irisan stratigrafi yang akan dipasang saringan dengan ukuran sesuai lapisannya (b) *Sket screen* yang menunjukkan ukuran celah dipilih sesuai aturan sebelumnya (a dan b)

Perpanjang setidaknya 0,9 m (3 kaki) saringan (*screen*) yang memiliki ukuran celah (*slot*) yang dirancang untuk bahan halus ke bagian kasar.



Gambar 4.32. Desain pemasangan screen dengan berbagai ukuran celah.

Ukuran celah (*slot*) pada material kasar tidak boleh lebih dari dua kali lipat ukuran celah (*slot*) untuk material yang lebih halus di atasnya. Penggantian ukuran celah (*slot*) harus dilakukan di atas kenaikan saringan (*screen*) sebesar 2 kaki (0,6 m) atau lebih.

4.7. Gravel Pack

4.7.1. Persyaratan Dasar Gravel Pack

Formasi yang mengandung pasir halus dan sisa fluida, akuifer harus distabilkan. Biasanya tidak praktis untuk memakai ukuran celah (*slot*) yang sangat kecil, sehingga dipilih kerikil penyaring (*gravel pack*) buatan yang membentuk ukuran lubang pori yang sesuai, dan menstabilkan pasir dalam formasi. Penggunaan *gravel pack* dalam formasi halus memungkinkan pembukaan (*opening area*) saringan (*screen*) dengan sendirinya menjadi jauh lebih besar daripada jika saringan (*screen*) ditempatkan dalam formasi.

Gravel pack yang berhadapan dengan saringan (*screen*) terdiri dari partikel berukuran lebih besar dari formasi di sekitarnya, dan karenanya terbentuk lubang yang lebih besar pada dan dekat dengan saringan (*screen*) sehingga memungkinkan masuknya air hampir bebas dari kehilangan *head*.

Kondisi yang diharapkan dari pemasangan *gravel pack* adalah:

- Operasi sumur bebas pasir setelah *development*,
- Permeabilitas tertinggi dan stabil,
- Kecepatan masuk dari formasi kedalam sumur rendah,
- Masa pakai yang efisien, yaitu tahan terhadap serangan bahan kimia.

4.7.2. Istilah

Istilah-istilah berikut digunakan dalam mendesain kerikil penyaring

Ukuran butir standar : Karakteristik ukuran butir tertentu dari akuifer

D_x : Ukuran partikel sedemikian sehingga x persen lebih kecil, mis. (100 - x) persen dipertahankan.

Koefisien keseragaman : Perbandingan ukuran D_{60} dengan ukuran material D_{10} (jika koefisien rendah, menunjukkan material berukuran seragam).

Pack-Aquifer ration (rasio P-A): Perbandingan ukuran D_{50} *gravel pack* dengan ukuran D_{50} akuifer

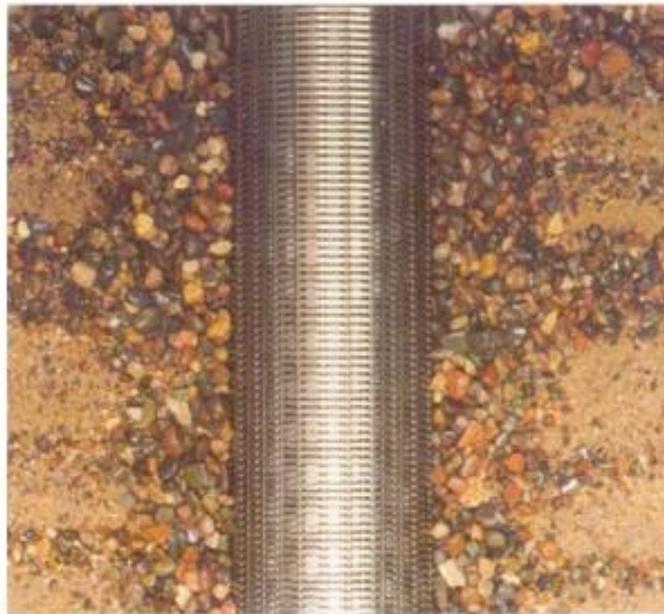
4.7.3. Gravel Pack Alami

Gravel pack (kerikil penyaring) alami dihasilkan karena *development* formasi itu sendiri. Teknik *development* digunakan untuk mengeluarkan fraksi yang lebih halus dari akuifer yang tidak konsolidasi melalui saringan (*screen*) meninggalkan selubung yang lebih kasar yang merupakan bahan yang lebih permeabel.

Akuifer yang cocok berbutir kasar dan tidak disortasi, umumnya dengan koefisien keseragaman lebih besar dari 3.

Ukuran celah (*slot*) yang disarankan untuk saringan (*screen*) adalah antara D_{10} dan D_{60} (seringkali D_{40}). Pilihan ukuran celah (*slot*) kemudian tergantung pada keandalan sampel dan sifat akuifer (mis. Tipis dan berlapis dengan material halus, formasi bersortasi atau terpilah baik). Tidak disarankan jika ukuran celah (*slot*) kurang dari 0,5 mm. Pada gambar 4.32 *development* alami menghilangkan

sebagian besar partikel di dekat *screen* sumur yang lebih kecil dari celah (*slot*), sehingga meningkatkan porositas dan konduktivitas hidrolis di zona sekitar *screen*.



Gambar 4.33. Kondisi kerikil penyaring hasil *development*

4.7.4. *Gravel pack* Buatan

Juga dikenal sebagai paking kerikil (Gambar 4.33), *gravel pack* dimaksudkan atau dipasang dalam anulus untuk memenuhi fungsi-fungsi berikut :

- Untuk mendukung formasi akuifer dan mencegah keruntuhan ke dalam casing;
- Untuk menahan casing secara lateral, memperkuat casing secara efektif;
- Untuk mencegah perpindahan material akuifer halus ke dalam sumur.

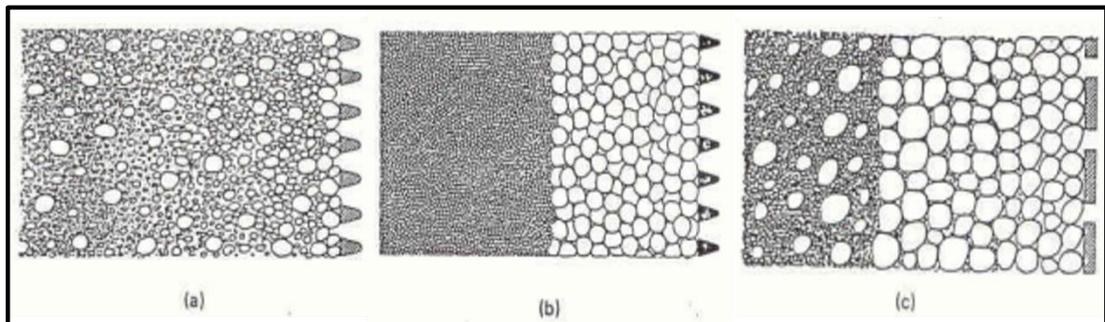
Pendekatan normal adalah dengan menggunakan *gravel pack* ketika:

- Koefisien keseragaman < 3 ;
- Akuifer halus, dengan D_{10} formasi $< 0,25$ mm.

Dalam gambar 4.33 terlihat perbedaan mendasar antara susunan pasir dan kerikil di sumur dengan kerikil alami dan buatan.

- a) Prinsip sumur alami atau di *development* dengan masing-masing zona bergradasi baik sehingga seluruh packing distabilkan.
- b) Kerikil buatan dikemas dengan benar di mana terjadi hubungan yang benar antara ukuran dan ketebalan bahan *gravel pack* serta lebar celah (*slot*) saringan (*screen*). Sumur seperti itu dapat di *development* secara efektif dan akan efisien dan stabil.

- c) Hasil yang tidak diinginkan dari penggunaan kerikil yang terlalu kasar. Pasir akuifer yang lebih halus tidak stabil sehingga akan bermigrasi ke dalam sumur. Kondisi tidak stabil ini akan tetap bertahan terlepas dari seberapa tebal *gravel pack*, sehingga menyebabkan ancaman memompa pasir terus.



Gambar 4.34. Perbedaan antara sumur dengan kerikil alami dan buatan.

4.7.5. Bahan *Gravel pack*

Syarat sebagai *Gravel pack* seharusnya (Tabel 5.2):

- Bersih.
- Memiliki butiran yang bulat.
- Bebas dari senyawa yang larut dalam air seperti karbonat (lebih baik jika terdiri dari gravel silika)
- Gradasi baik untuk memastikan fungsinya seperti yang dirancang.

4.7.6. Ketebalan *Gravel pack*

Secara teori, yang diperlukan untuk menahan partikel-partikel formasi adalah satu pak ketebalan 2 atau 3 butir. Dalam praktiknya digunakan sekitar 10 cm untuk memastikan selubung di sekitar sumur. Batas atas ketebalan *gravel pack* adalah 20 cm; jika lebih tebal, *development* sumur menjadi terlalu sulit dan biaya meningkat. Paking dengan ketebalan kurang dari 5 cm hanyalah penstabil formasi, bertindak untuk mendukung formasi, tetapi tidak efektif sebagai filter.

4.7.7. Pemilihan Gradasi *Gravel*

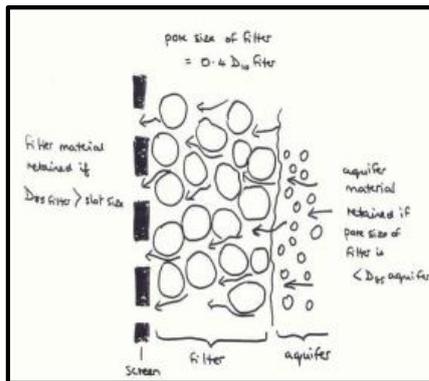
Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi bahan yang akan menahan sejumlah besar material yang bergerak ke dalam sumur sambil meminimalkan kehilangan energi. *Gravel pack* buatan digunakan di mana bahan akuifer berbutir halus, bergradasi baik atau berlapis-lapis tipis dan heterogen. Mereka memungkinkan penggunaan ukuran celah (*slot*) yang lebih besar dari yang seharusnya.

Tabel 4.4. Karakteristik dan manfaat *gravel pack*

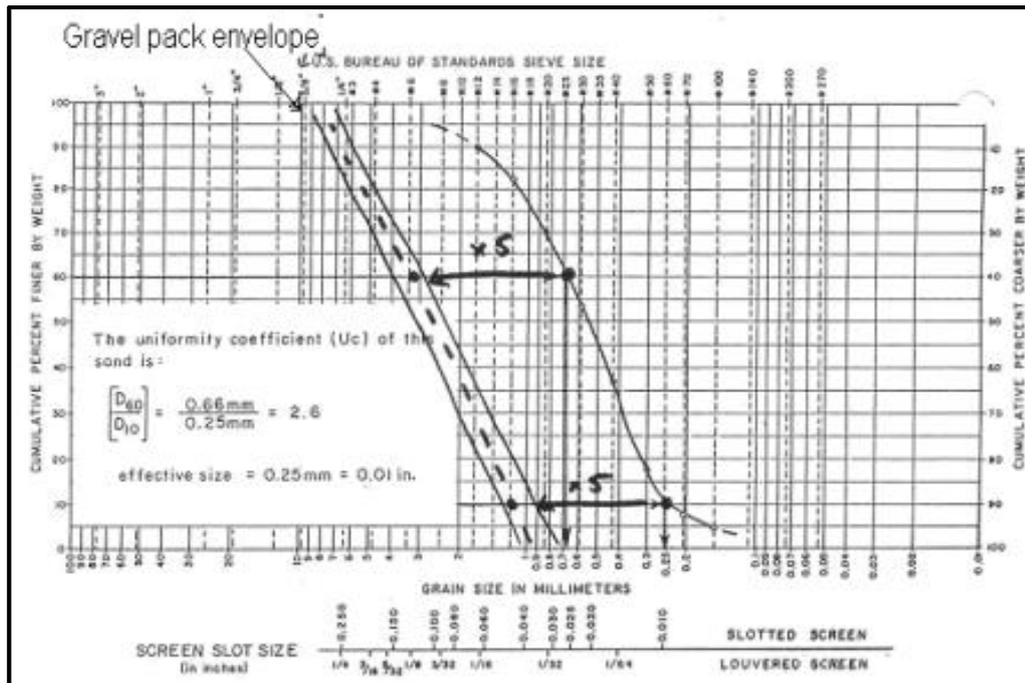
Karakteristik	Manfaat
Bersih	Sedikit material yang hilang dan menghemat waktu dalam <i>development</i> ,
Butiran membulat	Konduktivitas hidrolk dan porositas tinggi, mengurangi <i>drawdown</i> Meningkatkan hasil, <i>development</i> lebih efisien
Butiran kuarsa 90 -95 %	Material tidak berkurang yang disebabkan pelarutan mineral
Koefisien keseragaman 2,5 atau lebih kecil	Pemisahan berkurang selama instalasi, <i>Head loss</i> melewati <i>gravel pack</i> rendah

Beberapa metode untuk menentukan ukuran butir *gravel pack* telah disarankan. Semua awalnya didasarkan pada analisis saringan akuifer. Aturan dasarnya adalah (menurut Terzaghi, 1943):

$$\frac{D_{15 \text{ filter}}}{D_{85 \text{ aquifer}}} < 4 < \frac{D_{15 \text{ aquifer}}}{D_{15 \text{ filter}}}$$



Gambar 4.35. Ilustrasi aturan Terzaghi



Gambar 4.36. Pemilihan gradasi gravel pack

Konsensus umum adalah bahwa *gravel pack* biasanya akan berkinerja baik jika koefisien keseragamannya sama dengan akuifer, yaitu kurva distribusi ukuran butir paket filter dan bahan akuifer serupa (Gambar 4.34). Ukuran butir dari bahan akuifer harus dikalikan dengan suatu konstanta sekitar (4-7) dengan rata-rata (5) untuk membuat selubung yang menentukan gradasi filter. (Gambar 4.35)

4.7.8. Instalasi Gravel Pack

Pemasangan *gravel pack* harus dilakukan dengan hati hati dan sedikit demi sedikit. Pada pelaksanaan pengisian lebih baik diikuti dengan sirkulasi fluida kekentalan normal, maksudnya agar material kasar tersirkulasi dan terendapkan di kolam sirkulasi.

Pengisian yang terlalu tergesa-gesa dan tiap tuangan terlalu banyak akan berakibat turunya gravel pack secara berlebihan, sehingga akan berakibat mengerosi dinding sumur, akibatnya material erosi dinding akan menyumbat ruang anulus, sumbat ini kadang juga tidak turun sepenuhnya ke dasar, tetapi nyangkut ditengah sampai gilirannya sumbat tidak kuat lagi menahan gravel pack di atasnya yang terus diisikan, maka sumbat dan seluruh beban di atasnya akan jatuh dan menimbulkan gaya yang cukup besar yang memungkinkan instalasi casing dan saringan putus.

4.8. Latihan

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Apakah maksud dari pengambilan sampel batuan pada pemboran ?
2. Kapankah atau jika pada kondisi apa fluida lumpur bor akan semakin mengental dan semakin mencair sewaktu sedang berlangsung pemboran, dan apa akibatnya ?uraikan dengan jelas.
3. Uraikan untuk apa dilakukan log listrik PR (*Resistivity Logging*) dan log potensial SP (*Spontaneous Potential logging*) ?

4.9. Rangkuman

Pelaksanaan pemboran harus dimulai dengan persiapan yang cermat, mulai dari mempersiapkan bahan, alat dan personil, kemudian kondisi lapangan dan aspek lingkungan.

Pemboran awal adalah pilot hole atau lubang pandu sekaligus untuk mendapatkan data setempat guna pekerjaan selanjutnya, termasuk menentukan fluida, peralatan drill string yang akan digunakan, sampling dan deskripsi batuan, untuk desain konstruksi sumur dan mempersiapkan bahan konstruksi *screen* dan pipa-pipa. Menentukan fluida dilihat dari banyak sedikitnya pasir atau lempung yang dijumpai, atau kemungkinan adanya kehilangan lumpur.

Drill string yang dapat ditentukan adalah jenis *bit*, apakah banyak dijumpai batuan keras atau lunak, sehingga untuk reaming sudah didapat matabor yang sesuai, kebutuhan *drill collar* dan *stabilisator*.

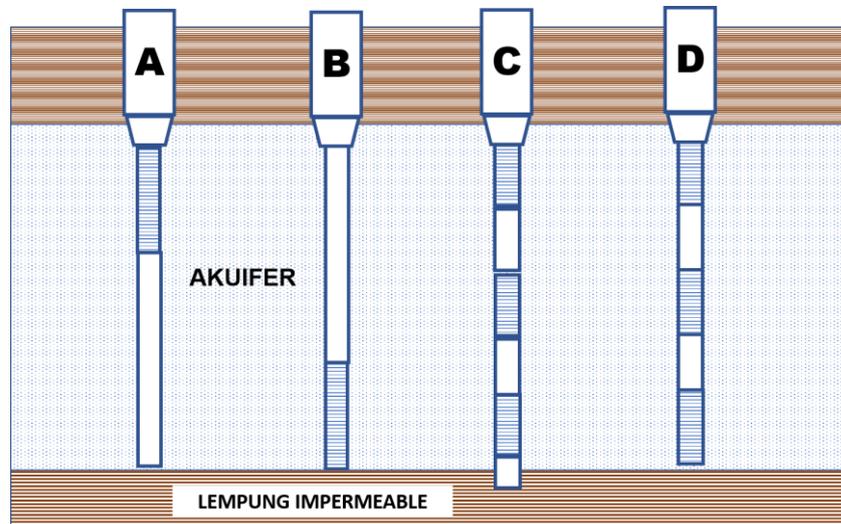
Konstruksi sumur didasarkan pada *logging*, deskripsi batuan dan log pemboran. Kebutuhan gravel pack dapat diperhitungkan dari kondisis sampel yang keluar, pada formasi lepas, atau *caving clay*, kemungkinan *volume gravel* bertambah, sedangkan pada formasi lempung lengket (*sticky clay*) volume dapat lebih kecil dari perhitungan.

Untuk menghindari kegagalan dan hasil yang kurang baik, pelaksanaan pemboran harus mengikutti standar prosedur yang ada.

4.10. Evaluasi

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan cara memilih jawaban yang paling benar!

1. Besar kecilnya TDS (nilai relatif) dalam airtanah diketahui dari hasil log:
 - a. *Resistivity Logging*
 - b. *Spontaneous Potential Logging*
 - c. *Gamma Ray Logging*
 - d. *Gamma-gamma Logging*
2. Pilihlah Pemasangan saringan sumur (*screen*) yang paling benar pada akifer tebal dibawah Panjang total *screen* dan *blank casing* serta spesifikasinya sama di keempat sumur,:



3. Ketebalan kerikil penyaring (*gravel pack*) yang paling bagus adalah :
 - a. 2 cm – 5 cm
 - b. 10 cm – 20 cm
 - c. 20 cm – 30 cm
 - d. Setebal mungkin >30 cm makin tebal makin baik



BAB V DEVELOPMENT

Indikator Hasil Belajar:

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan development.

5.1. Metode Semburan Udara

Development sering disebut juga dengan pencucian sumur yang menggunakan metode semburan udara sering dan sangat umum digunakan, karena sangat efektif dan mudah dilaksanakan. Peralatan yang diperlukan dalam metoda ini terdiri dari:

- a) Kompresor udara lengkap dengan tangki udara, katup pengaman, meter tekanan udara.
- b) Selang / pipa fleksibel tekanan tinggi
- c) Pipa penghantar udara, atau disebut saluran udara
- d) Pipa penghantar air, atau *eductor pipe*, dalam hal ini sering disebut pipa penghantar.
- e) Tripot kaki tiga, *tacle block* dan rantai pengerek
- f) Peralatan bantu lainya seperti klem, valve, keni, kunci kunci pipa dll.

Pada prinsipnya *development* dengan metode ini adalah meniupkan udara bertekanan tinggi, dengan menggunakan kompresor, dilengkapi tangki udara bertekanan tinggi. Untuk alasan keamanan, kompresor udara mutlak harus dilengkapi dengan katup pengaman (*safety valve*) serta meter tekanan udara.

Prinsip kerjanya adalah udara tekanan tinggi disemburkan melalui saluran udara, Ujung saluran udara terletak dibawah ujung pipa penghantar. Udara tersebut diharapkan dapat mendorong keluar semua kotoran, sehingga keluar bersama air sumur.

Kotoran dari dalam sumur biasanya berupa endapan sisa fluida pemboran, fluida atau suspensi material halus dari formasi batuan, pasir atau bahkan kerikil, dan benda benda asing, yang sengaja atau tidak sengaja masuk kedalam sumur.

Susunan peralatan terdiri dari rangkaian pipa penghantar yang didalamnya dirangkaikan pula pipa dengan diameter lebih kecil sebagai saluran udara tekanan tinggi.

Saluran udara dan pipa penghantar dimasukkan kedalam sumur dengan sistim pengaturan sedemikian rupa, sehingga masing-masing peralatan ini dapat dinaikan dan diturunkan selama penyemburan dilakukan.

Saluran udara dan pipa penghantar harus cukup mampu menahan tekanan tinggi sehingga tidak rusak jika rangkaian pipa tersebut dinaik turunkan.

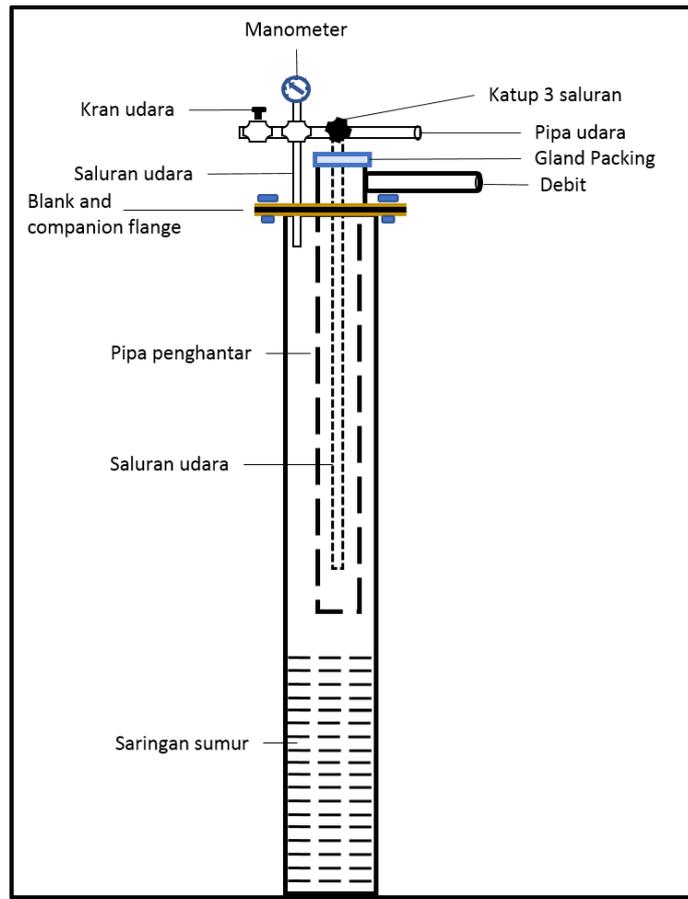
Kompresor harus dilengkapi dengan pengukur tekanan udara dan katup pengatur tekanan dan pengaman terhadap kelebihan tekanan (*safety valve*), katup harus dapat dibuka dengan cepat (atau dapat diatur otomatis terbuka pada tekanan berlebihan) dan dipasang pada pipa keluar tangki udara.

Development sumur dengan udara tekanan tinggi, jika dilaksanakan oleh operator yang berpengalaman akan efektif. Metoda tersebut memiliki beberapa kelebihan, antara lain mampu menyedot material halus dan pasir yang terkumpul di formasi batuan dekat saringan atau *gravel pack*. Kelebihan lainnya, dalam operasional menaik-turunkan rangkaian pipa penghantar dan saluran udara tekanan tinggi, tidak diperlukan unit mesin bor (*drilling rig*) tetapi cukup dengan unit *tripod* yang dilengkapi dengan *tackle block*.

Gambar 5.1. memperlihatkan metoda menempatkan pipa penghantar dan saluran udara dalam sumur pada gambar tersebut tampak Susunan perangkat *development* dengan tekanan udara. Tabel 5.1 menunjukkan ukuran pipa penghantar dan saluran udara yang dianjurkan untuk digunakan pada bermacam-macam diameter casing sumur. Dalam pelaksanaan dapat dilakukan penggunaan berbagai variasi ukuran penghantar air dan saluran udara, tetapi kombinasi seperti pada Tabel 5.1. telah menunjukkan hasil yang baik.

Pemakaian Tabel 5.1. sebagai contohnya, untuk sumur dengan ukuran 150 mm (6 inci), diperlukan pipa penghantar 100 mm (4 inci) panjang nya hingga mencapai kedalamami $\pm 0,5$ meter diatas saringan paling bawah.

Pipa saluran udara dengan ukuran 38 mm (1,5 inci) dimasukkan kedalamnya sampai $\pm 0,5$ meter diatas ujung bawah pipa penghantar. Ujung atas (pangkal) pipa penghantar dihubungkan dengan penutup 100 x 75 x 100 mm dengan reduser dan lubang dimana pipa udara dimasukkan.



Gambar 5.1. Susunan perangkat development dengan tekanan udara

Pipa penghubung (*discharge pipe*) berukuran 75 mm (3 inci) dipasang pada penutup untuk membuang air sebagai debit keluar dari daerah kerja. Seluruh peralatan dipasang pada ujung atas casing sumur dengan menggunakan penjepit (klem) pipa yang kuat.

Peralatan lainnya adalah kompresor bertekanan setidaknya 11 kg/cm² (156 psi) dengan kapasitas ± 290 lt/det (600 ft³/menit), unit peralatan untuk menggantung dan mengangkat berupa *tripot* kaki tiga dan *tacle block*, rantai berkapasitas kekuatan angkat tidak kurang dari 5 ton, yang berguna untuk menaik turunkan serta menahan pipa penghantar dan saluran udara, kemudian pipa bertekanan tinggi dan lentur (*Hose*) yang berukuran diameter 50 mm dengan panjang 10 meter atau lebih digunakan untuk menghubungkan pangkal saluran udara ke tangki udara (kompresor), pengukur tekanan dan katup pelepas tekanan.

Tabel 5.1. Ukuran pipa untuk pencucian sumur (*Air Lift*)

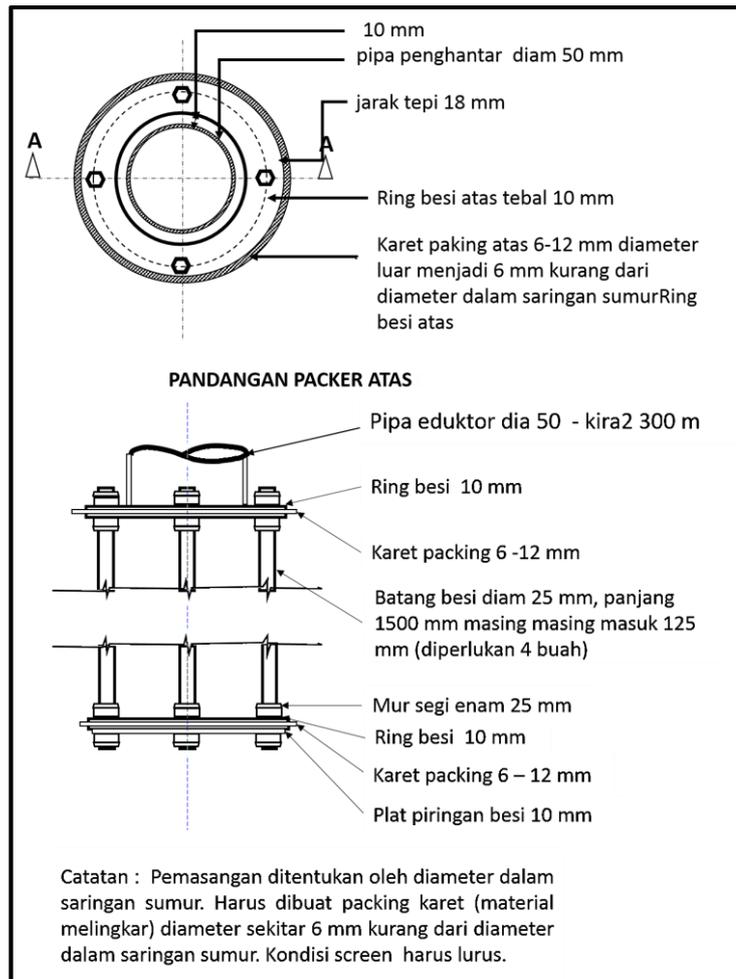
Debit pemompaan (lt/dt) (liter/detik)	Ukuran casing sumur (mm) (mm)	Pipa penghantar air (mm)	Pipa penghantar udara (mm)
1,0 - 3,8	100	50	12,5
3,5 - 5,0	127	75	25,4
5,0 - 6,3	152	89	25,4
6,3 - 9,5	203	100	38,1
9,5 - 15,8	203	127	38,1
15,8 - 25,2	203	152	50,8
25,2 - 44,2	254	203	63,5

Susunan rangkaian peralatan ini dapat dimodifikasi menjadi lebih efektif dan baik jika pada bagian bawah saluran udara dilengkapi dengan *double packer* seperti pada gambar 5.2. *Double Packer* adalah peralatan opsional untuk menambah efektivitas *development* dengan pencucian udara tekanan tinggi, disarankan hanya digunakan bagi sumur dengan casing yang cukup kuat (pipa PVC Tebal minimal S-10, atau pipa logam).

Development sumur memakai tekanan udara akan memberikan hasil yang sangat baik jika perbandingan saluran udara yang terbenam (*submergence*) $\pm 60\%$, artinya saluran udara yang terbenam dalam air dibagi dengan total panjang pipa keseluruhan adalah 60%.

Sebagai contoh, panjang saluran udara 60 meter dan muka air statis 20 meter dibawah permukaan tanah, panjang bagian yang terbenam 40 meter atau 66%.

Jika pencucian sumur dengan tekanan udara dimulai, kemudian muka air turun sampai 24 meter, maka panjang bagian yang terbenam akan



Gambar 5.2. Double Packer peralatan opsional untuk development

berkurang hanya tinggal 36 meter, jadi perbandingan bagian yang terbenam selama peniupan adalah 60 % (36/60 x 100 %).

Petugas pencucian sumur yang terampil dapat memperoleh hasil yang baik dengan perbandingan bagian yang terbenam sampai 30 % selama peniupan.

Sebelum pencucian sumur dimulai, gambar konstruksi sumur dan data spesifikasi sumur harus sudah tersedia dan dipelajari.

Pencucian dimulai dengan tahap pertama, yaitu menurunkan pipa penghantar air sampai kira- kira 50 cm diatas ujung bawah segmen saringan. Pipa saluran udara ditempatkan sampai ujung bawahnya berada 30 cm diatas ujung pipa penghantar air.

Udara tekanan tinggi dari tangki kompresor ditiupkan masuk melalui pipa udara dengan membuka katup/keran. Air akan terdorong keluar melalui pipa penghantar selama peniupan berlangsung, dan sumur seperti dipompa, peniupan dilakukan sampai air terlihat bebas dari fluida dan pasir atau kotoran lainnya.

Tahap pertama dilanjutkan menerus ke tahap kedua yaitu katup outlet tangki kompresor ditutup, sehingga tekanan di dalam tangki kompresor mencapai 100-150 psi atau 10 – 11 kg/cm² pada saat yang bersamaan saluran udara diturunkan sampai ujung bawahnya berada 30-50 cm dibawah ujung pipa penghantar, katup segera dibuka secara tiba-tiba dan udara dapat masuk kedalam sumur.

Tindakan menyembur tersebut cenderung mengocok sumur dan mengeluarkan air dari akuifer masuk melewati *gravel pack* dan celah saringan (*screen slot*) mengalir masuk kedalam sumur.

Tekanan yang singkat namun kuat dari udara akan mengakibatkan air menyemprot atau menyembur dari casing sumur dan pipa penghantar air di permukaan tanah. Proses kemudian pipa udara ditarik ke atas hingga ujungnya pipa udara pada posisi diatas ujung pipa penghantar air lalu udara dilepaskan ke sumur, maka akan terjadi seolah air sumur dipompa dengan tekanan udara, (sering disebut sebagai *air lift*).

Sampai disini berarti telah tercapai satu siklus pencucian sumur dengan penyemburan.

Siklus penyemburan diulangi terus sampai air bebas dari material halus dan pasir.

Selanjutnya peralatan diangkat pada posisi baru 50 sampai 80 cm dari posisi sebelumnya, dan prosedur siklus pengocokan diulangi lagi, hal ini dilakukan terus disemua segmen saringan sumur, sampai seluruh saringan mengalami pengocokan dan air menjadi bersih.

Setelah seluruh saringan mengalami pencucian, peralatan diturunkan semua didekat dasar sumur, dengan posisi ujung pipa saluran udara berada diatas ujung pipa penghantar air, posisi ini disebut sebagai posisi pemompaan dengan *air lift*.

Proses terakhir dimaksudkan untuk membersihkan sisa-sisa material kotoran yang terkumpul didasar sumur.

Setelah pencucian dengan udara selesai, sumur diukur kedalamannya, jika masih ada pasir yang tertinggal maka sumur harus dipompa kembali.

Metoda ini sangat cocok untuk semua tipe saringan, khususnya saringan PVC, namun perlu hati hati, beberapa sumur kadang kadang dibuat dengan menggunakan pipa yang tidak sesuai dengan spesifikasi, atau tidak diperoleh data spesifikasi pipa dan saringan yang digunakan, sehingga tidak mampu menahan tekanan air balik (*water hammer*), atau tekanan tinggi udara dari kompresor. Konfigurasi kedua jenis pipa, dapat saja terangkat naik atau melonjak-lonjak sehingga merusak konstruksi sumur. Lonjakan dan goyangan itu disebabkan tekanan udara yang terlalu kuat, atau berat pipa yang tidak cukup, mungkin pipa bagian bawah terayun ayun dan memukul casing atau saringan, penataan penjepit (klem) yang baik, ketrampilan dan pengalaman sangat mempengaruhi kesuksesan prosedur *development* ini.

5.2. Metode Semburan Air Berkecepatan Tinggi

Metode ini cukup efektif digunakan dalam *development* sumur dengan pencucian, terutama pada sumur yang menggunakan jenis celah (*slot*) saringan menerus (*continuous slot*) atau *wire wund screen*, atau pada instalasi saringan sumur yang menerus tanpa adanya sisipan *blank casing* atau pipa buta.

Keuntungan metoda ini adalah:

- a) Energi pencucian terpusat pada daerah sempit, akan menghasilkan efektifitas tinggi.
- b) Setiap bagian saringan dapat terpilih untuk dilakukan pencucian, jika lubang saringan cukup baik, dimungkinkan semburan dapat masuk kedalam formasi lapisan pembawa air disekitar saringan, selanjutnya akan terjadi proses pencucian sumur yang sempurna.
- c) Metoda ini relatif mudah dilaksanakan dan tidak menimbulkan kerusakan pada waktu pelaksanaan pekerjaan yang berlebihan.

Kelemahan metode ini adalah harus tersedia cukup banyak air untuk penyemburan

Peralatan utama yang dibutuhkan adalah:

- a) Alat penyemburan (*jetting tools*) yang relatif sederhana.
- b) Pompa air bertekanan tinggi.
- c) *Swivel* dan sumber air atau bak penampung air.
- d) Tripot, dilengkapi *tacle block* dan rantai pengerek

Semburan air berkecepatan tinggi yang bekerja pada lubang saringan akan menggoyah dan mengatur kembali partikel-partikel kerikil dan pasir pada formasi batuan atau akuifer yang berada disekitar saringan menjadi lebih stabil.

Gumpalan fluida yang terendapkan atau menempel pada dinding sumur dari sisa-sisa proses pemboran yang masih tertinggal, atau fluida dari formasi yang terbawa aliran air tanah dan tertahan di *gravel pack*, pertumbuhan bakteri, endapan-endapan akibat reaksi elektrokimia yang terendapkan lagi, diharapkan akan hancur dan tergerus aliran tekanan tinggi, sehingga dapat dikeluarkan dengan mudah.

Gerakan penyemburan juga akan memperbaiki kerusakan formasi yang mungkin terjadi setelah proses pemboran atau selama sumur lama beroperasi.

Metoda penyemburan dengan kecepatan tinggi untuk *development* dengan pencucian sumur merupakan metoda yang baru, tetapi metoda ini telah dibuktikan paling efektif untuk saringan lilitan (*wire wund*) dan saringan kisi.

Metoda ini adalah proses penyemburan air secara horizontal didalam sumur dengan membangkitkan aliran berkecepatan tinggi yang dipancarkan melalui lubang saringan.

Dengan memutar alat sembur (*jetting tool*) secara perlahan dan menaik turunkan secara bertahap dengan teratur, seluruh permukaan saringan akan mendapatkan hantaman yang kuat dari semburan atau aliran air berkecepatan tinggi.

Diperlukan beberapa peralatan khusus yaitu sambungan putar (*swivel*) antara selang dan pipa agar memudahkan pekerjaan, penjepit atau klem dengan pegangan untuk memutar pipa.

Sebagai contoh metoda penyemburan untuk sumur dengan diameter 4 inci, menggunakan pipa sembur berukuran 1 ½ inci.

Jika di lokasi tidak terdapat sumber air jernih untuk menyembur, maka air yang menyembur keluar dari sumur dalam pekerjaan ini, harus ditampung lebih dahulu dan diusahakan sempat mengendapkan material yang terbawa, atau jika perlu digunakan saringan atau bak tandon air atau bak pengendap.

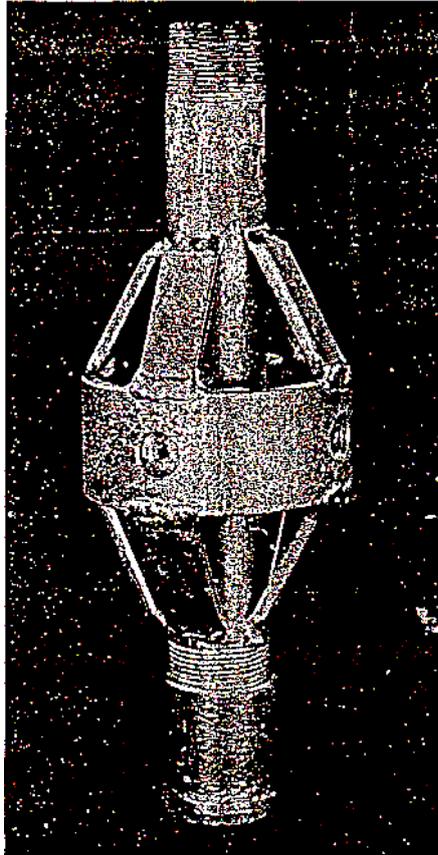
Dalam operasi pekerjaan ini, pada dasarnya prosedur semburan akan menambah air kedalam sumur dengan tekanan tinggi, tetapi jumlahnya tergantung ukuran nozel dan tekanan pompa. Jika lebih banyak air yang keluar dari sumur dari pada volume air yang ditambahkan dengan tekanan, permukaan air sumur akan tetap bertahan di bawah muka air statis (*static water level/ swl*) sehingga akan terjadi gerakan air dari formasi melalui *screen*. Gerakan air ke dalam sumur membantu menghilangkan kotoran yang menempel.

Hal ini akan menyebabkan material halus terlepas dari dinding sumur akibat penyemburan dan keluar bersama air yang terpompa, sehingga terjadi proses pencucian sumur secara efisien.

Peralatan yang dibutuhkan untuk pekerjaan ini adalah alat sembur (*jetting tool*) dengan dua lubang nozel atau lebih, pompa tekanan tinggi, selang tekanan tinggi dan koneksi, serangkaian pipa, dan tangki air atau wadah pasokan air lainnya.

Bila memungkinkan ditambahkan pompa atau pengangkat air dengan peniup udara (*air lift*) guna menaikkan atau memompa air selama proses ini berjalan.

Peralatan sembur yang dipakai untuk pencucian sumur dengan diameter kecil seperti pada gambar 5.3. dan gambar 5.4.



Gambar 5.3. Alat Sembur (*jetting tools*) dengan nozel

Alat penyemburan untuk pencucian sumur dengan diameter yang besar adalah alat penyemburan dengan 4 lubang sembur (*nozel*). Jika menggunakan 2 lubang sembur masing-masing lubang berjarak 180 derajat, untuk 3 lubang sembur berjarak 120 derajat, sedang untuk 4 lubang sembur berjarak 90 derajat, posisi *nozel* itu dimaksudkan untuk menjaga keseimbangan tekanan hidrolis. Bila tekanan semburan tidak merata karena perbedaan besar lubang atau karena posisinya tidak tepat, kemungkinan alat sembur (*jetting tool*) akan selalu memukul pipa atau saringan sumur ke satu sisi saja dan dapat mengakibatkan pecahnya saringan.

Untuk sumur berdiameter kecil, atau spesifikasi saringan yang lemah, atau tidak diketahui, untuk keamanannya, disarankan lubang sembur (*nozel*) ditempatkan pada tutup bawah pipa sembur, hanya satu lubang sembur, tetapi sudah cukup efektif. Prosedur pekerjaan ialah dengan menurunkan peralatan pipa sembur pada titik didekat dasar segmen saringan, ujung pipa bagian atas dihubungkan dengan sambungan putar (*swivel*) dan pompa bertekanan tinggi (pompa piston atau seperti pompa fluida pada pemboran putar).

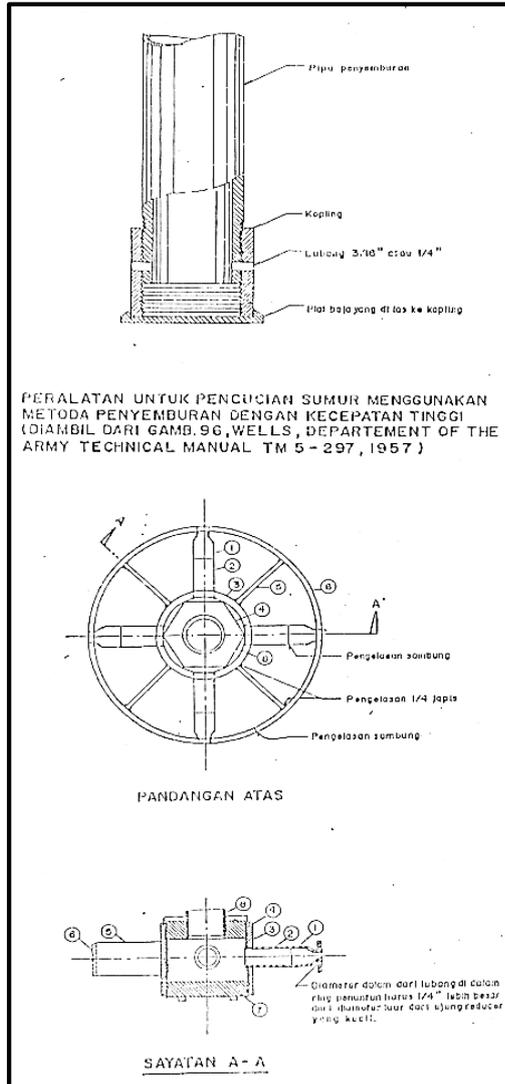
Ukuran pipa harus cukup besar untuk menjaga kerugian gesekan ke tingkat yang wajar. Ukuran yang paling umum digunakan adalah pipa standar 1 ½ inci untuk memompa sampai 50 gpm pada kedalaman 100 ft, atau 35 gpm sampai 200 ft ; pipa 2-in hingga 100 gpm pada 100 ft, atau 75 gpm pada 200 ft; dan pipa 3-in hingga 300 gpm pada 100 ft, atau 200 gpm pada 200 ft. Penggunaan ukuran ini akan menimbulkan kerugian gesekan dalam batas wajar.

Kecepatan terendah semburan, yang dianggap efektif, adalah sekitar 100 ft per detik, hasil yang lebih baik dapat diharapkan saat tekanan ditingkatkan sehingga menghasilkan kecepatan 150 sampai 300 kaki per detik. Kecepatan yang sangat tinggi, tidak menghasilkan manfaat tambahan yang seimbang dengan biaya tambahan. Kecepatan yang diperoleh dengan menggunakan tekanan tinggi, sekitar 500 psi, dapat menyebabkan beberapa abrasi, terutama saringan kuning.

Pompa harus bisa dioperasikan dengan tekanan $\pm 10,5$ kg/cm² (150 psi) dengan debit $\pm 0,7$ lt/det untuk lubang sembur berdiameter 4,75 mm atau 1,0 lt/det untuk lubang sembur 6,0 mm.

Selama air dipompakan melalui lubang sembur kedalam formasi lapisan pembawa air melewati saringan, alat sembur diputar perlahan-lahan sehingga mampu mencuci dan menstabilkan formasi disekitar dasar saringan, kemudian Alat sembur secara perlahan-lahan diangkat dengan selang beberapa cm, proses ini diulang terus sampai seluruh panjang saringan secara sempurna dilakukan pencucian.

Selama pelaksanaan proses penyemburan, sumur dipompa dengan pompa hisap, air lift atau metoda lain dengan debit lebih besar dari pada debit air yang disemburkan. Air yang dipompa dari sumur ditampung dalam bak penampung air, tampungan air tersebut digunakan kembali untuk air penyemburan.



Gambar 5.4. Peralatan sembur (*jetting tool*) 4 nozel

Setelah selesai proses penyemburan sumur diukur kedalamannya, kumpulan material halus dan pasir didasar sumur dipompa dengan pompa pasir.

5.3. Metode Pemompaan Berlebih (*Over Pumping*)

Merupakan metode pembersihan lubang sumur dengan pemompaan yang berlebihan. Dengan memompa sumur pada kapasitas lebih besar dari pada pemompaan desain (*regular*). Namun metode ini hanya dilakukan jikalau metode pembersihan sumur dengan metode lain tidak dapat dilakukan dikarenakan :

- a) pemompaan berlebihan pada umumnya tidak akan menyempurnakan secara maksimal dari efisiensi sumur
- b) cenderung menyebabkan terjadinya penumpangan pasir dalam formasi tertentu
- c) membutuhkan pompa yang lebih besar dari yang tersedia
- d) untuk kondisi butiran akifer yang seragam metode ini tidak disarankan

Metode pencucian yang paling sederhana untuk membersihkan material halus dari lapisan pembawa air adalah dengan pemompaan yang berlebih (*over pumping*).

Pemompaan berlebih ialah memompa sumur dengan debit yang lebih tinggi dari debit operasi.

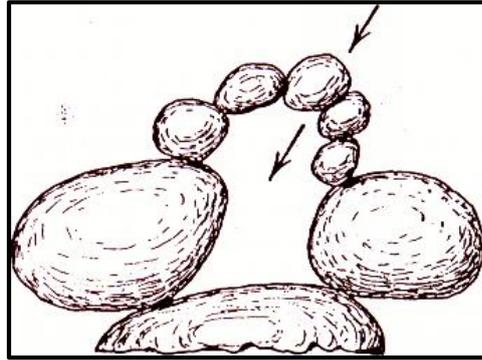
Pemompaan berlebih memberikan manfaat dan kepastian, bahwa sumur yang dapat dipompa dengan pemompaan berlebih berarti dapat dipompa dengan debit operasi (yang lebih rendah) tanpa menimbulkan kerusakan.

Beberapa kekurangan metoda ini hingga sering tidak digunakan yaitu :

- 1) Pemompaan berlebih masih menyisakan gumpalan pasir, terutama yang mengeras, pada formasi, atau masih terdapatnya susunan butir material formasi yang membentuk jembatan (*bridge*) sehingga formasi tidak seluruhnya dapat stabil. Gambar 5.5 butiran partikel berukuran kecil membentuk "jembatan" diantara partikel yang lebih besar, sehingga menghambat aliran air dalam formasi batuan, kondisi demikian sulit di atasi dalam pencucian
- 2) Memerlukan pompa dengan kapasitas debit yang tinggi, sehingga biaya pengadaannya terlalu mahal.
- 3) Biasanya pompa dengan debit tinggi tidak bisa masuk pada "*Pump chamber*".

Pompa yang biasa digunakan untuk pengoperasian sumur produksi, juga bisa digunakan untuk pemeliharaan dengan pemompaan berlebih. Tergantung dari jenis pompa, dipompa dengan kecepatan yang lebih tinggi akan mengurangi efisiensi pompa.

Kendala yang mungkin timbul pada pemompaan berlebih, bila pompa mampu menyedot material yang cukup besar atau kasar, tidak jarang pompa menjadi terkunci atau putaran impeler terganjal material tersebut sehingga macet dan pompa harus dibongkar untuk dibersihkan atau diperbaiki jika terjadi kerusakan.



Gambar 5.5. *Bridging particles*

Pemompaan berlebih ini, mempunyai kelemahan kurang efektif untuk pencucian sumur yang sudah lama beroperasi, karena diharapkan untuk melepaskan endapan – endapan hasil reaksi kimia yang telah mengerak dan menempel pada konstruksi sumur. Metode ini juga kurang mampu melepaskan pertumbuhan bakteri yang membentuk koloni dan tersemen menempel pada dinding sumur.

5.4. Metode Pencucian Balik

Pencucian balik atau *back washing* sebuah sumur adalah istilah yang dipakai untuk salah satu metode yang berbeda dari pencucian sumur. Prinsipnya adalah mengocok atau menggoncang formasi pada sumur dan bertujuan untuk mencegah adanya penumpangan dari partikel pasir dan sebagainya besar menghasilkan material halus, hasil penyempurnaan ini karena aliran air kembali ke formasi/ akifer.

Ada beberapa metoda pencucian balik dalam proses pencucian sumur, tetapi metoda yang paling baik adalah pengangkatan air kepermukaan dan kemudian membiarkan air kembali mengalir kedalam sumur melalui pipa kolom pompa.

Metoda ini diperlukan peralatan "pompa dalam" (*turbine pump*) tanpa katup bawah, pompa dijalankan dan ketika air sudah terangkat kepermukaan tanah, pompa dengan tiba-tiba dimatikan. Air dalam pipa kolom pompa kemudian turun jatuh kembali dalam sumur.

Pompa dijalankan dan dimatikan secepat mungkin sesuai dengan kemampuan mesin dan pompa. Akibat dari hal tersebut muka air akan naik dan turun secara bergantian menghasilkan aliran turbulen kedalam dan aliran keluar melalui lubang (*slot*) saringan.

Prosedur ini dilakukan terus menerus untuk menghilangkan material halus dan pasir oleh gerakan pengocokan, juga biasa disebut "*rawhiding*" sumur. Metoda ini untuk beberapa sumur memberikan hasil yang memuaskan, tetapi secara umum pengocokan tidak cukup memberikan hasil yang maksimal.

Penggunaan pompa turbin dalam proses ini diperlukan kehati-hatian serta perlu disadari bahwa terdapat resiko pompa turbin mudah rusak karena sangat riskan terhadap gerusan pasir keras, baik pada *impeler* maupun komponen lain seperti pada *saft* dan *bearing* pompa turbin.

Untuk sumur dengan muka air tanah yang dangkal tidak dianjurkan untuk dipakai demikian juga untuk sumur dengan diameter jambang pompa (*pump chamber*) kecil dan tipis.

Jika muka air tanah statis (swl) kurang dari 4 meter dan debit jenis sumur (Q_s) cukup besar dapat digunakan pompa sentrifugal.

Pada penggunaan dengan pipa sentrifugal, konfigurasi pipa hisap harus dipasang sepanjang sumur, atau dengan kata lain, ujung pipa hisap bagian bawah harus dibenamkan sampai dekat dasar sumur, kurang lebih 30 – 50 cm dari dasar sumur, dimaksudkan agar mampu menghisap endapan-endapan yang terakumulasi didasar sumur.

Pencucian ini hanya sebatas pada material lepas pengotor sumur, misalnya kerikil, pasir dan fluida yang belum mengeras dan mengganggu aliran. Untuk material seperti lumut dan *slime* dari bakteri besi atau bakteri lain yang tumbuh dan tertambat dalam sumur tidak akan selalu dapat terlepas dan tersedot pompa.

5.5. Metode Pengocokan (*Mekanical Surfing*)

Dengan menggunakan alat *plunger* semacam pompa piston dengan klep yang digerakan naik turun berulang ulang sepanjang sedikit diatas pipa saringan. Pergerakan tersebut dimaksudkan agar kotoran atau sumbatan karena inkrustasi ataupun korosi dapat terlepas dan keluar lubang bor. Untuk sumur dengan konstruksi besi dan sudah lama beroperasi yang jelas mengalami korosi parah, metode ini harus dilakukan dengan sangat hati hati, karena kondisi *screen* sudah dalam keadaan lemah akibat korosi tersebut.

5.6. Latihan

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Uraikan dengan jelas, singkat, prinsip development metode semburan udara (*air jetting method*)!
2. Pada *development* dengan semburan (*Jetting*) baik udara maupun air, tekanan semburan harus merata, apa akibatnya jika tidak merata ?
3. Mengapa *development* dengan metode pemompaan berlebih (*over pumping*) pada sumur yang sudah lama tidak efektif ? berikan alasan dan penjelasan.

5.7. Rangkuman

Pada dasarnya, *development* adalah bagaimana cara membersihkan sumur yang baru selesai dibuat, karena masih terdapat sisa-sisa fluida atau lumpur pemboran yang masih melekat pada dinding sumur, pipa-pipa instalasi maupun pada kerikil penyaring.

Prinsipnya dengan meni bulkan turbulensi dalam sumur atau pengocokan, sehingga material pengotor tersuspensi atau terlepas dari tempatnya kemudian hanyut terbawa arus air yang disembur keluar dari sumur.

Cara menimbulkan turbulensi diantaranya adalah dengan metode – metode:

- a) Semburan udara, menimbulkan turbulensi dan meniup air kotor keluar dari sumur.
- b) Semburan air bersih, menimbulkan arus cepat dan aliran air cepat dan membawa kotoran keluar sumur

- c) Memompa air dengan debit berlebih , sehingga menimbulkan aliran volume besar sambil membawa atau menghanyutkan material pengotor
- d) Memompa dan menghentikannya tiba-tiba, sehingga ada turbulensi dalam sumur, dan material pengotor terlepas bercampur air, kemudian air kotor dipompa keluar
- e) Memberi energi dengan mengocok sumur dengan piston sehingga air sumur menjadi kotor dan keruh, kemudian air dibuang keluar sumur.

5.8. Evaluasi

1. *Development* sumur memakai tekanan udara akan memberikan hasil yang sangat baik jika perbandingan saluran udara yang terbenam (*submergence*) berapa %.
 - a. 30 %
 - b. 50 %
 - c. 60 %
 - d. 90 %

2. Untuk metode penyemburan air berkecepatan tinggi pada sumur berdiameter kecil, atau spesifikasi saringan yang lemah, atau tidak diketahui, maka lubang sembur (*nozel*)
 - a. Ditempatkan pada tutup bawah pipa sembur,
 - b. Dipasang pipa nozel bentuk "U"
 - c. Dipasang pipa nozet bentuk "T"
 - d. Dipasang pipa nozel benyuk "L"

3. *Development* Metode Pengocokan (*Mekanical Surging*) menggunakan alat :
 - a. *Jetting tools*
 - b. *Back washer*
 - c. *Plunger*
 - d. *Bailer*



BAB VI

UJI PEMOMPAAN

Indikator Hasil Belajar:

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta dapat menjelaskan uji pemompaan.

6.1. Pengertian Umum dan Persiapan

Kegiatan uji pemompaan merupakan tahapan penting dalam pemboran sumur sebagai prasarana pengambilan air tanah. Uji pemompaan diharapkan dapat mengetahui kapasitas atau kemampuan sumur dalam memproduksi air disamping itu adalah untuk mengetahui karakteristik sumur dan parameter *hydraulic aquifer*.

Parameter tersebut diperlukan dalam perencanaan pembangunan prasarana pelengkap lainnya dalam irigasi air tanah atau air baku, serta digunakan dalam dasar operasional sumur air tanah untuk irigasi dan air baku selanjutnya, serta Konservasi Air Tanah. Oleh karenanya, data dari uji pemompaan harus akurat, Uji pemompaan akan akurat bila dilakukan sesuai dengan rencana metoda yang benar dan rencana pelaksanaan yang tepat dan cermat, baik dalam pencatatan waktu, pengukuran debit pemompaan dan kedalaman muka air tanah kemudian analisa yang benar serta mengikuti syarat syarat yang diperlukan.

Pada dasarnya uji pemompaan ditujukan pada dua hal yaitu :

1. Uji Sumur, sering disebut dengan uji pemompaan bertahap atau *step drawdown pumping test*, pengujian tujuan utamanya untuk mengetahui parameter konstruksi sumurnya sendiri serta efisiensi konstruksi sumurnya, disini juga terdapat banyak cara yang digunakan.
2. Uji Akuifer, sering disebut sebagai uji pemompaan dengan debit konstan, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui parameter atau karakter akuifer, banyak metode yang akan digunakan baik dalam prosedurnya maupun metode analisisnya

Uji Pemompaan tingkat dasar ini akan membahas dasar-dasar teori, langkah kerja serta beberapa contoh yang diungkapkan dalam modul ini agar prosedur perencanaan dalam pelaksanaannya dapat sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

Namun demikian prinsip prosedur uji pemompaan adalah memompa sumur dengan mengukur debit pemompaannya, mengukur penurunan muka air tanah, baik dalam sumur yang dipompa, maupun yang lengkap, juga mengukur penurunan muka air tanah di lingkungan sumur melalui sumur pengamat atau lubang *piezometer*. Pengukuran tersebut dilakukan berdasarkan waktu dengan interval tertentu disertai syarat syarat tertentu, kemudian melakukan analisa berdasarkan formula formula yang benar.

Perlu ditegaskan disini bahwa pekerjaan uji pemompaan merupakan kegiatan terpisah sama sekali dari kegiatan pemboran dan *development*, karena diperlukan waktu, personil dan peralatan yang berbeda.

Uji pemompaan dilaksanakan pada tahap setelah sumur selesai dibuat dan dicuci (*development*).

Sebelum mulai uji pemompaan perlu perencanaan yang matang, agar proses uji pemompaan tidak terganggu atau terhenti di tengah jalan. Jika terganggu atau terhenti maka uji pemompaan harus diulang dari awal.

Perencanaan uji pemompaan dilapangan diperlukan pengetahuan beberapa peralatan yang perlu disiapkan dan parameter yang rencana diukur, yaitu waktu pemompaan, debit pemompaan, dan kedudukan muka air tanah selama pemompaan berlangsung. Untuk itu diperlukan peralatan seperti mesin pompa air, pencatat waktu, pengukur kedudukan muka air tanah, dan pengukur debit.

6.1.1. Peralatan Uji pemompaan

Proses Uji pemompaan memerlukan kesiapan yang cukup beragam, mulai dari alat memompa sampai alat tulis yang tidak dapat diabaikan. Beberapa yang penting telah diuraikan dalam bab peralatan di depan.

Perencanaan dilapangan bila perlu sebelum berangkat dibuatkan skenario dan *list* atau daftar kegiatan dan peralatan beserta penanggung jawab masing masing pelaksana tugas di lapangan.

6.1.2. Persiapan Lokasi dan Komunikasi

Berbeda dengan pekerjaan pemboran sumur, dalam pelaksanaan pekerjaan uji pemompaan ini, peralatan yang digunakan lebih sederhana, bahkan kadang kadang tidak memerlukan alat berat, kecuali jika pekerjaan ini merupakan kelanjutan yang menerus dari pekerjaan pemboran dan development serta mesin bor atau alat berat masih digunakan untuk memudahkan pelaksanaan dan belum dipindahkan.

Uji pemompaan yang dilakukan terpisah dari pekerjaan lain atau pemboran dan development, perlu juga persiapan – persiapan sebagai berikut :

a) Jalan.

Jalan masuk dipertimbangkan dengan rencana peralatan yang akan digunakan, jika peralatan akan di bawa dengan kendaraan yang berat mungkin perlu perkuatan atau perkerasan. Perkuatan atau perkerasan dapat dilakukan dengan urugan batu – pasir atau tanah yang baik, atau untuk jalan berfluida dapat digunakan anyaman bambu atau potongan bambu yang disusun, yang paling praktis jika tersedia menggunakan plat baja berlubang (*perforated steel*) yang dibuat khusus untuk perkuatan jalan.

Uji pemompaan yang menggunakan sumur penduduk sebagai sumur pengamat, biasanya sudah tersedia jalan kampung atau jalan perumahan setempat yang dapat digunakan, namun harus dikenali.

Uji pemompaan yang menggunakan sumur *piezometer*, yang jarak antara sumur yang dipompa dengan sumur pengamat berkisar dari 10 m sampai kadang kadang mencapai 300m sebagai pengamat, kondisi jalan menuju *piezometer* harus dipersiapkan dan dikenali oleh semua anggota regu pelaksana, setidaknya mudah dijangkau dengan jalan kaki.

b) Air Lingkungan

Uji Pemompaan akan menghasilkan air yang cukup banyak. Syarat ketelitian uji pemompaan ini diantaranya adalah tidak adanya rembesan atau imbuhan air, baik dari air buangan hasil uji pemompaan itu sendiri atau air dari selokan disekitarnya maupun air limbah atau buangan yang berada disekitarnya.

Uji pemompaan di sawah sebaiknya dilakukan selama sawah tidak digenangi, buangan hasil pengujian disalurkan melalui saluran kedap atau dengan menggunakan pipa dibuang ke tempat yang jauh dari sumur yang dipompa, maksudnya agar tidak terjadi rembesan ke dalam sumur yang mengganggu muka air tanah dalam sumur yang sedang diamati.

Uji pemompaan akan menjadi lebih teliti jika dilengkapi dengan sumur pengamat yang bebas pengaruh pemompaan untuk memonitor dan mengukur kondisi atau naik turunnya muka air tanah harian di lingkungan sumur yang diuji. Muka air tanah secara alami akan mengalami naik turun yang wajar akibat dari banyak faktor, diantaranya adalah tekanan udara, pasang surut, adanya imbuhan dari daerah yang jauh bahkan gempa bumi dapat mempengaruhi naik turunnya muka air tanah harian

c) Komunikasi

Komunikasi antar pengamat (yang bertugas mengukur) pada uji pemompaan yang menggunakan sumur pengamat perlu disiapkan, misalkan dengan *handy talky* atau radio komunikasi yang selalu *standby*. Atau setidaknya semua anggota regu pengamat memakai telepon genggam.

Kelangkaan alat komunikasi dapat menyebabkan kegagalan hasil analisa karena tidak sinkronya pengamatan, misalnya terjadinya kerusakan alat ukur muka air tanah (*waater level sounding*) di sumur pengamat yang berjarak 300 m, maka untuk mendapatkan cadangan mungkin perlu banyak waktu dan pengamatan menjadi tertinggal, kecuali telah disiapkan cadangan di tempat.

6.1.3. Bahan dan Personil

Perencanaan bahan tidak kalah penting dalam pelaksanaan uji pemompaan, ketidak siapan bahan dapat saja menggagalkan kegiatan uji pemompaan. Bahan yang harus diperhitungkan diantaranya:

- a) Bahan pelaporan, blangko – blangko, tabel debit, grafik standar, alat tulis, *clip board* alas menulis, kalkulator dan alat dokumentasi.
- b) Bahan bakar minyak harus diperhitungkan cukup untuk pengujian dengan tenaga penggerak mesin diesel atau mesin dengan BBM minyak.
- c) Pelumas, oli dan grease, harus diperhitungkan cukup, mengingat mesin penggerak akan dihidupkan ber jam-jam atau beberapa hari, ini juga diperlukan bagi tenaga penggeraknya mesin atau generator.

- d) Bahan bahan *packing*, mur baut yang kadang diperlukan segera dan mendadak untuk mengatasi kebocoran.
- e) Lampu penerangan, baterai, accu untuk cadangan alat – alat ukur, periksa semua alat ukur sebelum mulai pengujian, identifikasikan masing masing menggunakan jenis dan tipe baterai apa.
- f) Bahan obat obatan atau minimal kotak PPPK.

Ketidak siapan bahan dan alat dapat mengganggu pelaksanaan, dan jika terpaksa pengujian harus diulangi dari awal akan membuang waktu dan biaya.

Pengaturan jumlah dan rencana tugas masing masing personil perlu disiapkan sejak dini sebelum ke lapangan, perlu dibuatkan daftar personil dan penjadwalan serta tugas masing masing, mengingat uji pemompaan memakan waktu yang cukup lama dan menyita konsentrasi pelaksana tugas, hal tersebut diperlukan agar hasil yang diperoleh teliti dan akurat tidak perlu mengulangi. Masing masing personil perlu disiapkan cadangan, terpaksanya sudah jelas rincian tugasnya bila dilakukan perangkapan tugas.

Disarankan dalam pelaksanaan uji pemompaan terutama yang menggunakan mesin penggerak, agar didalam team terdapat ahli mekanik atau ahli mesin yang sesuai dengan mesin yang digunakan.

Perlengkapan personil, mulai tenda lapangan atau tempat berteduh, kursi lapangan, jas hujan, jaket, *field bed*, sepatu lapangan, kaos tangan, topi lapangan, peralatan makan dan minum, sangat mengganggu jika tidak direncanakan untuk disiapkan sedari awal.

6.1.4. Permasalahan dalam Pengujian

Pengujian akuifer dan pengujian sumur bor, yang terpenting dalam adalah keakuratan dalam perekaman atau pencatatan data. Tidak hanya debit atau ketinggian air tetapi juga waktu pengukuran harus dicatat dengan hati-hati dan teliti, sedangkan tingkat debit harus diperiksa dan dicatat secara berkala. Jika terjadi perubahan pada tingkat pemompaan yg tidak dicatat, misalnya 2% saja yang tidak tercatat, maka analisa data bisa berantakan dan hasilnya akan terjadi banyak kesalahan sehingga kesimpulan tidak bisa dihasilkan atau bisa menghasilkan kesimpulan yg salah.

Uji akuifer sangat dibutuhkan dan digunakan oleh para pakar hidrogeologi dalam membantu memberikan pertimbangan dan memberikan perijinan untuk pembuatan sumur bor, namun biasanya para ahli sumur bor selain berdasar pada pengalaman, mereka juga memiliki metode tersendiri dalam melakukan pengujian akuifer sehingga kesalahan-kesalahan pengujian bisa diminimalisir.

Uji pemompaan seringkali ditemui masalah, baik teknis mekanik, maupun gangguan alami.

Gangguan teknis mekanis seperti pompa dapat diminimalisir jika sebelum pengujian dilakukan persiapan yang matang, berupa pengecekan dan mencoba mesin, pompa, serta peralatan lainnya. sehingga pompa harus sudah dalam kondisi prima; Gangguan alam yaitu jika selama pemompaan terjadi hujan lebat yang mempengaruhi muka air tanah cukup signifikan, maka uji pemompaan harus diulangi.

a) Debit pemompaan tidak konstan

Variasi kecepatan putar motor penggerak pompa merupakan penyebab utama dari debit pemompaan tidak dapat konstan, sehingga penurunan muka airtanah menjadi tidak teratur.

Bila yang dipergunakan adalah motor bensin atau motor diesel sebagai penggerak pompa, harus dipilih debit di bawah kemampuan maksimum motor (pompa). Bila mesin pompa bekerja dalam kemampuan maksimum maka putaran mesin (rpm) cenderung akan bervariasi yang akan mengakibatkan debit pemompaan tidak tetap. Oleh karenanya disarankan agar motor penggerak bekerja setengah atau sepertiga dari maksimum putaran mesin (rpm) (*Driscoll, 1986*).

Dalam kisaran ini biasanya motor akan berputar dengan teratur yang akan menyebabkan debit pemompaan menjadi tetap. Problem ini akan mudah diatasi bila menggunakan pompa dengan tenaga listrik PLN.

Masalah pompa ini sangat vital karena data uji pemompaan harus bisa diperoleh dari satu kali uji pemompaan. Oleh karenanya untuk uji *akuifer* pompa harus prima dan minimal harus dapat bekerja selama tidak kurang dari 72 jam. Kerusakan pompa selama uji pemompaan berlangsung akan mengakibatkan penambahan biaya yang sangat mahal dan akurasi data tidak tepat, dan wajib diulang.

Besarnya debit pemompaan harus diperiksa dan dicatat setiap saat. Pengendalian debit pemompaan selama pengujian memerlukan peralatan yang akurat untuk mengendalikan debit pemompaan dan yang paling sederhana adalah memasang katup pengendali yang sesuai dengan pipa pembuangan. Dianjurkan untuk membuka katup pengendali $\frac{1}{4}$ sampai $\frac{3}{4}$ bukaan (*Driscoll, 1986*), sehingga terjadi tekanan balik atau terjadinya tinggi tekanan yang akan mengurangi fluktuasi debit pemompaan yang disebabkan ketidakstabilan kecepatan putar pompa yang disebabkan arus listrik yang tidak stabil, terjadinya perubahan temperatur, kelembaban, atau pencampuran bahan bakar di motor penggerak.

b) Pompa mati pada waktu pengujian berlangsung

Apabila pengujian terhenti karena pompa mati, saat waktu berhenti harus dicatat begitu pula waktu pemompaan dimulai lagi. Selama pompa berhenti pengamatan dan pengukuran karnbuh harus dilaksanakan secermat mungkin. Setiap kejadian selama pemompaan berlangsung harus dicatat untuk membantu analisis.

- 1) Bila dalam uji pemompaan terjadi gangguan maka yang perlu dilakukan adalah mencatat dengan akurat waktu terjadinya gangguan dan waktu dimulainya lagi pemompaan-
- 2) Bila berhentinya pompa kurang dari empat jam, maka pengujian dapat diteruskan dan waktu pengujian ditambah sebesar lamanya pompa berhenti. Jadi pada prinsipnya lamanya pemompaan tidak boleh dikurangi. Apabila pompa berhenti lebih dari empat jam maka uji pemompaan harus diulangi dari awal lagi.

6.2. Pengertian Uji Pemompaan Debit Bertingkat

Uji pemompaan debit bertingkat dilaksanakan dengan debit pemompaan diubah di setiap tahapan yang dikehendaki dalam kurun waktu tertentu. Debit tersebut dapat ditambah atau dikurangi di setiap tingkatan.

Uji pemompaan debit bertingkat dengan debit ditambah dilakukan dengan memperbesar debit pemompaan pada setiap tahapan.

6.2.1. Tujuan Uji Pemompaan Debit Bertingkat

Uji Pemompaan Debit Bertingkat sering juga disebut pengujian sumur (*Well Test*) diantaranya adalah untuk mengetahui kesempurnaan konstruksi sumur, menentukan besaran kapasitas jenis sumur, mengetahui efisiensi sumur.

Komponen parameter sumur yang akan diperoleh diantaranya adalah dengan debit (Q) dan penurunan muka air (s) yang diukur, dapat diperoleh kapasitas jenis sumur Sw (specific discharge). Dapat diperoleh parameter koefisien *head Loss* (B), koefisien *well Loss* (C), *well loss* (CQ^2), *akuifer loss* (BQ), kapasitas jenis sumur (Qs) dan efisiensi eumur (E).

6.2.2. Dasar Teori Uji Pemompaan Debit Bertingkat

Uji pemompaan debit bertingkat umumnya dilakukan pada tahap akhir pelaksanaan pekerjaan konstruksi pemboran sumur produksi telah diselesaikan dan telah dilakukan pembersihan/ penyempurnaan sumur (*well jetting/ development*). Uji ini juga dilakukan pada sumur yang telah lama atau oleh sesuatu sebab harus dilakukan pencucian sumur atau *redevelopment*, atau setelah sumur direparasi.

Bierschenk menyatakan bahwa efisiensi sumur tergantung pada besarnya pemompaan yang nilainya terdiri atas efisiensi pemompaan (E_p) dan faktor pembersihan sumur (*well development*) (F_d).

Besarnya nilai efisiensi Pemompaan (E_p) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$E_p = BQ / Sw \times 100 \%$$

Sumur akan disebut efisien apabila nilai E_p -nya minimal 50%; Sedang faktor *Well Development* dinyatakan dalam rumus:

$$F_d = C / B \times 100$$

Sehingga total penurunan muka air di sumur dinyatakan sebagai :

$$S_w = BQ + CQ^2$$

dimana :

- S_w = Total penurunan muka air (m)
- BQ = kehilangan tinggi tekan pada *akuifer* (m)
- B = koefisien kehilangan tinggi tekan *akuifer* (*head loss*) (dt/m^2)
- C = koefisien kehilangan tinggi tekan pada sumur (*well loss*) (dt^2/m^5)
- CQ^2 = kehilangan tinggi tekan pada sumur (m)

Tabel 6.1. Harga koefisien kehilangan tinggi tekan pada sumur (*well loss*)

C (menit ² / m ⁵)	Kondisi Sumur
< 0,5	Baik
0,5 - 1	Mengalami sedikit penyumbatan
1 - 4	Penyumbatan di beberapa tempat
> 4	Sulit dikembalikan seperti semula

Sumber: Bisri. M, 2012; 91

Sumur yang produktif menurut *Walton* dan *Bierschenk* adalah sumur yang mempunyai harga koefisien kehilangan tinggi tekan pada sumur (C) dan faktor *development* (Fd) yang kecil. Nilai C dan Fd dapat dilihat pada Tabel 6.1 dan 6.2. Faktor *development* (Fd) dinyatakan dengan $Fd = (c/b) \times 100$

Tabel 6.2. Klasifikasi sumur berdasarkan faktor *development* (*Bierschenk*)

Fd (hari / m ³)	Kelas
< 0,1	Sangat Baik
0,1 - 0,5	Baik
0,5 - 1	Sedang
> 1	Jelek

Sumber: Bisri. M, 2012; 91

Debit optimum pompa adalah besarnya debit air yang diambil/ dipompa dengan menghitung nilai Q maksimum dan S_w maksimum.

$$S_{w_{maks}} = B Q_{maks} + C Q_{maks}^2$$

$$Q_{maks} = 2\pi r_w D \sqrt{K/15}$$

Kemudian Q_{maks} dan $S_{w_{maks}}$ diplotkan pada grafis penurunan dengan garis linier sehingga antara garis persinggungan tersebut diperoleh nilai $Q_{optimum}$ dan S_w optimum.

6.3. Prosedur Uji Pemompaan Debit Bertingkat

6.3.1. Pengujian

Sesaat sebelum pemompaan atau uji pemompaan dimulai, dilakukan pengukuran muka air tanah awal, dan dicatat dalam kolom SWL (*static water level*), dari suatu titik yang ditandai diatas permukaan tanah, biasanya adalah bibir casing sumur, titik ini ditandai dan digunakan sebagai titik pangkal pengukuran seterusnya.

Data data lain seperti nomor sumur, lokasi, desa, kecamatan, dan koordinat harus jelas tercatat dalam formulir laporan.

Tanggal dan jam mulai dan selesai juga harus dicatat, kondisi cuaca, apakah terjadi hujan atau tidak. Nama operator, mesin yang digunakan, peralatan ukur yang dipakai juga dicatat dalam formulir laporan. Penurunan muka air tanah diukur selama pengujian di setiap tingkatan dalam interval waktu tertentu, setelah satu tahap pengukuran tersebut, misalnya selama 1 (satu) jam, kemudian langsung masuk ke tahap berikutnya dengan membesarkan debit tanpa menghentikan pemompaan (mesin pompa tidak dimatikan) dan penurunan muka air tanah diukur mulai dari menit selanjutnya dengan interval seperti pada tahap pertama sampai selesai tahap kedua, langsung dimuai dengan tahap ke tiga dengan langsung membesarkan debit tanpa mematikan mesin pompa, dan pengukuran muka air tanah dilanjutkan dengan interval seperti tahap sebelumnya, demikian seterusnya.

Apabila semua tahapan yang direncanakan sudah dilaksanakan, maka mesin pompa dimatikan tetapi langsung juga dilakukan pengukuran muka air tanah, pada tahap ini, muka air tanah akan mengalami kenaikan kembali dan ini disebut sebagai masa kambuh atau *recovery*.

Pengukuran muka air tanah pada masa kambuh menggunakan interval waktu tertentu. Kambuhnya muka air tanah diukur sampai permukaan air tanah kembali pada kondisi SWL atau *static water level* yaitu muka air tanah awal sebelum pemompaan dimulai.

Masa kambuh kadang kadang tidak sepenuhnya terjadi atau muka air tanah tidak kembali ke asal atau sama persis dengan muka air tanah awal, kadang kadang dapat lebih dangkal dari semula, kadang kadang tidak dicapai kondisi muka air tanah seperti kedalaman awal, hal tersebut dipengaruhi banyak faktor, disamping cuaca juga kondisi hidrogeologi akuifernya.

Kedudukan awal muka air tanah yang dalam waktu lama tidak terjadi, dapat dibatasi misalnya pengamatan *recovery* hanya sampai 12 atau 24 jam, tergantung hasil plottingnya sudah dapat dianalisa atau belum. Banyaknya tingkatan uji pemompaan debit bertingkat tergantung pada rencana, tetapi minimal tiga atau empat tingkat, dan setelah pengujian bertingkat selesai serta pemompaan dihentikan dilakukan uji kambuh seperti diuraikan diatas.

6.3.2. Langkah Analisa

Setelah diperoleh data pengukuran dari pelaksanaan pemompaan yang berupa hasil pengukuran debit (Q) dalam liter per detik, kemudian dikonversi dalam meter kubik per hari, muka air tanah awal (SWL) dalam meter, dan muka air tanah selama pemompaan atau data PWL (*pumping water level*), dalam meter, kemudian dihitung nilai *drawdown* (s) dalam meter; biasanya data tersebut sudah tercantum dalam format laporan dan langsung dihitung.

Langkah perhitungan, sebagai berikut :

- a) Dari data hasil uji pemompaan ini, pada setiap harga Q akan diperoleh nilai sw yang konstan, maka selanjutnya hitung nilai sw/Q untuk Q yang bersesuaian,
- b) Plot titik-titik hubungan antara sw/Q sebagai sumbu Y dan Q sebagai sumbu X pada skala normal.
- c) Regresikan titik-titik data tersebut dengan persamaan linier.
- d) Nilai B diperoleh dari perpotongan garis regresi dengan sumbu Y.
- e) Nilai C diperoleh dari kemiringan garis regresi, atau :

$$f) \quad C = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \operatorname{tg} \alpha$$

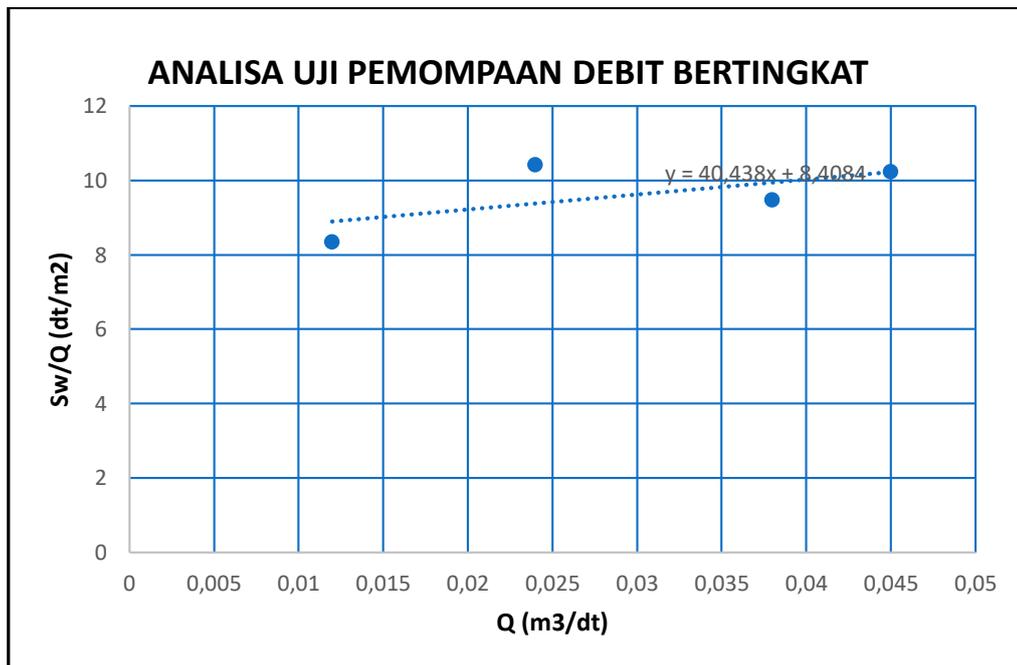
Sebagai Contoh, hasil uji pemompaan diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 6.3. Tabel contoh data hasil pengujian

Tahap Pengujian	Q l/dt (l/dt)	Sw (m)	Sw/Q (dt ² /m ²)	Q (m ³ /dt)
1	12	0.1	8.333333	0.012
2	24	0.25	10.41667	0.024
3	38	0.36	9.473684	0.038
4	45	0.46	10.22222	0.045

Setelah diplot diperoleh grafik seperti dalam gambar 6.1 dan hasilnya sebagai berikut :

Nilai B = 8.4 dt/m² = 0.14 menit/m²
 Nilai C = 40.44.dt²/m⁵ = 0.674 menit²/dt⁵
 FD = 4.81.429 menit/m³ = 0.334 hari/m³



Gambar 6.1. Contoh plotting data hasil pengujian

Kesimpulan berdasar nilai C dan FD sumur mengalami sedikit penyumbatan, masuk dalam sumur berkelas baik.



Gambar 6.2. Pelaksanaan Uji pemompaan dengan Vee Notch

6.4. Pengertian uji pemompaan debit konstan

Prinsip uji pemompaan adalah jika kita memompa air dari sumur dan mengukur debit sumur dan *drawdown* dalam sumur dan di dalam *piezometer* yang diketahui jaraknya dari sumur, kita dapat memasukkan data hasil pengukuran ini pada persamaan aliran sumur yang sesuai, sehingga dapat menghitung karakteristik hidrolik dari akuifer.

Uji pemompaan debit konstan atau sering disebut sebagai uji pemompaan menerus hakekatnya adalah untuk menguji kemampuan *Akuifer (Akuifer Performance Test)* yaitu untuk menentukan besarnya nilai Koefisien Keterusan Air/ nilai *Transmisivitas (T)*.

Kruseman dan de Ridder (2000) membagi jenis akuifer dengan beberapa metode pengujian dan analisisnya, diringkas seperti dalam tabel : 6.4

Tabel 6.4. Jenis Akuifer dan Beberapa Metode Uji Pemompaannya

Jenis Akuifer	Unstedy State	Steady State
Confined Akuifer	<i>Theis's method</i>	<i>Thiem's method</i>
	<i>Jacob,s method</i>	
Leaky Aquifer	<i>Walton's method</i>	<i>De Glee's method</i>
	<i>Hantush's inflection-point method</i>	<i>Hantush-Jacob's method</i>
	<i>Hantush's curve-fitting method</i>	
	<i>Neuman-Witherspoon's method</i>	
Unconfine Akuifer	<i>Neumans's curve fitting method</i>	<i>Theim-Dupuit's method</i>

6.5. Akuifer Tertekan

Ketika memompa sumur yang benar-benar menembus penuh akuifer yang tertekan (Gambar 6.3), pengaruh dari pemompaan meluas keluar secara radial dari sumur seiring bertambahnya waktu, dan air yang dipompa ditarik sepenuhnya dari tempat penyimpanan di akuifer.

Secara teori, karena air yang dipompa harus berasal dari pengurangan penyimpanan (*sorage*) di dalam akuifer, maka aliran taktunak (*unsteady*) bisa saja terjadi.

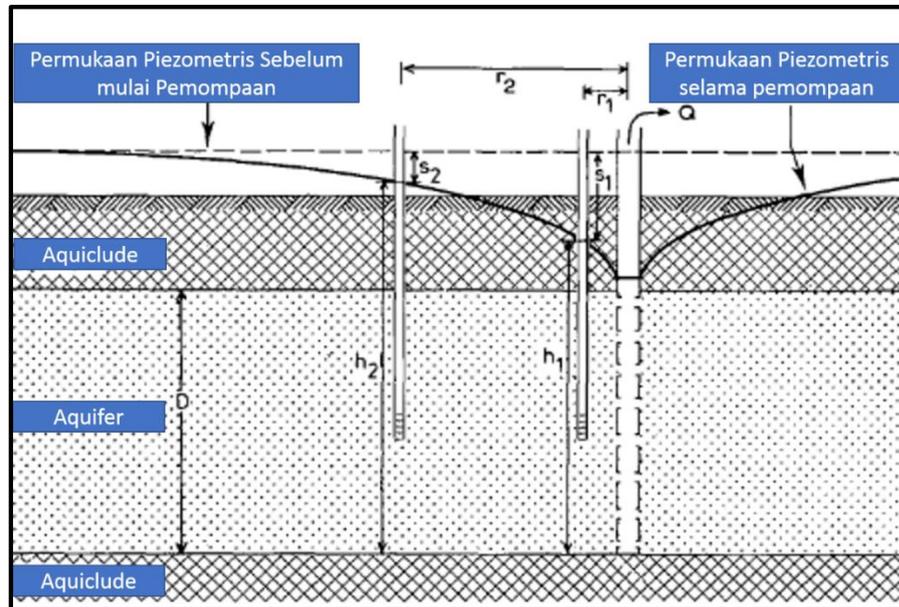
Namun dalam prakeiknya, aliran air kedalam sumur dianggap menjadi sangat kecil terhadap waktu selama perubahan *drawdown* sehingga aliran dianggap dalam kondisi tunak (*steady*).

Asumsi dan kondisi yang mendasari metode dalam aquifer tertekan ini adalah:

- a) Akuifer tertekan;
- b) Akuifer memiliki luas areal yang tak terbatas;
- c) Akuifer homogen, isotropik, dan ketebalan seragam pada daerah yang dipengaruhi oleh pengujian;
- d) Sebelum memompa, permukaan pisometri horizontal (atau hampir) seluruh daerah yang akan dipengaruhi oleh pengujian;
- e) Akuifer dipompa dengan debit konstan;
- f) Sumur menembus seluruh ketebalan akuifer dengan demikian menerima aliran air secara horisontal

Asumsi tambahan untuk aliran yang unsteady :

- a) Air yang diambil dari tempat penyimpanan segera habis dengan menurunnya *head*;
- b) Diameter sumur kecil, artinya penyimpanan (*storage*) di dalam sumur bisa abaikan.



Gambar 6.3. Penampang Akuifer Tertekan Selama Dipompa

6.5.1. Metode Thiem aliran Tunak (Steady State)

Thiem (1906) adalah salah satu yang pertama menggunakan dua atau lebih sumur pengamat (*piezometer*) untuk menentukan transmisivitas akuifer. Persamaan jika menggunakan satu *piezometer* dinyatakan sebagai

$$Q = \frac{2\pi KD(h_2 - h_1)}{2.30 \log(r_2/r_1)}$$

Untuk praktisnya ditulis :

$$Q = \frac{2\pi KD(s_{m1} - s_{m2})}{2.30 \log(\frac{r_2}{r_{21}})} \tag{5.1}$$

Jika pengujian hanya menggunakan 1 *piezometer* rumus menjadi :

$$Q = \frac{2\pi KD(s_{mw} - s_{m1})}{2.30 \log(\frac{r_1}{r_w})} \tag{5.2}$$

dimana

- Q = Debit Sumur (m³/d)
- KD = Transmissivity akuifer (m²/d) = T

s_{mw} dan *s_{m1}*, *s_{m2}* adalah *drawdown* kondisi tunak pada sumur, *piezometer-1* dan *piezometer-2* (m)

h_1 dan h_2 = kedalaman muka air dalam piezometer

r_1 dan r_2 = jarak *piezometer* ke sumur (m)

r_w = radius sumur

Persamaan tersebut penggunaannya terbatas, karena kondisi hidrolis lokal di dalam dan di dekat sumur sangat mempengaruhi *drawdown* sumur (misalnya s , dipengaruhi oleh *well losses* baik yang disebabkan oleh aliran melalui *screen* sumur dan aliran di dalam sumur (masuk kedalam pompa) . Persamaan tersebut harus digunakan dengan hati-hati dan hanya bila metode lain tidak dapat diterapkan.

Untuk ketelitian, sebaiknya dalam pengujian ini menggunakan dua atau lebih *piezometer* yang terletak cukup dekat dengan sumur, sehingga *drawdown* lebih jelas diamati dan mudah diukur.

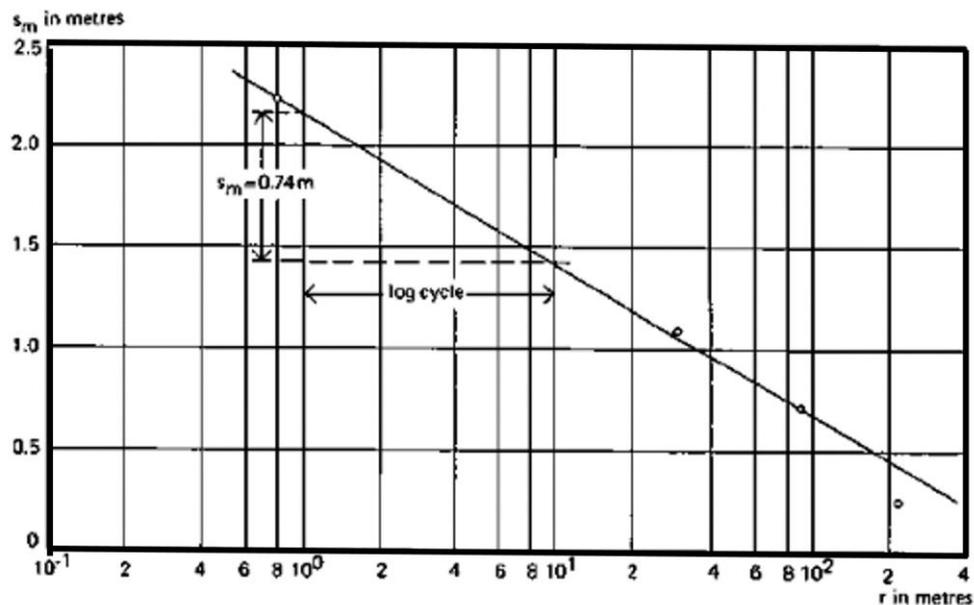
a) Prosedur analisa 1.

- Plot *drawdown* yang diamati pada setiap *piezometer* terhadap waktu yang sesuai pada kertas semi-log, *drawdown* diplot pada sumbu vertikal berskala linier dan waktu (t) diplot pada sumbu horizontal dengan skala logaritmik
- Buat kurva *drawdown* vs waktu untuk setiap *piezometer*, kurva terbaik jika dibuat tepat melalui tiap titik. Hasilnya akan nampak bahwa garis kurva *piezometer* di ujung akhir tiap kurva masing masing *piezometer* kurang lebih akan paralel atau sebangun. Ini berarti gradien hidroliknya konstan dan alirannya di akuifer dapat dianggap dalam keadaan tunak (*steady*);
- Baca setiap *drawdown* yang tunak pada *piezometer* sebagai nilai s_{m1} .
- Masukkan nilai *drawdown* yang tunak s_{m1} dan s_{m2} untuk dua *piezometer* ke dalam persamaan 5.1. bersama dengan nilai r yang sesuai dan nilai Q yang diketahui, akan diperoleh nilai KD atau T (*transmissivity*);
- Ulangi prosedur ini untuk semua kemungkinan kombinasi *piezometer*. Secara teoritis, hasilnya harus menunjukkan kemiripan yang dekat; Namun dalam prakteknya, perhitungan tersebut mungkin memberi nilai KD yang sedikit berbeda, hal ini karena kondisi homogenitas akuifer tidak terpenuhi. Maka hasil akhirnya menggunakan rata-ratanya.

- b) Prosedur analisa 2.
- Plot pada kertas semi-log yang diamati *drawdown* tunak transien s , masing-masing *piezometer* terhadap jarak r antara sumur dan *piezometer*. (Gambar 6.4.)
 - Gambarkan garis lurus terbaik melalui titik-titik yang diplot; ini adalah grafik jarak-*drawdown*.
 - Tentukan kemiringan garis Δs_m , yaitu perbedaan *drawdown* per siklus log dari r , untuk $r_2/r_1 = 10$ atau $\log r_2/r_1 = 1$; (satu siklus log) Dengan demikian persamaan 5.1 menjadi

$$Q = \Delta s_m \frac{2\pi KD}{2.30} \tag{5.3}$$

Masukkan nilai numerik Q dan Δs_m dalam persamaan, akan diperoleh nilai KD Aliran Tunak (Steady-state) didefinisikan di sini sebagai situasi di mana variasi *drawdown* dengan waktu dapat diabaikan, atau di mana gradien hidrolik menjadi konstan. Bagaimanapun harus diketahui, bahwa sesungguhnya kondisi tunak yang benar-benar, yaitu perubahan *drawdown* sama dengan nol, tidak mungkin terjadi dalam akuifer tertekan;



Gambar 6.4. Ploting data s_m versus r

Kondisi lapangan mungkin sedemikian rupa sehingga dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai keadaan aliran tunak. Waktu pemompaan yang begitu lama tidak selalu dibutuhkan, karena aliran *transient steady state*, yaitu aliran dengan gradien hidrolik konstan, kemungkinan juga dapat dicapai lebih cepat.

6.5.2. Metode Theis Taktunak (*Unsteady State*)

Theis (1935) adalah orang pertama yang mengembangkan formula untuk aliran taktunak (*unsteady state*) yang memperkenalkan faktor waktu dan storativitas. Dia mencatat bahwa saat sebuah sumur menembus akuifer tertekan yang luas dan dipompa dengan debit konstan, pengaruh debit meluas keluar seiring dengan waktu.

Tingkat kecepatan penurunan *head*, dikalikan dengan storativitas, dari seluruh area pengaruh pemompaan, sama dengan debit.

Persamaan Theis atau persamaan aliran taktunak (*Unsteady-state*), diturunkan dari analogi antara aliran air tanah dan konduksi panas, ditulis (setelah disederhanakan) sebagai :

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} W(u) \tag{5.4}$$

s = drawdown (m) diukur di *piezometer* berjarak *r* (m) dari sumur

Q = debit konstan sumur (m³/d)

KD = Transmissivity akuifer (m²/d)

S = Storativity akuifer tanpa dimensi

t = Waktu sejak pemompaan

$$u = \frac{r^2 S}{2KD_t} \text{ sehingga } s = \frac{4KD_t u}{r^2} \tag{5.5}$$

$$W(u) = -0.5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2.2!} + \frac{u^3}{3.3!} - \frac{u^4}{4.4!} + \dots$$

Dengan menggunakan persamaan 5.4 dan 5.5. Theis merancang 'metode kurva-fitting' (Jacob 1940) untuk menentukan *S* dan *KD*. Persamaan 5.4 juga bisa ditulis sebagai :

$$\log s = \log\left(\frac{Q}{4\pi KD}\right) + \log(W(u)) \tag{5.6}$$

Dan persamaan 5.5. ;

$$\log \frac{r^2}{t} = \log\left(\frac{4KD}{S}\right) + \log(u) \tag{5.7}$$

Beberapa ahli menulis bahwa *KD* = *T*.

Karena $\frac{Q}{4\pi KD}$ dan $\frac{4KD}{S}$ konstan, hubungan antara $\log s$ dan $\log (r^2/t)$ akan serupa dengan relasi antara $\log W(u)$ dan $\log(u)$. Metode *kurva-fitting Theis* ini didasarkan pada fakta bahwa jika s diplot terhadap r^2/t dan $W(u)$ terhadap u pada kertas log-log yang sama, kurva yang dihasilkan (kurva data dan kurva tipe,) berbentuk sama, namun secara horisontal dan vertikal bergeser karena adanya konstanta $\frac{Q}{4\pi KD}$ dan $\frac{4KD}{S}$. Kedua kurva itu bisa dibuat agar sesuai. Koordinat titik pencocokan yang berubah-ubah tetap berhubungan dengan s , r^2/t , u , dan $W(u)$, yang dapat digunakan untuk menghitung KD dan S dengan persamaan 5.4 dan 5.5. Bahkan menggunakan plotting $W(u)$ versus (u) (kurva tipe normal) yang dikombinasikan dengan plot data s versus r^2/t , seringkali lebih mudah untuk menggunakan plotting $W(u)$ versus $1/u$ (kurva tipe terbalik) dan plotting s versus t/r^2 .

Dalam metode ini diasumsikan:

- Sebelum memompa, permukaan potensiometri kira-kira horizontal (Tidak ada kemiringan),
- Akuifer tertekan dan memiliki batas yang "jelas" tak terbatas,
- Akifernya homogen, isotropik, dengan ketebalan seragam di seluruh daerah yang dipengaruhi oleh pemompaan,
- Sumur dipompa pada debit konstan,
- Sumurnya benar-benar menembus akuifer (*fully penetrating*),
- Air yang dikeluarkan dari storage serentak dilepas dengan penurunan head,
- Diameter sumur kecil sehingga storage dalam sumur bisa diabaikan.

Data yang diperlukan dalam analisa ini :

- *Drawdown* vs data waktu di sumur pengamat (*piezometer*)
- Jarak dari sumur yang dipompa ke *piezometer*
- Debit pemompaan

a) Prosedur analisa

- 1) Pada kertas log-log, buat grafik nilai s_w melawan t yang diukur selama uji pemompaan,
- 2) Kurva teoritis $W(u)$ versus $1/u$ diplot pada kertas log-log. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan nilai tabulasi fungsi sumur (lihat Tabel 6.5). Kurva tipe siap cetak juga tersedia (lihat Gambar 6.5),

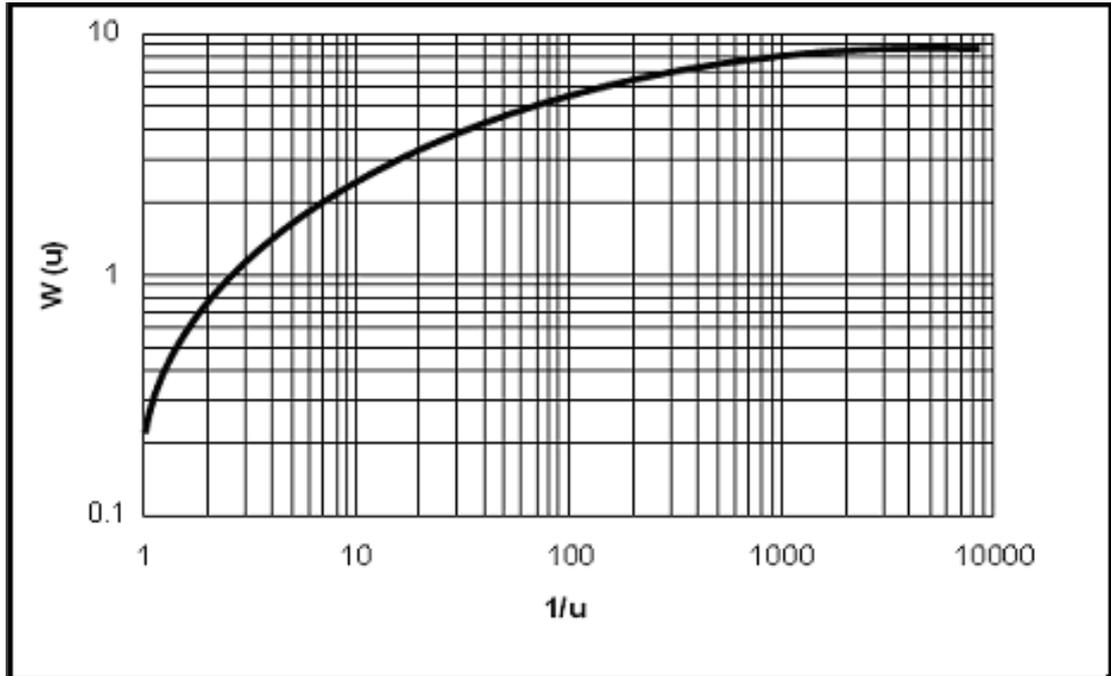
- 3) Pengukuran lapangan juga diplot pada plot log-log dengan (t) sepanjang sumbu x dan (sw) sepanjang sumbu y (lihat Gambar 6.6),
- 4) Pertahankan sumbu-sumbu tetap sejajar dengan benar, tumpangkan kurva tipe pada plot data (yaitu Analisis data dilakukan dengan mencocokkan data yang diamati dengan kurva tipe),
- 5) Pilih titik yang mudah pada kertas grafik (match point) dan bacalah koordinat titik di kedua pasang sumbu. Ini memberi koordinat (1/u, W(u)) dan (t, sw) (lihat Gambar 6.7),
- 6) Gunakan persamaan untuk menentukan T dan S.

Titik pada plot data yang sesuai dengan waktu awal adalah yang paling tidak dapat diandalkan. Match point tidak harus berada pada kurva tipe. Sebenarnya perhitungannya dapat disederhanakan jika memilih titik dimana $W(u) = 1$ dan $1/u = 10$.

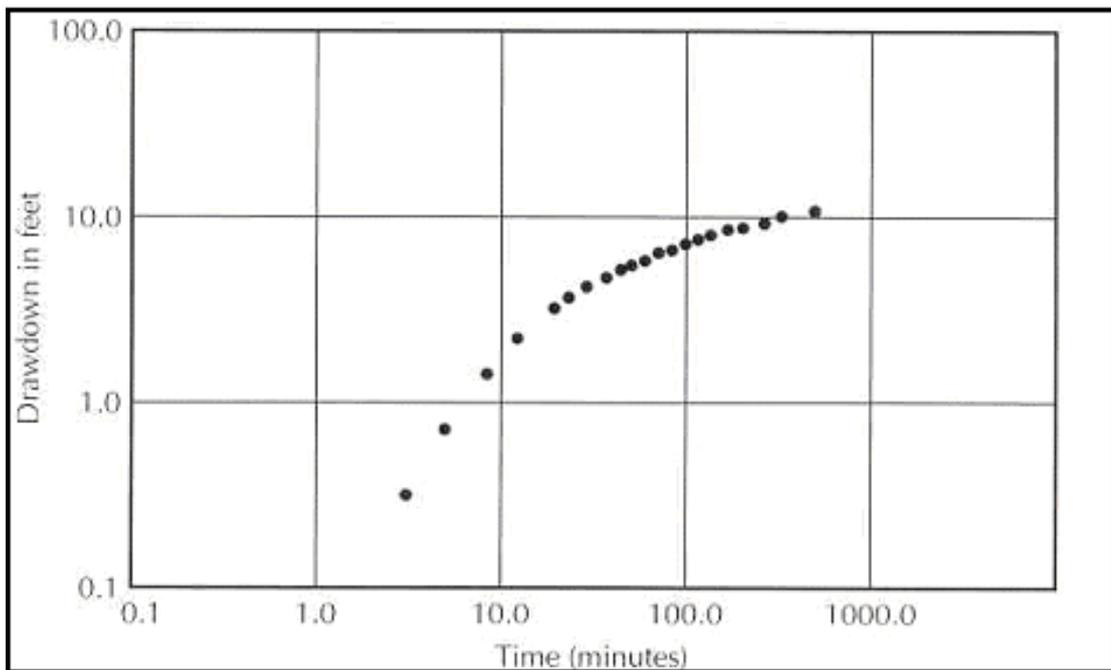
Tabel 6.5. Nilai fungsi W(u) untuk berbagai nilai u

u	W(u)	u	W(u)	u	W(u)	u	W(u)
1×10^{-10}	22.45	7×10^{-6}	15.90	4×10^{-5}	9.55	1×10^{-2}	4.04
2	21.76	8	15.76	5	9.33	2	3.35
3	21.35	9	15.65	6	9.14	3	2.96
4	21.06	1×10^{-7}	15.54	7	8.99	4	2.68
5	20.84	2	14.85	8	8.86	5	2.47
6	20.66	3	14.44	9	8.74	6	2.30
7	20.50	4	14.15	1×10^{-4}	8.63	7	2.15
8	20.37	5	13.93	2	7.94	8	2.03
9	20.25	6	13.75	3	7.53	9	1.92
1×10^{-9}	20.15	7	13.60	4	7.25	1×10^{-1}	1.823
2	19.45	8	13.46	5	7.02	2	1.223
3	19.05	9	13.34	6	6.84	3	0.906
4	18.76	1×10^{-6}	13.24	7	6.69	4	0.702
5	18.54	2	12.55	8	6.55	5	0.560
6	18.35	3	12.14	9	6.44	6	0.454
7	18.20	4	11.85	1×10^{-3}	6.33	7	0.374
8	18.07	5	11.63	2	5.64	8	0.311
9	17.95	6	11.45	3	5.23	9	0.260
1×10^{-8}	17.84	7	11.29	4	4.95	1×10^1	0.219
2	17.15	8	11.16	5	4.73	2	0.049
3	16.74	9	11.04	6	4.54	3	0.013
4	16.46	1×10^{-5}	10.94	7	4.39	4	0.004
5	16.23	2	10.24	8	4.26	5	0.001
6	16.05	3	9.84	9	4.14		

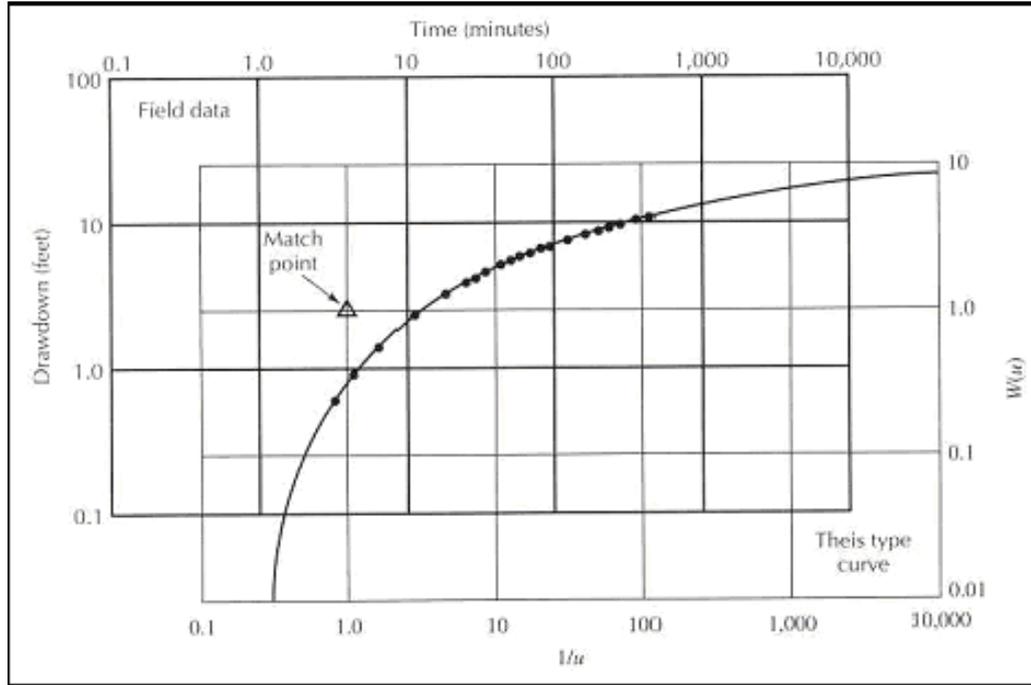
Source: Adapted from L. K. Wenzel, *Methods for Determining Permeability of Water-Bearing Materials with Special Reference to Discharging Well Methods*. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 887, 1942.



Gambar 6.5. Theis type curve untuk akuifer tertekan



Gambar 6.6. Ploting data pada kertas logaritmis untuk cara *cuva matching*



Gambar 6.7. Matching data lapangan diatas Theis Type Curve

6.5.3. Metode Jacob (Cooper - Jacob).

Dari persamaan 5.4 :

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} W(u) = \frac{Q}{4\pi KD} (-0.5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2.2!} + \frac{u^3}{3.3!} - \frac{u^4}{4.4!} + \dots)$$

Dari $u = \frac{r^2 S}{2KD_t}$

maka akan terlihat bahwa u berkurang seiring waktu memompa t meningkat, dan jarak dari sumur r menurun. Oleh karena itu, untuk pengamatan drawdown yang dilakukan di sekitar sumur setelah waktu pemompaan yang cukup lama, persyaratan di luar deret ln u menjadi sangat kecil sehingga bisa diabaikan. Jadi untuk nilai kecil u (u < 0,01), drawdown dapat didekati dengan

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} (-0.5772 - \ln \frac{r^2 S}{2KD_t})$$

Dengan

Kesalahan kurang dari	1%	2%	5%	10%
Untuk u lebih kecil dari	0.03	0.05	0.10	0.15

Bila ditulis ulang dalam logaritma desimal persamaan menjadi :

$$s = \frac{2.30Q}{4\pi KD} \log\left(\frac{2.25KD_t}{r^2 S}\right) \tag{5.8}$$

Karena Q , KD , dan S konstan, jika kita menggunakan pengamatan *drawdown* pada jarak dekat " r " dari sumur, plotting *drawdown* s versus logaritma t juga membentuk garis lurus (Gambar 6.8). Jika garis ini diperpanjang sampai memotong sumbu-waktu di mana $s = 0$, titik potong berkoordinat $s = 0$ dan $t = t_0$. Nilai ini dimasukkan dalam persamaan (5.8) memberikan :

$$0 = \frac{2.30Q}{4\pi KD} \log\left(\frac{2.25KD t_0}{r^2 S}\right) \text{ dan karena } \frac{2.30Q}{4\pi KD} \neq 0, \text{ itu mengikuti bahwa } \frac{2.25KD t_0}{r^2 S} = 1$$

atau $S = \frac{2.25KD t_0}{r^2}$ (5.9)

Kemiringan garis lurus (Gambar 6.8), yaitu perbedaan *drawdown* Δs per log cycle waktu $t / t_0 = 1$, sama dengan $2.30Q / 4\pi KD$. Karenanya

$$KD = \frac{2.30Q}{4\pi \Delta s} \quad (5.10)$$

Demikian pula, dapat ditunjukkan bahwa, untuk waktu yang tetap t , plotting s versus r pada kertas semi-log membentuk garis lurus dan persamaan berikut dapat diturunkan

$$S = \frac{2.25KD t}{r_0^2} \quad (5.11)$$

Dan $KD = \frac{2.30Q}{2\pi \Delta s}$

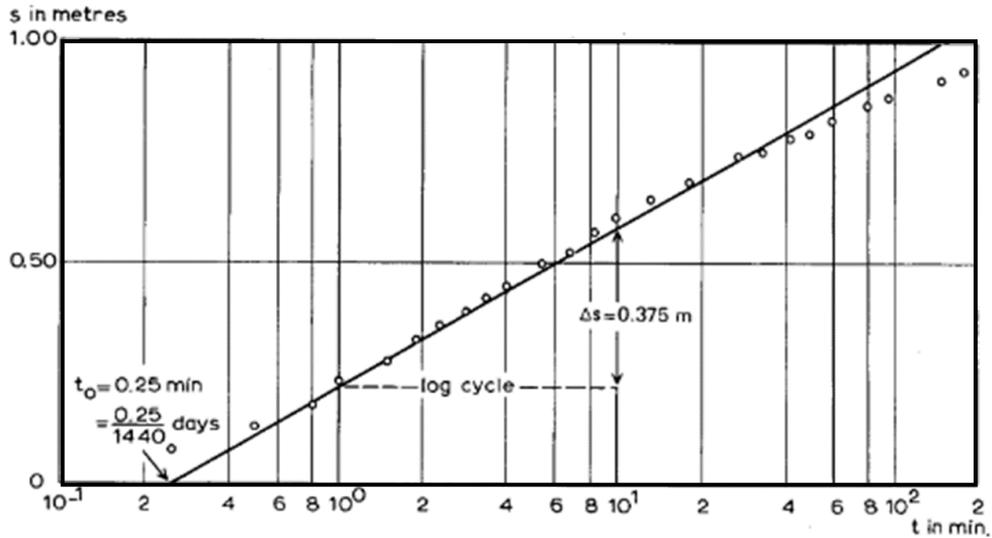
Jika semua data *drawdown* dari semua *piezometer* digunakan, nilai s versus t/r^2 dapat diplotkan pada kertas semi-log. Selanjutnya, garis lurus bisa ditarik melalui titik-titik yang diplotkan. Selanjutnya dapat diturunkan rumus :

$$S = 2.25KD(t/r^2)_0 \quad (5.12)$$

Dan

$$KD = \frac{2.30Q}{4\pi \Delta s}; \quad (5.13)$$

Perlu di ingat bahwa metode ini untuk aliran taktunak
Nilai u sangat kecil ($u, < 0.01$), r kecil dan t cukup besar.



Gambar 6.8. Ploting kurve data t versus s

6.6. Akuifer Semi Tertekan (Akuifer Bocor)

Akuifer bocor dibatasi dengan horizon yang kurang transmissive, setidaknya salah satu batasnya memungkinkan kebocoran air vertikal yang signifikan ke dalam akuifer. Aliran radial yang tidak stabil untuk akuifer bocor dapat ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \times \frac{\partial h}{\partial r} + \frac{e}{T} = \frac{S}{T} \times \frac{\partial h}{\partial t} \tag{5.13}$$

Dimana :

- r = jarak radial dari sumur yang dipompa (m)
- e = Kecepatan kebocoran (m/hari)

Bila akuifer yang bocor, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.18, dipompa, air ditarik dari akuifer dan dari bagian jenuh dari aquitard di atasnya, atau lapisan semipervious. Penurunan head piezometrik dalam akuifer dengan pemompaan menciptakan gradien hidrolik di dalam aquitard; Akibatnya, air tanah bermigrasi secara vertikal ke bawah ke dalam akuifer. Kuantitas air yang bergerak ke bawah sebanding dengan perbedaan antara muka air tanah bebas dan piezometrik head.

Aliran steady dimungkinkan ke sumur dalam akuifer bocor karena mengisi ulang melalui lapisan semipervious. Ekuilibrium akan terbentuk ketika laju pelepasan pompa sama dengan laju pengisian kembali aliran vertikal ke dalam akuifer, dengan asumsi muka air tanah bebas tetap konstan.

Untuk analisa akuifer bocor diasumsikan :

- 1) Akuifer bocor (setengah tertekan)
- 2) Akuifer dan akuitar penyebarannya meluas tak terbatas
- 3) Akuifer dan akuitar homogen isotropik, ketebalan seragam disemua daerah pengaruh pemompaan
- 4) Sebelum dimulai pemompaan, tinggi permukaan bidang piezometer dan muka air tanah horizontal diseluruh daerah yang terpengaruh pemompaan
- 5) Akuifer dipompa dengan debit konstan
- 6) Sumur menembus seluruh ketebalan akuifer dan menerima aliran dari akuifer secara horisontal
- 7) Aliran dari akuitar vertikal
- 8) *Drawdown* dalam akuifer yang tidak dipompa (atau dalam akuitar, jika tidak ada akuifer yang tidak dipompa) diabaikan.

Untuk aliran yang taktunak (*unsteady*) ditambah

- 1) Air yang diambil storage dalam akuifer dan air yang mensuplai oleh kebocoran dari akuitar mengisi serentak dengan penurunan head
- 2) Diametyer sumur sangat kecil, cadangan dalam sumur diabaikan.

6.6.1. Metode Hantush Aliran Tunak (*Steady State*)

Mahdi S. Hantush (1921-1984) dan Charles Edward Jacob (1914-1970) mengembangkan model matematika pertama yang tepat bagi aliran air transient kedalam sumur pompa pada akuifer tertekan yang bocor. Persamaan matematika tersebut untuk aliran yang masuk menembus penuh mengisi pada debit konstan dalam akuifer tertekan yang bocor dan isotropis homogen.

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-y-r^2/4B^2y}}{y} dy \tag{5.14}$$

Penulisan disederhanakan menjadi :

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u, \frac{r}{B}) \quad \rightarrow \quad T = \frac{Q}{4\pi s} W(u, \frac{r}{B}) \tag{4.15}$$

$$u = r^2 S / 4T_t \quad \rightarrow \quad S = \frac{4T_t u}{r^2} \tag{4.16}$$

Dimana $W(u, \frac{r}{B})$: adalah fungsi dari sumur untuk akuifer tertekan bocor

$$B \text{ adalah faktor kebocoran} = \sqrt{\frac{Tb'}{K'}} \text{ (m)} \tag{5.17}$$

b' adalah ketebalan aquitard (m); $T = KD$

K' adalah konduktivitas hidrolis dari aquitard (m/hari)

Asumsi dalam rumus tersebut adalah :

- 1) Akifer bocor dan memiliki batas "kira-kira" tak terbatas,
- 2) Akifer dan lapisan penekanya homogen, isotropik, dan ketebalannya seragam, di seluruh tempat yang dipengaruhi oleh pemompaan,
- 3) Permukaan potensiometri horisontal sebelum dipompa,
- 4) Sumur dipompa dengan debit konstan,
- 5) Sumur benar-benar menembus penuh,
- 6) Air yang dibuang dari tempat penyimpanan segera habis seiring penurunan head,
- 7) Diameter sumur kecil sehingga penyimpanan dalam sumur dapat diabaikan,
- 8) Kebocoran melalui lapisan aquitard bersifat vertikal.

6.6.2. Metode Walton aliran Taktunak (*Unsteady State*)

Dengan efek *drawdown* aquitard yang dianggap dapat diabaikan, *drawdown* karena pemompaan pada akuifer yang bocor dijelaskan dengan rumus berikut (Hantush dan Jacob 1955)

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} \int_u^\infty \frac{1}{y} \exp\left(-y - \frac{r^2}{4L^2 y}\right) dy \quad \text{atau disederhanakan}$$

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} W\left(u, \frac{r}{L}\right) \quad (5.18)$$

dimana

$$u = \frac{r^2 S}{4KD_t} \quad (5.19)$$

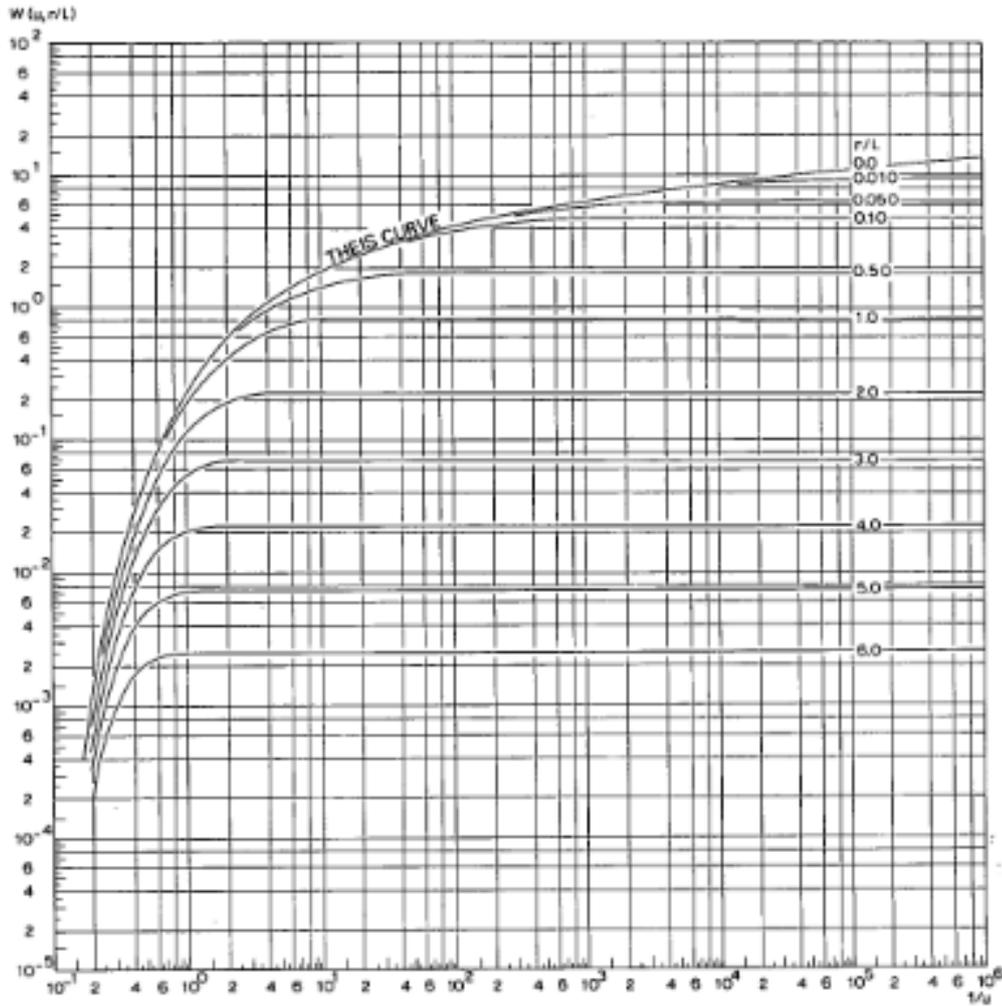
Persamaan 5.18 memiliki bentuk yang sama dengan fungsi sumur Theis (Persamaan 5.4) namun ada dua parameter dalam integral: u dan r/L . Bila eksponensial $r^2/4L^2 y$ mendekati nol, persamaan 5.18 mendekati fungsi sumur Theis untuk nilai L yang besar.

Berdasarkan persamaan 5.18, Walton (1962) mengembangkan sebuah modifikasi dari metode kurva Theis, namun alih-alih menggunakan satu jenis kurva, Walton menggunakan kurva tipe untuk setiap nilai r/L . Keluarga tipe kurva jenis ini (Gambar 6.9) dapat diambil dari tabel nilai untuk fungsi $W(u, r/L)$ yang diterbitkan oleh Hantush (1956).

- Metode Walton dapat diterapkan jika asumsi dan kondisi berikut terpenuhi.
- Berlaku asumsi dalam akuifer bocor.
- Aquitard tidak komresible, yaitu perubahan pada penyimpanan aquitard dapat diabaikan.
- Aliran ke sumur adalah dalam kondisi unsteady state.

Prosedur :

- Menggunakan keluarga kurva tipe Walton (Gambar 6.9);
- Plot untuk *drawdown* s salah satu *piezometer* versus waktu t yang sesuai pada lembar kertas log-log lain dalam skala yang sama; Ini menghasilkan kurva data *time-drawdown* yang diamati;
- Cocokkan kurva data yang diamati dengan salah satu kurva tipe.
- Pilih match point A dan catat A untuk nilai $W(u,r/L)$, $1/u$, s , dan t ;
- Mengganti nilai $W(u,r/L)$ dan s dan nilai Q yang diketahui kedalam persamaan 5.18 dan hitung KD
- Substitusikan nilai KD , nilai kebalikan $1/u$ dan nilai t dan r dalam persamaan 5.19 dan hitung S
- Dari kurva tipe yang paling sesuai dengan kurva data yang diamati, ambil nilai numerik dari r/L dan hitung L . Kemudian, karena $L = \sqrt{KD_c}$ hitung c ;
- Ulangi prosedur untuk semua *piezometer*. Nilai yang dihitung KD , S , dan c harus menunjukkan kecocokan yang masuk akal.



Gambar 6.9. Keluarga Type Kurve Walton $W(u,r/L)$ vs $1/u$ untuk berbagai nilai r/L

6.7. Akuifer Tidak Tertekan (Akuifer Bebas)

6.7.1. Metode Kurve Fitting Neuman Aliran Taktunak (*Unsteady State*)

Neuman (1972) mengembangkan teori respon air yang tertunda yang berbasis pada parameter fisik yang terdefinisi dengan baik dari akuifer yang tidak tertekan. Neuman memperlakukan akuifer sebagai sistem kompresibel dan air tanah sebagai batas material yang bergerak. Dia mengakui adanya komponen aliran vertikal dan solusi umumnya *drawdown* adalah fungsi jarak dari sumur r dan elevasi head. Ketika mempertimbangkan *drawdown* rata-rata, ia mampu mengurangi solusi umumnya menjadi satu yang merupakan fungsi dari " r " sendiri. Secara matematis, Neuman mensimulasikan respons air yang tertunda dengan memperlakukan storativitas elastis S_A dan hasil spesifik yields S , sebagai konstanta. Persamaan penarikan Neuman (Neuman 1975) :

$$s = \frac{q}{4\pi KD} W(u_A, u_B, \beta) \tag{5.20}$$

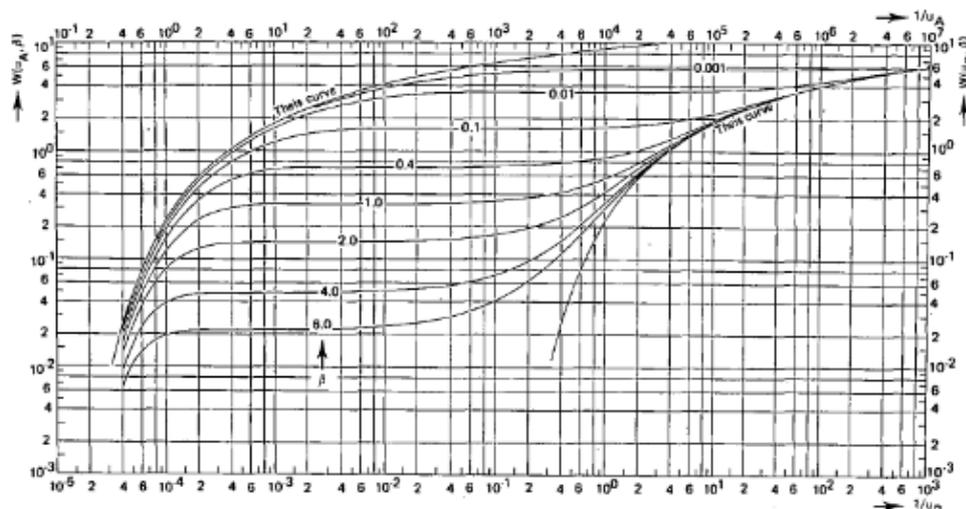
Pada kondisi awal, persamaan ini menggambarkan segmen pertama dari *time-drawdown* (Gambar 5.8) dan disederhanakan menjadi

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} W(u_A, \beta) \tag{5.21}$$

dimana

$$u_A = \frac{r^2 S_A}{4KD_t} \tag{5.22}$$

SA = volume air yang dilepas seketika dari penyimpanan per luas permukaan unit daerah per unit penurunan head (= storativitas dini waktu elastis).



Gambar 6.10. Keluarga kurve tipe Neuman : $W(u_A, \beta)$ vs $1/u_A$ dan $W(u_B, \beta)$ vs $1/u_B$ dengan berbagai harga β

Pada kondisi akhir, Equation 5.21 menggambarkan segmen ketiga dari kurva *time-drawdown* dan mengurangi ke

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} W(u_B, \beta) \tag{5.23}$$

dimana

$$u_B = \frac{r^2 S_y}{4KD_t} \tag{5.24}$$

Sy = volume air yang dilepaskan dari penyimpanan per satuan luas permukaan per unit penurunan muka air, yaitu dilepaskan oleh pengeringan dari akuifer (=specific yield)

Parameter β Neuman didefinisikan sebagai

$$\beta = \frac{r^2 K_v}{D^2 K_h} \tag{5.25}$$

K_v = Konduktivitas hidrolik aliran vertikal

K_h = Konduktivitas hidrolik aliran horisontal

Padaa akuifer yang isotropis $K_v = K_h$ dan $\beta = r^2/D^2$

Asumsi pada metode Kurva-fitting Neuman adalah :

Akifer adalah isotropik atau anisotropik;-

1. Aliran ke sumur berada dalam keadaan unsteady;-
2. Pengaruh zona tak jenuh pada *drawdown* di akuifer adalah diabaikan;-
3. $S_y / S_A > 10$;-
4. Sebuah sumur pengamat dengan saringan/screen menembus penuh sepanjang keseluruhan tebal akuifer
5. Diameter sumur pemompaan dan observasi kecil, artinya penyimpanan di dalamnya bisa diabaikan.

Prosedur :

- Siapkan tipe kurva Neuman atau memplot $W(u_A, u_B, \beta)$ versus $1/u_A$ dan $1/u_B$,
- Bagian kiri gambar 5.8 menunjukkan type kurve A [$W(u_A, \beta)$ vs $1/u_A$] dan bagian kanan type kurve B [(u_B, β) vs $1/u_B$]
- Siapkan kurve data pengukuran pada kertas log-log lain yang skalanya sama dengan plotting nilai *drawdown* s terhadap waktu t yang berkaitan untuk pengamatan sumur observasi tunggal pada jarak r dari sumur yang dipompa.
- Cocokkan plot data awal yang diamati dengan salah satu kurva tipe A. Perhatikan nilai β dari kurva tipe A yang dipilih;
- Pilih titik sembarang A pada bagian lembar yang menumpang dari dua lembar dan catat nilai – nilai s, t, $1/u_A$, dan $W(u_A, \beta)$ untuk titik ini;
- Masukkan harga-harga ini ke dalam persamaan 5.21 dan 5.22 dan, dengan mengetahui Q dan r, hitunglah $K_h D$ dan S_A ;
- Geser curve data pengamatan sampai sebanyak mungkin data pengamatan waktu akhir jatuh pada kurve B dengan harga β yang sama seperti kurve A yang dipilih
- Pilih titik B sembarang pada lembaran yang ditumpangkan dan catat nilai s,t, $1/u_B$, dan $W(u_B, \beta)$ untuk titik ini;
- Gantikan nilai-nilai ini ke dalam persamaan 5.23 dan 5.24 dan, dengan mengetahui Q dan r, hitunglah $K_h D$ dan S_y . Kedua perhitungan harus memberikan nilai yang kira-kira sama untuk $K_h D$;
- Dari nilai $K_h D$ dan ketebalan akuifer jenuh yang diketahui D, hitung nilai K_h
- Masukkan nilai numeris K_h , β , D dan r kedalam persamaan 5.25. lalu hitung harga K_v
- Ulangi prosedur dengan data *drawdown* yang diamati dari pengamatan sumur lainnya (jika ada), Hasil perhitungan harus kira-kira sama.

6.7.2. Metode Theim-Dupoit Aliran Tunak (Steady State)

Asumsi metode ini adalah :

- 1) Asumsi untuk akuifer tak tertekan dipenuhi
- 2) Akuifer isotropik
- 3) Aliran kedalam sumur kondisi tunak

Jika asumsi ini terpenuhi, debit sumur untuk aliran tunak horisontal ke sumur yang dipompa suatu akuifer tak tertekan (Gambar 5.5) dapat dijelaskan dengan rumus :

$$Q = 2\pi K h \frac{dh}{dr}$$

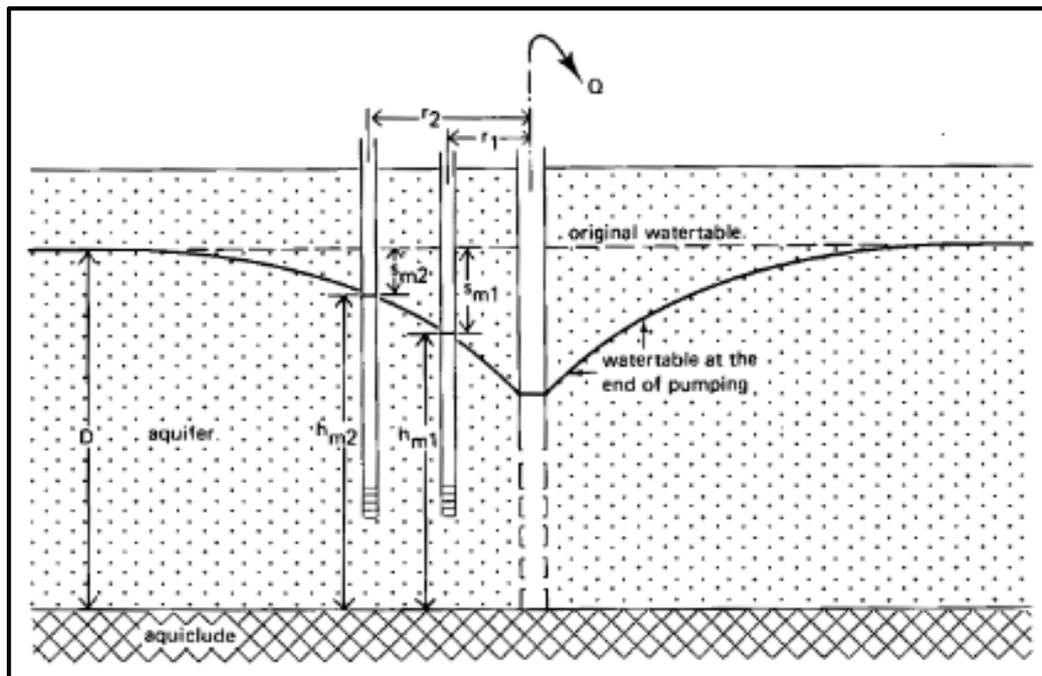
Setelah integrasi antara r_1 dan r_2 (dengan $r_2 > r_1$, maka persamaan debit ini menjadi:

$$Q = \pi K \frac{h_2^2 - h_1^2}{\ln(r_2/r_1)} \tag{5.26}$$

Yang dikenal dengan persamaan Dupuit,

Selama $h = D - s$, persamaan 5.26. dapat ditransformasikan kedalam persamaan:

$$Q = \frac{\pi K [(D - s_{m2})^2 - (D - s_{m1})^2] 2D / 2D}{\ln(r_2/r_1)} = \frac{2\pi K D [(s_{m1} - s_{m1}^2/2D) - (s_{m2} - s_{m2}^2/2D)]}{\ln(r_2/r_1)}$$



Gambar 6.11. Penampang Aguífer bebas aliran tunak yang dipompa

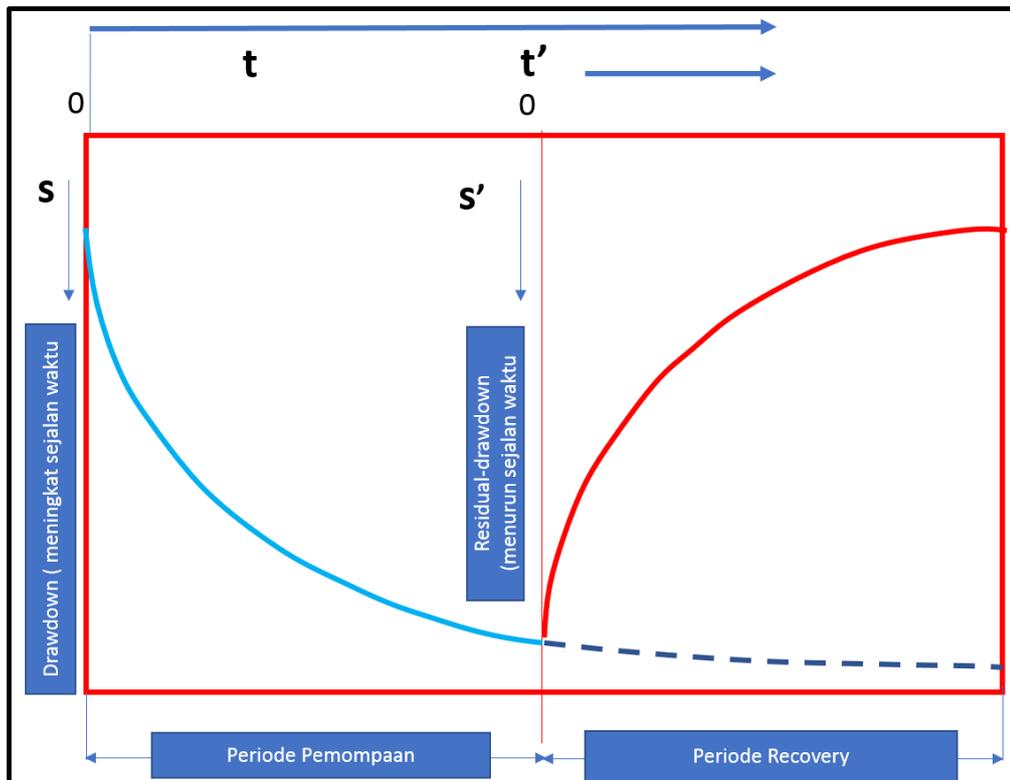
Dengan mengganti $S-s_2/2D$ dengan $s' = \text{drawdown}$ yang terkoreksi, akan menghasilkan

$$Q = \frac{2\pi KD(s'_{m1} - s'_{m2})}{\ln(r_2/r_1)} = \frac{2\pi KD(s'_{m1} - s'_{m2})}{2.30 \log (r_2/r_1)}$$

Rumus ini identik dengan formula Thiem (Persamaan 5.1) untuk akuifer tertekan, jadi metode di Bagian 5.2.1 juga dapat digunakan untuk akuifer bebas.

6.8. Uji Kambuh

Saat pompa dimatikan setelah uji pemompaan, permukaan air didalam sumur dan atau piezometer akan mulai naik. Kenaikan kedalaman air ini dikenal sebagai drawdown sisa, s' . Hal ini dinyatakan sebagai perbedaan antara kedalaman muka air asli sebelum dimulainya pemompaan dan kedalaman muka air yang diukur pada suatu waktu setelah penghentian pemompaan. Gambar 5.10 menunjukkan perubahan kedalaman muka air dengan waktu selama dan setelah uji pemompaan. Pengukuran uji pemulihan memungkinkan unuk menghitung transmisivitas akuifer, sehingga memberikan checking independen terhadap hasil uji pemompaan.



Gambar 6.12. Time drawdown dan residual drawdown

Data *drawdown* sisa atau uji kambuh lebih dapat diandalkan daripada data memompa uji karena pemulihan terjadi pada kecepatan yang konstan, sedangkan debit yang benar benar konstan selama pemompaan seringkali sulit dicapai di lapangan.

6.8.1. Ajuifer tertekan metode Theis recovery

Theis (1935) memberikan rumus *residual drawdown* setelah pemompaan dengan debit konstan adalah :

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} \{W(u) - W(u')\} \tag{5.27}$$

dimana $u = \frac{r^2 S}{4KD_t}$ dan $u' = \frac{r^2 S'}{4KD_{t'}}$

Jika u dan u' cukup kecil, untuk pendekatan, maka

$$s' = \frac{Q}{4\pi KD} \left(\ln \frac{4KD_t}{r^2 S} - \ln \frac{4KD_{t'}}{r^2 S'} \right) \tag{5.28}$$

dimana :

- s' = *residual drawdown*
- r = Jarak pizometer ke sumur (m)
- KD = Transmisivitas akuifer (m^2/d)
- S' = Storativitas selama kambuh (tanpa satuan)
- S = Storativitas selama pemompaan (tanpa dimensi)
- t = Waktu pemompaan (dalam hari)
- t' = Waktu sejak pompa dimatikan (dalam hari)
- Q = Debit rata-rata pemompaan ($m^3/hari$)

Jika S dan S' sama dan konstan, dan KD juga konstan, persamaan 5.28 akan dapat ditulis sebagai :

$$s' = \frac{2.30Q}{4\pi KD} \log \frac{t}{t'} \tag{5.29}$$

Ploting s' versus t/t' pada kertas semi-log (t/t' pada skala logaritmis) akan menghasilkan garis lurus. Kemiringan garis tersebut :

$$\Delta s' = \frac{2.30Q}{4\pi KD} \tag{5.30}$$

Dimana $\Delta s'$ adalah perbedaan *residual drawdown* per siklus log dari t/t' .

Asumsi dalam rumus ini adalah disamping asumsi dalam akuifer tertekan, ditambahkan :

Aliran kedalam sumur dalam kondisi taktunak (*unsteady state*)

$U < 0.01$ yaitu waktu pemompaan $t_p > (25 r^2 s)/KD$

$U < 0.01$ yaitu $t' > (25 r^2 s)/KD$

Prosedur

- Untuk setiap pengamatan nilai s' , hitung nilai t/t' yang berhubungan
- Untuk tiap satu piezometer, plot s' versus t/t' pada kertas semi log (t/t' pada skala logaritmis,
- Garis lurus melalui setiap titik yang diplot
- Tentukan kemiringan garis lurus, yaitulah selisih *residual drawdown* $\Delta s'$ per satu siklus log t/t' .
- Substitusikan nilai Q yang diketahui dan $\Delta s'$ kedalam persamaan 5.30 dan hitung KD

6.8.2. Akuifer Bocor metode *Theis recovery*

Setelah tes debit konstan dalam akuifer yang bocor, Hantush (1964), dengan mengabaikan efek penyimpanan pada aquitard yang membatasi, mengungkapkan penarikan residu pada jarak r dari sumur

$$s = \frac{Q}{4\pi KD} \{W(u, r/L) - W(u', r/L)\}$$

Dengan mengambil persamaan ini sebagai dasar dan menggunakan komputer digital, Vandenberg (1975) merancang metode kuadrat-terkecil untuk menentukan KD , S , dan L . Untuk informasi lebih lanjut tentang metode ini. Jika waktu pemompaan dan pemulihannya lama, kebocoran melalui aquitards yang membatasi akan mempengaruhi kadar air. Jika waktunya singkat, yaitu jika $t_p + t' \leq (L^2 S) / 20KD$ atau $t_p + t' \leq cS / 20$, metode pemulihan Theis diatas dapat digunakan, namun hanya transmisivitas akuifer yang bocor yang dapat ditentukan (Uffink 1982; lihat juga Hantush 1964).

6.8.3. Akuifer Bebas metode *Theis recovery*

Neuman (1975) menunjukkan bahwa metode pemulihan Theis dapat diterapkan pada akuifer yang tidak tertekan, namun hanya untuk data pemulihan akhir-akhir. Pada akhir waktu, efek dari penyimpanan elastis, yang terjadi setelah pemompaan berhenti, telah hilang. Data penarikan residu kemudian akan jatuh pada garis lurus di plot semi-log s' versus t/t' yang digunakan dalam metode pemulihan Theis.

6.9. Latihan

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Pada dasarnya uji pemompaan ditujukan pada dua hal yaitu?
2. Uji debit bertingkat, apa tujuan dan parameter atau data apa yang akan diperoleh ?
3. Data *drawdown* sisa atau uji kambuh lebih dapat diandalkan daripada data memompa uji?

6.10. Rangkuman

Pada prinsipnya secara keseluruhan uji pemompaan dilakukan untuk mengetahui 2 (dua) hal yaitu :

- 1) Uji untuk mengetahui parameter konstruksi sumurnya sendiri serta efisiensi konstruksi sumurnya.
- 2) Uji mengetahui parameter atau karakter akuifernya.

Pada pelaksanaan uji seharusnya tidak boleh ada gangguan yang dapat mengacaukan analisisnya.

Berbagai metode analisa hasil pengujian tergantung pada kondisi akuifer dan kondisi hidrolika air tanahnya, disamping metode yang digunakan, apakah akuifer tertekan, setengah tertekan atau bocor atau akuifer bebas. Kondisi hidroliknya apakah aliran air tanah dalam kondisi tunak atau kondisi tidak tunak. Ringkasan metode analisa adalah :

Jenis Akuifer	Unstedy State	Steady State
Confined Akuifer	<i>Theis's method</i>	<i>Thiem's method</i>
	<i>Jacob,s method</i>	
Leaky Aquifer	<i>Walton's method</i>	<i>De Glee's method</i>
	<i>Hantush's inflection-point method</i>	<i>Hantush-Jacob's method</i>
	<i>Hantush's curve-fitting method</i>	
	<i>Neuman-Witherspoon's method</i>	
Unconfine Akuifer	<i>Neumans's curve fitting method</i>	<i>Theim-Dupuit's method</i>

6.11. Evaluasi

1. Untuk mengetahui well loss coefficient atau nilai C pada sumur maka uji pemompaan yang cocok adalah :
 - a. Uji pemompaan debit ber tingkat (*step drawdown pumping test*)
 - b. Uji pemompaan *short period pumping test*
 - c. Uji Pemompaan *long period pumping test*
 - d. Uji kambuh (*recovery test*)

2. Salah satu metode analisa uji pemompaan pada akuifer tertekan (*iconfined*) kondisi tunak (*steday state*) adalah metode :
 - a. Metode *Hahntush's*
 - b. Metode *Walton's*
 - c. Metode *De Glee's*
 - d. *Theim's*

3. Kedalaman atau kedudukan muka air tanah yang diukur dari titik tetap selama pemompaan disebut sebagai :
 - a. *Pumping water level*
 - b. *Groundwater level*
 - c. *Static water level*
 - d. *Drawdown*

BAB VII

PERMASALAHAN PEMBORAN

Indikator Hasil Belajar:

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta dapat menjelaskan permasalahan pemboran.

7.1. Permasalahan

Permasalahan dalam lubang bor disini dapat dikelompokkan dalam kelompok besar sebagai berikut :

- a) Dinding lubang bor runtuh,
- b) Hilang fluida,
- c) Pipa bor terjepit,
- d) Semburan liar.

Kusus semburan liar banyak terjadi di dunia pemboran minyak, walaupun dalam pemboran air ada kalanya juga terjadi, secara teori termasuk dalam pengendalian tekanan formasi

7.1.1. Dinding lubang bor runtuh

Lubang bor runtuh (*caving, sloughing*) terjadi bila pemboran menembus lapisan shale atau serpih, masalah ini sering disebut “*Shale Problem*” atau Shale tidak stabil. Sebab shale tidak stabil

- a) Dari formasi :
 - 1) Tekanan overburden besar,
 - 2) Tekanan formasi besar,
 - 3) Gerakan tektonik.
 - 4) Pengaruh penyerapan air.
- b) Dari pengaruh operasi pemboran :
 - 1) Erosi, kecepatan fluida dianulus terlalu besar,
 - 2) Gesekan pipa bor pada lubang bor,
 - 3) Pengaruh penekanan dan penyedotan (*pressure surge* dan *swabbing*, pada operasi cabut dan masuk matabor),
 - 4) Garam yang larut kedalam fluida

Dalam dunia soil mechanics atau geoteknik sering disebut dengan masalah clay-shale.

Berkaitan dengan stabilitas lubang bor selama pemboran. Tidak stabilnya lubang bor dapat mengakibatkan masalah-masalah lain, seperti :

- a) Masalah pembersihan lubang bor :
 - 1) Lubang bor membesar, karena runtuh,
 - 2) Biaya fluida bertambah besar,
 - 3) Penyemenan kurang baik.
- b) Pipa bor sering terjepit, dan dapat berakibat :
 - 1) Masalah pemancingan,
 - 2) Pemboran samping (*Sidetracking*),
 - 3) Penutupan sumur (*Abandonment*).

7.1.2. Gejala *shale problem*

- a) Tekanan pompa naik,
- b) Torsi naik,
- c) Hambatan waktu cabut atau masuk matabor
- d) Gumpalan pada matabor (*bit balling*).
- e) Perubahan sifat-sifat fluida :
 - 1) Berat fluida tambah,
 - 2) Viskositas fluida tambah,
 - 3) Air filtrasi tambah,
 - 4) Serbuk bor tambah.

7.1.3. Usaha untuk mengatasi masalah *shale*

- a) Pendekatan dengan drilling parameter :
Mengurangi kemungkinan gesekan pipa bor pada dinding lubang bor, dengan menambah tegangan pipa bor atau mengurangi beban pada matabor serta mengurangi kecepatan putaran meja.
- b) Pendekatan dengan fluida bor :
 - 1) Pada pemakaian *water-base mud* perlu diperhatikan agar :
Berat fluida cukup, mungkin bahkan ditambah, Air filtrasi serendah mungkin, dapat dengan penambahan thinner. pH fluida cukup
 - 2) Pemakaian *polymer mud*
 - 3) Pemakaian *Oil Emulsion Mud*.

7.1.4. Mud Loss (*Fluida Hilang*)

Dalam proses pemboran sering fluida hilang masuk kedalam formasi.

Kehilangan fluida ini dapat hanya sedikit (*seepage loss*), fluida berkurang karena adanya rongga-rongga kecil dalam formasi batuan.

Hilang lumpur sebagian (*partial loss*) selama pemboran formasi yang ditembus terjadi rekahan secara alami (*natural fracture*) atau terdapat permeabilitas yang tinggi pada batuan (*high permeability*).

Atau bahkan fluida sama sekali tidak mengalir keluar ke permukaan (*total loss*) disebabkan menembus formasi berongga besar (*goa-goa*) diindikasikan tekanan pompa fluida menurun drastis. Sebab-sebab hilang fluida adalah karena pemboran menembus formasi yang porous dan *permeable* (*sand, gravel*), menembus formasi yang bergua atau berlubang (*cavernous formation: batugamping, dolomite*). Adanya rekahan, retakan atau patahan (*fissure, fracture, fault*).

7.1.5. Gejala dan Pencegahan *Mud Loss* (*Fluida Hilang*)

Gejala yang tampak jelas pada waktu pemboran adalah volume fluida di kolam lumpur atau tangki lumpur berkurang. Arus fluida di parit lumpur berkurang.

Waktu cabut matabor, volume fluida untuk mengisi lubang lebih besar dari volume pipa, waktu masuk matabor volume fluida yang keluar lebih sedikit dari volume pipa. Pencegahan yang harus dilakukan agar fluida tidak hilang adalah. Pemakaian fluida yang ringan, tetapi cukup untuk menahan tekanan formasi. Tekanan pompa rendah, serta pemboran berhati hati.

Usaha untuk mengatasi hilang fluida yaitu kurangi berat fluida, kurangi tekanan pompa, pakai bahan penyumbat dalam fluida.

Penyumbatan sumur caranya adalah bahan penyumbat diaduk dengan fluida, dipompakan kedalam tempat yang diperkirakan sebagai tempat masuknya fluida, dan bersifat sementara.

Penyumbatan secara ini umumnya tidak cukup kuat, sehingga setelah sirkulasi berhasil diupayakan, agar segera diperkuat dengan disemen pada zona tersebut, setelah semen mengeras kemudian dibor ulang,

Tabel 7.1. Bahan – bahan penyumbat

Bentuk	Ukuran	Kasar	Sedang	Halus
Granular		Wall Nut Shell	Wall Nut Shell	
Fibrous		Rumput, akar wangi batang padi	Serbuk gergaji, kulit padi, ampas tebu	Catton, Asbest
Flake				Mica

Bahan penyumbatan yang lain : *Bentonite Diesel Oil Plug (BDO-Plug)* *Bentonite Diesel Oil Cement Plug (BDOC Plug)*, *Cement Plug*.

7.1.6. Jepitan Pada Drill Pipe

Pipa bor dapat terjepit karena benda atau peralatan kecil yang jatuh kedalam lubang bor. Yang akan dibahas disini terutama jepitan yang timbul karena sifat-sifat formasi. Kalau jepitan tidak dapat dilepaskan mungkin pipa terpaksa dipotong, pipa bor dapat juga patah. Pipa atau barang-barang lain tadi harus dikeluarkan dulu dari dalam lubang bor sebelum pemboran dapat dilanjutkan.

Pipa atau barang yang ketinggalan didalam lubang bor biasa disebut sebagai ikan (*fish*), sedang alat untuk mengambilnya disebut sebagai alat pancing (*fishing tool*), dan pekerjaan mengambil ikan disebut sebagai pemancingan.

7.1.7. Jenis Jepitan dan Penyebab

Pada dasarnya ada 3 jenis jepitan dengan sebab yang berbeda, ialah :Dinding lubang bor runtuh (*caving*), *Key seat*, *Differential pressure sticking*.

- a) Dinding lubang bor runtuh (*caving*)

Jenis jepitan yang pertama adalah dinding lubang bor runtuh. Bab ini sudah dibicarakan didepan

b) *Key Seat*

Jenis yang kedua adalah *key seat*, Lubang bor berbentuk seperti lubang kunci. Lubang kunci terjadi karena gesekan pipa bor pada dinding lubang bor yang miring. Pipa bor selalu bergesekan dengan dinding lubang bor bagian atas, sehingga lubang bor berpindah keatas, dan sempit hanya seukuran pipa bor. Pada waktu matabor dicabut, maka drill collar akan menyangkut pada penyempitan tersebut. Ciri-ciri khasnya antara lain :

- 1) Sirkulasi normal, tidak ada hambatan,
- 2) Jepitan terjadi saat mencabut matabor,
- 3) Jepitan terjadi secara bertahap, tidak tiba-tiba,
- 4) Pipa bor mungkin bisa diputar,
- 5) Jepitan hanya terjadi pada lubang bor yang miring.
- 6) Usaha pencegahannya adalah dengan jalan menghindari lubang bor miring

c) *Differential Pressure Sticking*

Sebab-sebab terjadinya jepitan jenis ini antara lain :

- 1) Formasi porous dan permeable,
- 2) Tekanan formasi rendah,
- 3) Fluida terlalu berat,
- 4) Air filtrasi besar, mud cake tebal,
- 5) Susunan *Bottom Hole Assembly* serta *drilling parameter* yang kurang tepat.

Beberapa usaha pencegahan antara lain Berat fluida dikurangi, Air filtrasi dibuat serendah mungkin, Pemberian pelumasan atau mengganti fluida dengan *Oil Emulsion Mud* atau bahkan *Oil Base Mud*,

Mengurangi kelenturan *drill collar*, Pemakaian *stabilizer*, *spiral-grooved drill collar* atau bahkan *square drill collar*.

Beberapa ciri khas jepitan ini adalah bahwa sirkulasi fluida berjalan normal tanpa hambatan, dan jepitan umumnya terjadi sesaat setelah penyambungan pipa atau setelah pipa bor berhenti bergerak.

7.2. Pemancingan Dalam Pemboran

Pemboran sumur tidak selalu lancar, sering terjadi hambatan, antara lain pipa bor terjepit, pipa bor patah, matabor lepas, ada kunci atau gigi slip jatuh kedalam lubang bor dan sebagainya.

Pipa yang terjepit harus dapat dibebaskan, barang yang jatuh harus dapat diambil. Pekerjaan mengatasi hambatan ini disebut pemancingan (*fishing job*), alatnya disebut sebagai alat pancing (*fishing tools*).

Pekerjaan pemancingan merupakan suatu seni. Tidak semua pemancingan berhasil.

Masalah pipa bor terjepit dalam lubang bor sudah dibicarakan

7.2.1. Jenis Ikan & Alat Pancing

Ada beberapa jenis ikan yang mungkin terdapat didalam lubang bor. Jenis dan ukurannya dapat bermacam-macam, tergantung dari situasi serta penyebab adanya ikan tersebut.

Jenis ikan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- Pipa bor atau matabor terjepit,
- Pipa bor lepas atau patah,
- Matabor bor terlepas sebagian atau seluruhnya dan terjatuh kedalam lubang bor,
- Pipa selubung terjepit, pecah, gepeng (*collapse*) atau lepas,
- Kabel swab atau kabel logging putus,
- Peralatan atau benda-benda kecil jatuh kedalam lubang bor.

Alat pancing dapat dikelompokkan sebagai berikut :

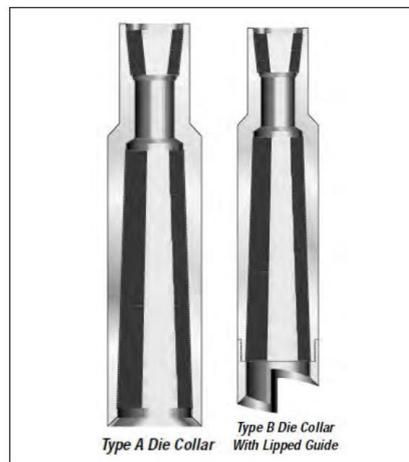
- a) Alat pancing untuk pipa dari luar adalah *Die Collar*, *Overshot*.
- b) Alat pancing untuk pipa dari dalam adalah *Taper Tap*, *Spear*

7.2.2. Alat Pancing *Die Collar*

Die Collar adalah alat pancing berupa patongan pipa (sub) yang didalamnya mempunyai ulir. Pada ujung bawahnya biasanya mempunyai bentuk seperti gigi (mill). Alat ini diturunkan dengan pipa bor, diputar pada pipa atau ikan yang akan ditangkap. Ulir pada *Die Collar* akan membuat ulir pada ikan, dan berarti ikan dapat ditangkap.

Bila *Die Collar* ini sudah menggigit, susah dilepaskan kembali bila ternyata ikan belum dapat ditarik.

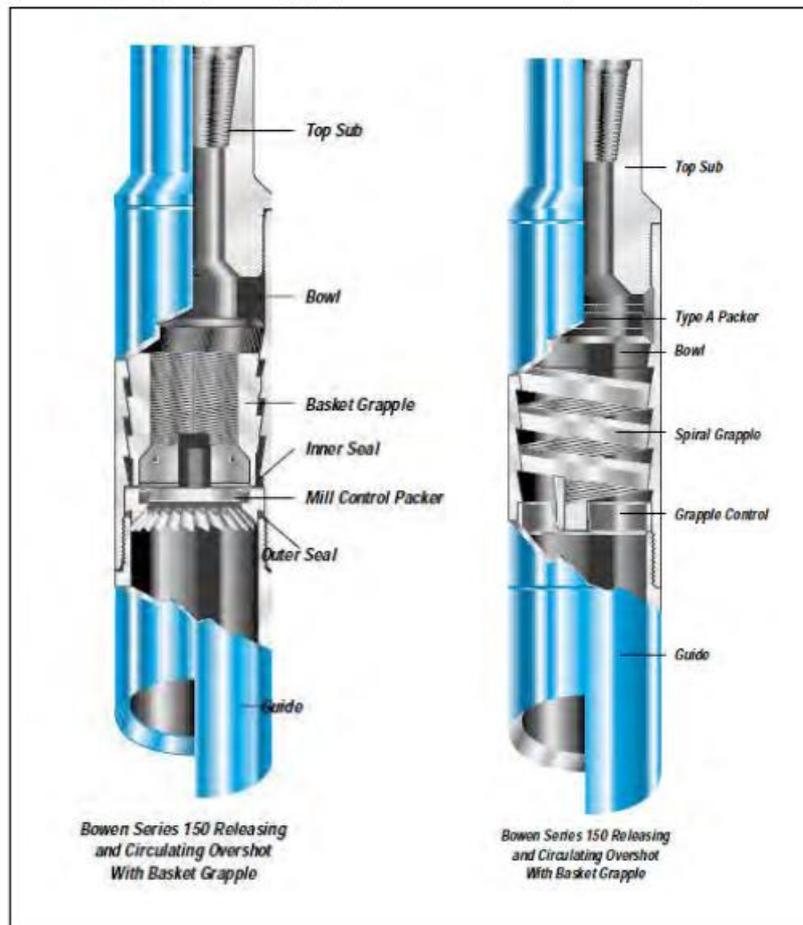
Die Collar sekarang jarang dipakai, sebagai gantinya dipakai *Overshot*.



Gambar 7.1. *Die collar*

7.2.3. Alat Pancing *Overshot*

Adalah alat untuk menangkap pipa dari luar. Bagian dalam dari badan *overshot* berbentuk tirus menyempit ke bawah. Bagian penting didalam *overshot* adalah *grapple* bagian dalamnya mempunyai gigi (slip), bagian luarnya berbentuk tirus sesuai tirus pada badan *overshot*.



Gambar 7.2. Alat Pancing Overshot

Apabila *overshot* diturunkan ke lubang bor dan menangkap ikan berupa patahan pipa, maka pipa akan dapat masuk ke dalam *overshot* sampai ikan mencapai top sub. Saat ini *grapple* masih dalam keadaan longgar. Bila tiba-tiba *overshot* diangkat, *grapple* akan terjepit didalam badan *overshot*, dan *grapple* akan menjepit ikan, ikan siap ditarik. Sebelum ditarik, sebaiknya disirkulasi dulu.

Bila ikan belum dapat terangkat, *overshot* dapat dilepas dengan menghentakkan kebawah, dan memutar kekanan pelan pelan.

Ada dua macam *grapple*, ialah *spiral grapple* untuk pipa ukuran besar dan *basket grapple* bus yang dipancing pipa ukuran kecil seperti tubing.

7.2.4. Alat Pancing *Taper Tap* dan *Pipe Spear*

Taper tap untuk memancing pipa dari dalam, terutama pipa tubing dan casing. *Taper tap* susah dilepas kembali. *Taper tap* sekarang tidak dipakai lagi digantikan *Pipe Spear*,



Gambar 7.3. Alat Pancing *Taper Tap* & *Pipe Spear*

Ada maca-macam spear, namun kesamaannya adalah pada komponen utamanya terdapat gigi (slip) pada bagian luar.

Waktu turun slip dalam keadaan longgar, dapat dinaik - turunkan kedalam ikan. Bila sudah sampai tempat yang diinginkan, slip dikembangkan dengan memutar kekiri. pipa bor ditarik, slip akan menggigit , ikan akan terangkat.

Bila ikan belum dapat terangkat, spear dapat dilepas kembali dengan menghentakkan pipa bor kebawah, kemudian diputar kekanan pelan-pelan

7.2.5. Alat Pancing *Junk Basket*

Untuk mengambil benda kecil berbagai ukuran, seperti gigi slip, atau bahkan seperti salah satu roller dan matabor.

Ada bentuk sangat sederhana yang masih sering dipakai sampai sekarang, ialah *junk basket* dengan *finger type shoe*, sering disebut sebagai *Poor Boy Junk basket*. *Junk basket* model ini dapat dibuat sendiri dengan potongan pipa casing yang bagian bawahnya dibelah dalam lidah-lidah kecil.

Model berikut adalah *Boot Type Junk Basket*, dipasang diatas matabor atau diatas *mill* untuk menangkap potongan kecil hasil *milling*.

Untuk menangkap benda yang lebih besar dapat dipakai *Core Junk Basket*. Pipa bor tetap ditekan dan diputar, maka benda yang mau ditangkap diharapkan masuk kedalam *junk basket*, kemudian tertahan oleh gigi-gigi penangkap (*catcher*).

7.2.6. *Fishing Magnet*

Untuk mengambil benda kecil dari dalam lubang bor dapat dipakai magnet. Magnet diturunkan dengan pipa bor. Magnet untuk mengambil barang barang metal yang magnetis.

7.3. Cara Pemancingan

Penerapan tergantung kebutuhan dan kondisi sumur.

7.3.1. Sirkulasi ketika terjepit.

Sirkulasi tidak bisa, atau bisa tetapi dengan tekanan yang sangat tinggi. Jepitan terjadi karena dinding lubang bor runtuh.

Sirkulasi normal pemboran tegak berarti terjadi *differential pressure sticking*.

Sirkulasi normal, pemboran miring, jepitan terjadi secara tiba-tiba, umumnya setelah keadaan drill pipe berhenti misalnya setelah penyambungan, berarti terjadi *differential pressure sticking*.

7.3.2. Sirkulasi intensif

Banyak jepitan terjadi karena keadaan lubang bor yang kurang bersih, atau fluida yang kurang sesuai sifatnya. Bila dugaan jepitan karena hal ini, maka dapat diusahakan melepas jepitan dengan sirkulasi yang intensif.:

Kapasitas pompa diperbesar, untuk mengangkut serbuk bor keluar dari dalam lubang bor.

Air filtrasi dikurangi, untuk mengurangi runtuhnya dinding lubang bor atau penetrasi air filtrasi kedalam formasi, dilaksanakan dengan penambahan additives pengencer (*thinner*).

Berat fluida (*Mud Weight*) perlu diperiksa.

Bila jepitan terjadi karena dinding lubang bor runtuh, yang salah satu penyebabnya mungkin karena fluida kurang berat, maka berat fluida dinaikkan, dengan penambahan barit.

Bila jepitan karena *differential pressure sticking*, maka berat fluida justru harus dikurangi.

Kekentalan fluida atau viskositas umumnya dikehendaki rendah agar sirkulasi dapat lancar dengan tekanan yang tidak terlalu tinggi.

Penambahan bahan pelumas kedalam fluida sangat membantu.-

7.3.3. Perendaman

Salah satu usaha yang dapat ditempuh untuk membebaskan pipa dari jepitan adalah dengan cara merendam daerah jepitan (*spotting*).

Salah satu bahan yang banyak dipakai adalah minyak solar, sebagai pelumas. Namun sekarang banyak dipakai bahan yang lain, ialah bahan kimia untuk mengurangi tegangan permukaan pada cairan *Surface Active Agent (Surfactant)*. Banyak *surfactant* beredar di pasaran dengan nama dagang yang berbeda.

Perhitungan dan operasi perendaman sebagai berikut :

Volume yang perlu disiapkan sebesar volume anulus di tempat jepitan.

Surfactant dipompakan kedalam pipa bor, dan naik di anulus sampai mencapai tempat jepitan, kemudian ditunggu.

Pipa diangkat dan diturunkan berkali-kali, sambil dicoba diputar. Sementara cairan dipompakan sedikit demi sedikit keatas.

Perendaman sekali mungkin belum berhasil, dapat diulangi lagi.

7.3.4. Melepas sambungan pipa

Melepas sambungan dapat dengan cara mekanik, memutar kekiri (*back-off*), atau dengan peledakan (*back-off shot*).

Sebelum melepas sambungan pipa, maka semua ikatan pipa harus dikeraskan dulu, dengan jalan memberi torsi kekanan sambil mengangkat dan menurunkan pipa bor.

Kemudian sebelum sambungan dilepas, usahakan agar tempat yang akan dilepas dalam keadaan netral, tanpa beban.

Pipa bor diputar kekiri sampai sambungan lepas, dan diharapkan sambungan lepas pada tempat netral tersebut.

Bila akan melepas sambungan pipa bor dengan peledakan, :

Pipa diangkat untuk memperoleh titik netral,
Kemudian diturunkan bahan peledak ringan sampai berada pada tempat yang akan dilepas,

Pipa bor diberi torsi kekiri.

Bahan peledak diledakkan, pipa bor akan lepas pada titik netral.

7.4. Latihan

Jawablah pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Bagaimanakah cara mencegah agar tidak terjadi “hilang lumpur” atau *mud loss* selama pemboran sedang berjalannya dan belum terjadi *mud loss*, dan bagaimana menghentikan atau menyumbat *mud loss* bila terjadi ? uraikan dengan singkat dan jelas.
2. Pada pemancingan dengan *pipe spear* , “ikan” sudah tertangkap tetapi belum bisa diangkat, lalu bagaimana caranya melepas *pipe spear* tersebut ?
3. Apakah penyebab dan ciri khas dari jepitan karena *differential pressure sticking*?

7.5. Rangkuman

Permasalahan dalam pekerjaan pemboran yang umum dan dibahas disini adalah runtuhnya lubang bor, hilangnya fluida pemboran, dan jepitan pada *drill string*.

Pemicu penyebab munculnya permasalahan umumnya diawali dengan prosedur pemboran yang tidak baik, kemudian pengalaman driller dalam pekerjaan ini dan yang jarang terjadi adalah kegagalan alat,

Persiapan pemboran yang baik tidak banyak menimbulkan kegagalan alat, sedangkan pengalaman yang cukup akan mereduksi prosedur yang kurang baik.

Masing masing permasalahan dapat mengakibatkan permasalahan berikutnya muncul, sehingga suatu permasalahan sering berantai dengan permasalahan lain, misalnya hilangnya fluida, lebih lanjut dapat terjadi jepitan pada *drill string*. Setiap permasalahan diupayakan dengan diatasi menggunakan peralatan yang khusus, kadang harus dibuat sendiri atau disesuaikan kondisi lapangan.

Disamping peralatan khusus, cara penanganan dan prosedur operasional alat juga berbeda untuk masing masing kejadian. Sekali lagi, pemboran dan termasuk permasalahannya, kadang lebih banyak unsur *art* dari pada teknisnya, Pengalaman lebih dominan disamping teori yang tidak didukung pemahaman kondisi lapangan. Permasalahan pemboran tidak selalu dapat diatasi atau sukses mengatasi masalah, kadang harus banyak yang dikorbankan, karena memang keterbatasan alat dan kemampuan memahami apa yang ada dalam bumi.

7.6. Evaluasi

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan cara memilih jawaban yang paling benar!

1. Jepitan tipe apakah yang disebabkan oleh lubang bor yang miring ?
 - a. Jepitan *caving*
 - b. Jepitan *key seath*
 - c. Jepitan *Differential Pressure Sticking*
 - d. Jepitan *Mud loss*

2. Untuk mengatasi jepitan kadang-kadang diperlukan pelicin berupa bahan additives :
 - a. Barite
 - b. Hematite
 - c. Sekam padi
 - d. Solar

3. Apakah surfactan itu ?
 - a. Bahan additives pemberat lumpur
 - b. Bahan additives peringan lumpur
 - c. Bahan additives pengontrol pH
 - d. Bahan additives sabun pelumas

BAB VIII

PENUTUP

8.1. Simpulan

Sebagaimana dijelaskan di bagian dalam modul ini dan berbagai referensi lainnya peserta pelatihan setelah mempelajari materi Dasar Pemboran, peserta pelatihan diharapkan mampu menjelaskan Prosedur pembuatan sumur, mulai dari persiapan, kebutuhan personil, alat-alat, tahapan pekerjaan sesuai dengan metode yang digunakan, hingga *development* dan pengujian sumur dan akhirnya permasalahan-permasalahan yang umum dihadapi.

Beberapa ahli menyebutkan bahwa sebagian kegiatan dalam rangkaian pekerjaan pemboran lebih condong pada kegiatan seni dan alami, misalnya dalam interpretasi logging, pekerjaan pemancingan, bahkan deskripsi sample tidak dapat mutlak sesuai teori, namun pengalaman terkadang menjadi juru kunci suksesnya pekerjaan. Oleh karena itu, peserta setelah mendapatkan pelatihan ini, akan menjadi piawai dengan sendirinya sejalan dengan waktu yang dipakai dengan menambah pengalaman praktis di lapangan yang beragam.

8.2. Tindak Lanjut

Peserta setelah selesai mengikuti pelatihan diharapkan segera dapat mempraktekkan dilapangan disesuaikan dengan peralatan yang ada agar mendapatkan tambahan pengalaman sesuai dengan kondisi lapangan tempat bekerjanya yang tidak tertuang dalam pelatihan.

Perkembangan jaman menunjukkan betapa pesatnya kemajuan dalam bidang teknologi rekayasa dan peralatan, sewajarnya jika peserta selalu menambah kanzanah pengetahuannya meskipun melalui media, brosur-brosur bahkan iklan, agar tidak ketinggalan .

DAFTAR PUSTAKA

- Baker Huges Drilling Fluid (2006). Drilling Fluids Reference Manual
- Bowman. I. (1911) Well Drilling Methods. Water Supply Paper 257. Deparement Of The Interior United States Geological Survey. Washington Government Printing Office.
- Delleur, J.W. ed (2007). The Handbook of groundwater engineering, 2nd. Ed. CRC Press. Taylor & Francis Group. 600 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boc Raton, FL.
- Hossain. M.E., and Islam. M.R., (2018). Drilling Engineering Problems and Solutions. John Wiley & Sons, Inc., River Street, Hoboken, NJ, USA.
- Kirsch, R. ed (2006). Groundwater Geophysics. Springer Berlin Heidelberg.
- Pal Skalle. (2012) Drilling Fluid Engeneering, 3 rd Ventus Publishing ApS
- Sterrett. R.J. ed. (2007). Groundwater and Wells 3 rd ed. Johnson Screen, a Weatherford Company. New Brighton. MN.
- Thomas C. Ruda, T.C. and Peter J. Bossch, P.J., ed *Revised 2005* NATIONAL DRILLING ASSOCIATION
- Todd, D.K. and Mays, L.W., (2005), Groundwater Hydrology 3 rd ed. John Wiley & Sons, Inc, River Street, Hoboken, NJ, USA.

GLOSARIUM

- Abandoned* : Sebuah sumur air atau minyak yang ditinggalkan jika ditemukan sebagai lubang kering, nonkomersial, atau begitu berhenti memproduksi minyak dan / atau gas alam dalam jumlah komersial, atau air.
- Abnormal Pressure* : Istilah ini biasanya dikaitkan dengan tekanan yang lebih tinggi dari normal, peningkatan kompleksitas untuk perancang sumur dan peningkatan risiko masalah pengendalian sumur. Gradien tekanan lebih dari sekitar 10 pon per galon setara dengan densitas fluida dianggap abnormal.
- Acidic Water* : Air asam memiliki pH kurang dari 7, (yang netral) dan air alkali memiliki pH lebih dari 7. Air asam memiliki lebih banyak ion hidrogen (H +) daripada ion hidroksil (OH-). Sebagian besar lahan basah memiliki air asam karena bahan organik vegetasi lahan basah yang membusuk.
- Acidizing* : Memompa asam ke dalam lubang sumur untuk menghilangkan kerusakan formasi yang dekat dengan sumur dan zat-zat merusak lainnya. Prosedur ini umumnya meningkatkan produksi dengan meningkatkan radius sumur efektif.
- Activated Carbon* : Bahan yang digunakan dalam pengkondisian air. Sangat berpori dan bertindak sebagai penyerap bahan organik dan beberapa gas terlarut.
- Aeration* : Proses membawa udara ke kontak dengan air untuk menghilangkan atau mengurangi gas terlarut yang tidak diinginkan dan / atau untuk mengoksidasi senyawa terlarut. Misalnya, perangkat aerasi dapat efektif untuk menghilangkan radon dari air.
- Air Stripping* : Proses menghilangkan kontaminan dari larutan dalam air ke larutan di udara. Menara pengupasan udara adalah perangkat pengupasan udara silinder vertikal yang sering digunakan dalam perbaikan airtanah di lokasi di mana bensin telah mengkontaminasi airtanah.
- Alignment* : Ukuran kelurusan vertikal sumur. Ini adalah jarak horizontal antara garis tengah aktual sumur dan garis tengah vertikal sejati dari atas

- lubang. Penyelarasan sumur sangat penting untuk pompa turbin garis-poros yang memiliki motor pompa di permukaan.
- Alkaline Water* : Air dengan pH lebih besar dari 7. Dalam analisis air, alkalinitas diwakili oleh karbonat dan bikarbonat. Lihat juga pH, air asam.
- Alkalinity : Kapasitas air untuk menetralkan larutan asam.
- Alluvium : Endapan endapan berupa lumpur, pasir, kerikil, yang telah diangkut dan kemudian diendapkan dengan air mengalir, biasanya aliran atau sungai. Endapan aluvial modern ditemukan di streambed, lembah sungai, dataran banjir, delta dan estuari. Banyak formasi geologi purba yang terdiri dari endapan aluvial. Akuifer aluvial adalah sumber air yang penting. Lihat juga akuifer pasir & kerikil, penyimpangan bertingkat.
- Amplitude Anomaly* : Peningkatan amplitudo seismik yang tiba-tiba yang dapat mengindikasikan keberadaan hidrokarbon. Anomali amplitudo yang mengindikasikan keberadaan hidrokarbon dapat dihasilkan dari perubahan mendadak impedansi akustik, seperti ketika pasir gas mendasari serpihan, dan dalam hal itu, istilah tersebut digunakan secara sinonim dengan indikator hidrokarbon.
- Anaerobic* : Kondisi kekurangan oksigen ditemukan di beberapa tanah jenuh. Perubahan kadar oksigen dalam tanah dan sedimen batuan dapat memiliki efek penting pada kimia airtanah.
- Annulus : Ruang antara lubang bor dan casing sumur. Menyegel annulus dapat mengurangi kemungkinan kontaminan permukaan mencapai airtanah.
- Anticlinal Trap* : Jenis perangkap hidrokarbon struktural yang penutupannya dikendalikan oleh adanya antiklin.
- Anticline* : Lipatan berbentuk lengkung di batuan di mana lapisan batuan cembung ke atas. Anticlines membentuk banyak perangkap hidrokarbon yang sangat baik, terutama dalam lipatan dengan batuan berkualitas reservoir di intinya dan segel kedap air di lapisan luar lipatan. Sinklinn adalah jenis lipatan yang berlawanan.
- Aquiclude* : Formasi batuan jenuh atau lapisan sedimen geologis dengan permeabilitas rendah. Aquicludes tidak menghasilkan sejumlah besar air ke sumur tetapi mungkin penting sebagai zona

- penyimpanan air yang melepaskan air ke formasi yang lebih permeabel.
- Aquifer Recharge* : Proses dimana air dari presipitasi (atau bagian lain dari sistem hidrologi) mencapai tempat penyimpanan air / akuifer dan karenanya meningkatkan penyimpanan airtanah.
- Aquifer* : Formasi atau struktur geologis yang memiliki kemampuan untuk menyimpan dan / atau mentransmisikan air ke sumur dan mata air. Penggunaan istilah akuifer biasanya terbatas pada formasi yang mengandung air yang mampu menghasilkan air dalam jumlah yang cukup untuk menjadi sumber pasokan yang dapat digunakan.
- Aquifer Test* : Uji hidraulik akifer berdasarkan perhitungan menggunakan data dari pengukuran respons ketinggian airtanah (drawdown and recovery) hingga pemompaan terkontrol. (Kadang-kadang tes dapat menambahkan air ke sumur). Tes akuifer biasanya memungkinkan ahli hidrologi untuk memprediksi jumlah air dalam akuifer dan tingkat di mana ia dapat ditarik dengan aman.
- Aquitard* : Formasi geologis yang memiliki permeabilitas sangat rendah di mana air tidak dapat bergerak didalamnya.
- Area of Influence* : Area tanah yang terletak diatas penyebaran kerucut depresi sumur pompa.
- Artesian Water* : Airtanah yang berada di bawah tekanan ketika disadap oleh sumur dan mampu naik di atas muka air di mana ia pertama kali ditemui. Itu mungkin atau mungkin tidak mengalir di permukaan tanah. Tekanan pada akuifer seperti itu biasa disebut tekanan artesis, dan formasi yang mengandung air artesis adalah akuifer artesis atau akuifer tertekan.
- Artesian Aquifer* : Akuifer artesis (akuifer terkekang) terjadi di mana lapisan batuan yang kedap air "menjebak" airtanah di bawah tekanan. Tergantung pada geologi dan topografi, akuifer tunggal mungkin artesis (tertekan) di satu tempat dan tidak tertekan di tempat lain.
- Artesian Well* : Sumur (lubang bor) yang menembus akuifer artesis. Air akan naik ke atas selubung / casing sumur ke permukaan tekanan akuifer. Aliran artesis menggambarkan aliran alami ke permukaan air dari akuifer tertekan.

- Artificial Recharge** : Suatu proses di mana air dimasukkan kembali ke dalam penyimpanan airtanah dengan menggunakan alat-alat teknik seperti cekungan penyebar atau sumur resapan.
- Auger** : Sebuah mesin yang memiliki poros heliks yang berputar untuk membor tanah.
- Back Off** : Untuk melepaskan komponen drillstring downhole. Drillstring, termasuk drillpipe dan rakitan lubang dasar, digabungkan dengan berbagai bentuk ulir yang dikenal sebagai sambungan atau sambungan matabor. Seringkali ketika drillstring menjadi macet, perlu untuk mundur / kembali dari string sedalam mungkin untuk memulihkan sebanyak mungkin drillstring. Untuk memfasilitasi operasi penangkapan atau penangkapan ikan, penghentian biasanya dilakukan dengan menerapkan torsi terbalik dan meledakkan bahan eksplosif di dalam koneksi berulir yang dipilih.
- Bailer** : Gayung, Sepotong silinder, seperti timba yang digunakan untuk mengevakuasi kandungan cairannya, atau menghilangkan lumpur dan potongan batuan dari lubang atau lubang sumur.
- Bedrock** : Formasi batuan padat, tetapi sering bercelah dan retak, yang terjadi di bawah tanah, endapan sedimen yang tidak terkonsolidasi, atau bahan yang lapuk. Batuan tersingkap adalah batuan dasar di permukaan. Sedimen atau material yang terlapis batuan dasar kadang-kadang disebut regolith atau overburden.
- Bentonite** : Tanah liat koloid yang berasal dari gunung berapi digunakan sebagai bahan utama dalam fluida pemboran (lumpur pemboran) yang digunakan dalam proses pemboran sumur putar dan juga digunakan sebagai media grouting untuk menutup selubung sumur di lubang yang dibor.
- Bicarbonate** : Alkilinitas dalam air biasanya terdiri dari bikarbonat dan dilaporkan sebagai mg / L CaCO_3 .
- Bit** : Alat pemotong digunakan dalam pemboran sumur. Mata bor bervariasi dalam kompleksitasnya, mulai dari matabor sederhana yang digunakan dalam pemboran alat kabel hingga bit kerucut-tiga yang digunakan dalam operasi putaran lumpur.

- Blowout* : Aliran cairan reservoir yang tidak terkontrol ke dalam lubang bor, dan kadang-kadang serempak ke permukaan. Ledakan semburan dapat terdiri dari air asin, minyak, gas alam atau campurannya. Ledakan semburan terjadi di semua jenis operasi eksplorasi dan produksi, tidak hanya selama operasi pemboran.
- Blowout Preventor* : Sebuah katup besar di bagian atas sumur yang mungkin ditutup jika kru pemboran kehilangan kontrol cairan formasi. Dengan menutup katup ini (biasanya dioperasikan dari jarak jauh oleh aktuator hidrolik), kru pemboran biasanya mendapatkan kembali kendali reservoir, dan prosedur kemudian dapat dimulai untuk menambah berat lumpur hingga dimungkinkan untuk membuka BOP (Blow Out Preventor) dan mempertahankan kontrol tekanan pada formasi. BOP hadir dalam berbagai gaya, ukuran, dan peringkat tekanan. Karena BOP sangat penting untuk keselamatan kru, rig dan lubang atau lubang sumur itu sendiri, BOP diperiksa, diuji, dan diperbaharui secara berkala.
- Borehole* : Lubang yang dibuat dengan membor, termasuk lubang terbuka atau bagian sumur yang tidak dicasing. .
- Bottomhole Assembly* : Bagian bawah dari drillstring, terdiri dari (dari bawah ke atas) bit, bit sub, motor lumpur (dalam kasus-kasus tertentu), stabilisator, drill collar, drillpipe, perangkat jar dan crossover untuk berbagai bentuk string.
- Break Circulation* : Untuk memulai sirkulasi cairan pemboran setelah periode kondisi statis. Sirkulasi dapat dilanjutkan setelah istirahat singkat, seperti melakukan survei atau setelah gangguan yang berkepanjangan.
- Break Out* : Untuk melepaskan komponen drillstring, yang digabungkan dengan berbagai bentuk ulir yang dikenal sebagai koneksi, termasuk sambungan matabor dan koneksi berulir lainnya.
- Cable Tool Drilling* : Pemboran dengan alat kabel (pemboran perkusi) dicapai dengan tindakan meremuk dan menghancurkan formasi batuan dengan alat pemboran berat yang tergantung pada kabel yang berulang kali diangkat/dinaikkan dan dijatuhkan.
- Cased Hole* : Lubang bor yang dilapisi dengan selubung atau casing.

- Casing* : Perangkat silinder (baja atau plastik atau fibre glass) yang dipasang di dalam sumur untuk menjaga lubang sumur dan menyegel.
- Casing Joint* : Panjang pipa baja, umumnya sekitar 40 kaki panjang dengan koneksi berulir di setiap ujungnya. Sambungan casing dipasang untuk membentuk rangkaian casing dengan panjang dan spesifikasi yang benar.
- Casing Patch* : Sistem downhole assembly atau alat yang digunakan dalam perbaikan kerusakan casing, korosi atau kebocoran.
- Casing Shoe* : Bagian bawah serangkaian casing, termasuk semen di sekitarnya, atau peralatan yang bekerja di bagian bawah casing.
- Cement Plug* : Sumbat semen yang ditempatkan di lubang atau lubang sumur. .
- Circulate* : pemompaan cairan pemboran melalui seluruh sistem fluida aktif. Turun melalui drillstring, naik di bagian luar drillstring (antara drillpipe dan dinding lubang), melalui sistem lumpur dan kemudian kembali ke drillstring lagi.
- Cone of Depression* : Suatu bentuk kerucut terbalik yang berkembang di permukaan air (atau permukaan potensiometrik) sebagai hasil pemompaan dari sebuah sumur. Dalam prakteknya bentuk 'kerucut' yang dihasilkan dari pemompaan dari sumur seringkali tidak simetris.
- Confined Aquifer* : Akuifer yang ditindih oleh lapisan kedap air, di mana air berada di bawah tekanan yang lebih besar dari pada atmosfer.
- Core* : Silinder batu, biasanya berdiameter 5 hingga 10 sentimeter, diambil atau dipotong dari lubang bor sebagai sampel formasi bawah tanah.
- Cuttings* : = Stek. Potongan-potongan kecil batu yang pecah karena aksi matabor. Stek disaring keluar dari sistem lumpur pemboran di 'shale shaker' dan dimonitor untuk dideskripsi komposisi, ukuran, bentuk, warna, tekstur, dan properti lainnya.
- Darcy's Law* : Persamaan yang menyatakan bahwa aliran melalui media berpori berbanding lurus dengan head hidraulik dan berbanding terbalik dengan panjang aliran. Henri Darcy adalah seorang insinyur Prancis yang bekerja di pekerjaan air Dijon pada pertengahan abad ke-19. 'Hukum' -nya adalah dasar bagi banyak ilmu hidrologi

- airtanah dan salah satu persamaan dasar paling penting yang digunakan dalam perhitungan hidrogeologis.
- Deviation* : Sudut di mana lubang atau lubang bor menyimpang dari vertikal. Sumur dapat menyimpang dari vertikal karena dips/kemiringan lapisan batuan yang sedang dibor. Sumur juga bisa sengaja disimpangkan dengan menggunakan mekanisme kemudi. .
- Downhole* : Istilah untuk menggambarkan alat, peralatan, dan instrumen yang digunakan dalam lubang atau lubang bor, juga, kondisi atau teknik yang berlaku untuk lubang atau lubang sumur.
- Drawdown* : Perubahan ketinggian airtanah yang disebabkan oleh pemompaan diukur sebagai perbedaan antara ketinggian air statis dan ketinggian air di lokasi sumur tertentu setelah periode pemompaan tertentu.
- Drill Collar* : Komponen drillstring yang memberikan bobot pada bit untuk pemboran.
- Drilling Mud* : Campuran khusus dari aditif lempung, air, dan kimia dipompa ke lubang bor dan mata bor. Lumpur mendinginkan bit yang berputar cepat; melumasi pipa bor dalam lubang sumur; membawa potongan batu ke permukaan; dan berfungsi sebagai plester untuk mencegah dinding lubang runtuh atau longsor. Lumpur bor juga memberikan bobot atau head hidrostatik untuk mencegah cairan asing memasuki lubang dan untuk mengontrol tekanan lubang bawah.
- Drillpipe* : Pipa baja saling disekrup satu dengan lainnya dan digunakan untuk membawa dan memutar alat pemboran di dalam sumur, dan untuk memungkinkan sirkulasi cairan pemboran.
- Dry and Abandoned* : Sebuah sumur yang dibor dan tidak menemukan minyak dan / atau gas alam atau air dalam jumlah yang ekonomis dan kemudian ditinggalkan.
- Dual Purpose Wells* : Sumur yang dirancang dengan kemampuan memompa air di bawah tanah selama pengisian buatan dan ke permukaan dari akuifer selama pemulihan.
- Dual Rotary Drilling* : Fitur yang membedakan rig putar ganda adalah drive putar bawah yang digunakan untuk memajukan casing secara independen. Drive atas putar menangani string bor dalam, yang

dapat digunakan dengan palu down-the-hole (DTH), bit seret, atau bit kerucut gulung. Stek biasanya dilepas menggunakan udara dari kompresor on-board atau kompresor tambahan. Metode pemboran putar, yang digunakan bersama dengan sistem pengumpulan siklon, memastikan sampel akurat dari formasi yang dibor. Manfaat utama dari rotasi selubung adalah lubang lurus, bahkan saat membor batu dan batu-batu besar. Sebuah lubang lurus membantu untuk meminimalkan sidewall gesekan, mengurangi stres pada sendi casing dan lasan dan memungkinkan kedalaman casing yang lebih besar.

- Electrical Log* : Sebuah survei elektrik dari lubang tanpa casing yang mencerminkan tingkat resistensi strata batuan terhadap arus listrik. Dari hasil survei, ahli geologi dapat menentukan sifat batuan yang ditembus dalam lubang dan beberapa indikasi permeabilitasnya.
- Fish* : Apa pun yang tertinggal atau jatuh ke dalam lubang atau lubang sumur. Tidak masalah apakah 'ikan' terdiri dari logam sampah, alat tangan, panjang pipa bor atau drill collar bor. Setelah komponennya hilang, ia disebut sebagai 'ikan'. Biasanya, apa pun yang dimasukkan ke dalam lubang secara akurat diukur dan dibuat sketsa, sehingga alat pancing yang tepat dapat dipilih jika barang tersebut harus diambil dari lubang tersebut.
- Fishing Tool* : Istilah umum untuk perangkat mekanis khusus yang digunakan untuk membantu pemulihan peralatan yang hilang.
- Flowing Well* : Sumur yang mampu menghasilkan minyak atau air dengan energinya sendiri, tanpa bantuan pompa atau cara lain.
- Formation* : Istilah umum untuk batuan di sekitar lubang bor.
- Gravel Pack* : = Kerikil penyaring, kerikil pembalut. Berupa kerikil dengan ukuran dan gradasi tertentu yang dipasang pada ruang anulus sebagai pengontrol pasir formasi agar tidak masuk dalam sumur mencegah produksi pasir formasi. Juga bertujuan untuk menstabilkan formasi.
- Grout* : Campuran penyegelan cairan biasanya terdiri dari bentonit dan atau semen yang digunakan untuk menutup selubung sumur. Setelah dipasang, nat membentuk segel kedap air.

- Hydraulic Conductivity* : Properti akuifer (atau bagian dari akuifer) yang mengukur kemampuan batuan / sedimen untuk memungkinkan air mengalir di bawah gradien hidrolis tertentu.
- Hydraulic Gradient* : Pengukuran yang digunakan dalam ilmu airtanah untuk menghitung arah dan laju aliran airtanah. Gradien hidrolis adalah kemiringan muka air pada akuifer tak tertekan atau permukaan tekanan pada akuifer tertekan. Ini dapat diukur dari titik pengisian ke titik pembuangan atau antara dua tempat di dalam sistem airtanah. Gradien hidrolis adalah rasio perbedaan vertikal antara dua tempat di muka air dan jarak horizontal mereka.
- Hydrofracture* : Teknik meningkatkan aliran ke sumur di batuan dasar dengan menggunakan gaya tekanan tinggi ke sumur untuk membuka celah atau retakan batuan. Teknik ini biasanya digunakan untuk meningkatkan aliran pada sumur berproduksi sangat rendah.
- Hydrogeology* : Studi geologi dari perspektif peran dan pengaruhnya dalam hidrologi. Di sisi lain, geohidrologi adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan studi hidrologi dari perspektif pengaruh geologi. Dalam praktiknya kedua istilah ini digunakan secara bergantian. Ilmu airtanah adalah bidang studi umum.
- Impermeable Layer* : = Lapisan Kedap. Lapisan / formasi geologi (konsolidasi atau non-konsolidasi) yang tidak memungkinkan air untuk melewatinya. Sebagian besar lempung dianggap kedap meskipun aliran sebenarnya dapat terjadi sangat lambat.
- Induced Infiltration* : Memompa dari sumur yang berdekatan dengan sungai / danau yang menghasilkan aliran sungai / danau ke akuifer yang berdekatan.
- Injection Well* : Sebuah sumur dibangun untuk tujuan menyuntikkan air langsung ke tanah. Biasanya digunakan untuk menggambarkan sumur yang digunakan untuk menyuntikkan air limbah yang telah diolah (atau tidak diolah). Air limbah umumnya dipaksa (dipompa) ke dalam sumur untuk disebarkan atau disimpan ke akuifer yang ditunjuk. Sumur injeksi umumnya dibor ke dalam formasi batuan yang tidak memberikan air minum, akuifer yang tidak digunakan, atau di bawah permukaan air tawar.

- Jar* : Alat mekanis menggunakan downhole untuk mengirimkan beban impak ke komponen downhole lain, terutama ketika komponen itu macet.
- Joint* : Sambungan pipa, biasanya mengacu pada pipa bor, selubung / casing atau tabung.
- Junk* : Apa pun yang ada di lubang atau lubang sumur yang tidak seharusnya ada di sana. Istilah ini biasanya dicadangkan untuk potongan baja kecil seperti perkakas tangan, bagian kecil, nozel bit, potongan bit atau perkakas downhole lainnya, dan sisa-sisa operasi penggilingan.
- Kelly* : Batang baja persegi panjang atau heksagonal dengan lubang yang dibor melalui tengah untuk lewatnya jalur fluida. Kelly digunakan untuk mengirimkan gerakan putar dari meja putar atau kelly bushing ke drillstring, sementara memungkinkan drillstring diturunkan atau dinaikkan selama rotasi. Kelly melewati bushing kelly, yang digerakkan oleh meja putar. Bushing kelly memiliki profil dalam yang cocok dengan profil luar kelly (baik persegi atau heksagonal), tetapi dengan dimensi yang sedikit lebih besar sehingga kelly dapat dengan bebas bergerak naik dan turun di dalamnya.
- Kelly Bushing* : Adaptor yang berfungsi untuk menghubungkan meja putar ke kelly. Bushing kelly memiliki profil diameter dalam yang cocok dengan kelly, biasanya persegi atau heksagonal. Ini terhubung ke meja putar dengan empat pin baja besar yang masuk ke lubang kawin di meja putar. Gerakan putar dari meja putar ditransmisikan ke bushing melalui pin, dan kemudian ke kelly itu sendiri melalui persegi atau permukaan datar heksagonal antara kelly dan kelly bushing. Kelly kemudian memutar seluruh drillstring karena diputar ke atas drillstring itu sendiri.
- Liner* : Nama lain untuk casing, atau tabung, terutama casing menengah.
- Log* : Catatan terperinci terkait kedalaman dari detail penting tertentu dalam sumur; biasanya diperoleh dengan menurunkan instrumen pengukuran ke dalam sumur.
- Lost Circulation* : Kurangnya lumpur kembali ke permukaan setelah dipompa ke lubang. Kehilangan sirkulasi terjadi ketika mata bor bertemu celah

- alami, patahan atau gua, dan lumpur mengalir ke ruang yang baru tersebut. Kehilangan sirkulasi juga dapat disebabkan oleh lebih banyak tekanan lumpur (yaitu, pemboran yang tidak seimbang)
- Monitoring Well* : Sebuah sumur yang dibangun atau digunakan untuk keperluan pengumpulan data permukaan air atau kualitas air. Sumur pemantauan sering dipasang untuk memberikan peringatan dini terhadap kontaminasi yang terjadi.
- Mud Weight* : Massa per unit volume cairan pemboran, identik dengan kepadatan lumpur. Bobot lumpur mengontrol tekanan hidrostatik dalam sebuah lubang dan mencegah aliran yang tidak diinginkan ke dalam lubang. Berat lumpur juga mencegah runtuhnya lubang sumur terbuka / tanpa casing
- Observation Well* : Sebuah sumur yang dibangun di lokasi tertentu untuk tujuan mengamati (mengukur) perubahan ketinggian air. Sumur yang ada mungkin dibor untuk tujuan yang berbeda juga dapat digunakan untuk mengamati perubahan ketinggian air. Sumur observasi biasanya digunakan untuk pengumpulan data berdurasi pendek seperti sebelum, selama dan setelah uji akuifer . Sumur yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam jangka panjang biasanya disebut sebagai sumur pemantauan (monitoring well.)
- Offset Well* : Lubang bor yang ada didekat rencana sumur yang diusulkan yang menyediakan informasi untuk merencanakan sumur yang diusulkan akan dibuat.
- Openhole* : Bagian lubang bor yang tidak di pasang casing.
- Overshot* : Alat downhole yang digunakan dalam operasi pemancingan untuk menangkap pada permukaan luar tabung atau alat. Grapple, atau mekanisme selip serupa, di atas pegangan ikan, memungkinkan penerapan gaya tarik dan aksi hantakan. Jika ikan tidak bisa dilepas, sistem pelepasan dalam overshot memungkinkan overshot dilepaskan dan diambil.
- Permeability* : Ukuran resistensi batuan terhadap pergerakan cairan. Batuan mungkin memiliki lubang atau ruang kosong di dalamnya (lihat 'Porositas'), tetapi jika lubang ini tidak terhubung, permeabilitas dapat berkurang secara drastis.

- Piezometer* : Alat untuk mengukur tekanan air pori (yaitu mengukur lokasi muka air). Beberapa jenis piezometer juga dapat digunakan untuk mengumpulkan sampel air. Akibatnya, sumur yang dirancang khusus untuk mengumpulkan sampel air sering disebut, (sebenarnya keliru), sebagai piezometer.
- Pill* : Sejumlah kecil lumpur pemboran digunakan untuk tujuan tertentu dalam operasi pemboran. Berbagai jenis pil dibutuhkan dari waktu ke waktu di rig, seperti untuk menghentikan kehilangan sirkulasi atau pipa bor yang macet.
- Plug* : Segel / sumbat semen (atau bahan kedap air lainnya) sengaja ditempatkan di sumur bor untuk mencegah aliran air, gas alam, atau minyak dari satu strata ke strata lain ketika sebuah sumur ditinggalkan di satu zona.,
Botom plug adalah sumbat semen atau kayu atau bahan lain yang digunakan untuk menutup dasar sumur (airtanah) agar tidak ada material lain selain air yang masuk kedalam sumur untuk dipompa.
- Porosity* : Persentase volume pori atau ruang kosong, atau volume dalam batuan yang dapat mengandung cairan. Porositas efektif adalah volume pori yang saling berhubungan dalam batuan yang berkontribusi terhadap aliran fluida dalam reservoir. Tidak termasuk pori-pori yang terisolasi. Total porositas adalah ruang kosong total dalam batuan apakah itu berkontribusi terhadap aliran fluida. Dengan demikian, porositas efektif biasanya kurang dari porositas total.
- Potentiometric Surface* : Permukaan teoretis (imajiner) dari head statis airtanah dalam akuifer.
- Pumping Level* : Kedalaman permukaan air dalam sumur saat pemompaan sedang berlangsung.
- Radius of Influence* : Jarak radial horizontal dari sumur ke titik-titik di akuifer di mana tidak ada pengaruh yang dapat diamati dari pemompaan.
- Reaming* : Pelebaran lubang bor, yang semula dibor dengan diameter kecil kemudian diperbesar karena beberapa alasan termasuk dalam rangka meyakinkan potensi produksi, jika potensial baru dilakukan reaming, atau alasan lain diantaranya : reaming mungkin diperlukan karena beberapa alasan. Mungkin alasan paling umum untuk reaming bagian dari lubang adalah bahwa lubang itu tidak

- dibor sebesar yang seharusnya di awal. Ini dapat terjadi ketika bit telah aus dari ukuran aslinya, tetapi mungkin tidak ditemukan sampai bit keluar dari lubang, dan beberapa lubang di bawah gauge telah dibor. Beberapa formasi plastik mungkin perlahan mengalir ke dalam lubang dari waktu ke waktu, membutuhkan operasi reaming untuk mempertahankan ukuran lubang asli.
- Recovery* : Dalam dunia Minyak :Fraksi hidrokarbon yang dapat atau telah dihasilkan dari sumur, reservoir atau lapangan; juga, cairan yang telah diproduksi.
- Dalam dunia airtanah adalah kambuh, setelah pemompaan sumur dihentikan, permukaan air dalam sumur akan berangsur angsur kembali ke kedudukan sebelum dipompa (atau mendekati)
- Reverse Circulation* : Mengalirkan cairan / fluida ke anulus lubang sumur, dengan pengembalian lewat drillstring / drill pipe.
- Reverse Circulation adalah salah satu metode pemboran dimana fluida dialirkan ke anulus dan kembali nya dihisap melalui drill pipe dan dikembalikan ke kolam pengendap.
- Reverse sirkulasi sering digunakan untuk menghilangkan puing-puing dari lubang sumur karena laju aliran cairan yang tinggi di dalam drill string memungkinkan pemulihan besar
- Rig* : Mesin yang digunakan untuk membor sumur. Kadang kadang rig tersebut mencakup hampir segalanya kecuali tempat tinggal. Pada ring pemboran minyak, komponen utama rig termasuk tangki lumpur dan pompa, derek, mesin drawing, meja putar, drillstring, peralatan pembangkit listrik, dan peralatan tambahan.
- Rotary Drilling* : Metode pemboran sumur dilakukan dengan aksi memutar mata bor. Batuan tanah dihilangkan dengan mensirkulasi lumpur bor yang dipaksa turun melalui pipa bor dan keluar melalui ruang annular antara pipa bor dan lubang. Jika casing dipasang sebagai hasil pemboran maka pemboran rotasi balik (reverse circulation) dapat digunakan dengan cairan pemboran yang dipompa ke bagian luar pipa bor dan kembali ke permukaan ke atas melalui pipa bor.
- Rotary Drilling with Casing Hammer* : Casing palu adalah alternatif yang dibuat dengan baik untuk memajukan casing dalam situasi di mana lubang tidak bisa tetap terbuka. Beberapa rig penggerak atas putar dapat dilengkapi

dengan palu casing yang ditenagai oleh tekanan udara, tenaga hidrolik atau mekanis yang menggerakkan selubung saat pemboran berlangsung. Biasanya, bit palu atau tricone DTH digunakan untuk membuka lubang di depan casing dan kemudian ditarik ke dalam casing sementara casing digerakkan dengan driver casing. Tindakan mencolok dari palu casing dapat dibalik untuk membantu mencabut casing.

- Rotary Table* : Bagian berputar atau berpuntir dari rantai bor yang menyediakan daya untuk memutar drill string ke arah searah jarum jam. Gerakan putar dan daya ditransmisikan melalui bushing Kelly dan Kelly ke drillstring. Ketika drillstring berputar, kru pemboran biasanya melakukannya operasi itu hanya, 'berputar ke kanan'
- Saltwater Disposal Well* : Sumur yang dibor dengan tujuan untuk membuang limbah air asin. Air asin dipompa ke sumur bor ke dalam formasi air asin yang cukup dalam untuk tidak mencemari pasir air tawar yang dangkal.
- Saturated Zone* : Zona dalam endapan dan formasi batuan di mana semua rongga terisi dengan air. Zona jenuh dapat dianggap termasuk air yang ditahan di atas permukaan air oleh kenaikan kapiler. Tanah dan zona vadose dalam formasi batuan tidak sepenuhnya jenuh. Ketebalan jenuh menggambarkan sejauh mana akuifer berada di bawah permukaan air.
- Screen* : Silinder dari bahan baja atau plastik atau fibre glass yang digunakan untuk memungkinkan air masuk ke sumur sambil mencegah sedimen atau partikel batuan memasuki sumur. Screen / saringan yang baik bisa dibungkus kawat, atau berupa lilitan kawat pada rod. Louver atau lubang, dan dapat dibuat dari bahan yang berbeda dan pada ukuran bukaan atau celah yang berbeda. Pemilihan desain screen sumur dan ukuran bukaan tergantung pada karakteristik formasi geologi, debit yang dibutuhkan dan ketebalan akuifer.
- Specific Capacity* : Debit sumur per unit kedalaman drawdown.. Dinyatakan sebagai galon per menit per kaki, (liter per menit per meter). Ini digunakan sebagai ukuran efisiensi sumur. Untuk sumur yang ideal adalah debitnya tinggi atau besar, dan drawdownnya rendah atau kecil.

- Test Hole* : Lubang uji biasanya digunakan dalam aplikasi geologi teknik sedangkan sumur uji digunakan dalam investigasi airtanah untuk memperoleh informasi tentang kondisi geologis dan / atau hidrologi. Lubang uji biasanya dibor dengan diameter kecil. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari lubang uji, dapat dilakukan pemboran sumur produksi dengan diameter yang lebih besar.
- Test Well* : Sebuah sumur yang digunakan untuk menilai dan / atau menguji sifat geologis dan hidrolik dari akuifer. Serangkaian sumur uji dapat dibor untuk menentukan lokasi yang paling efektif untuk sumur produksi (jauh lebih mahal). Sumur uji biasanya berdiameter lebih kecil dari sumur produksi.
- Tight Hole* : Sumur yang oleh operator perlu dijaga kerahasiaannya, terutama informasi geologis.
- Tremie Pipe* : Sebuah pipa yang digunakan untuk membawa material (biasanya nat / grout semen) ke kedalaman tertentu dalam lubang yang dibor. Pipa tremie perlahan ditarik karena nat ditempatkan di sumur.
- Water Well* : Perangkat rekayasa yang dibuat untuk mengakses air bawah permukaan. Sumur mungkin dibor (horizontal atau vertikal).
- Well Screen* : Perangkat baja atau plastik yang memberi jalan masuk air ke sumur dari formasi geologi di sekitarnya tetapi yang mencegah atau mengurangi kemungkinan sedimen pasir atau kerikil memasuki sumur. Desain dan pemilihan screen sumur didasarkan pada kriteria geologis dan hidrolik.
- Well Rehabilitation* : Proses menggunakan teknik mekanis atau kimia untuk mengembalikan hasil sumur yang menurun yang disebabkan oleh kerak biologis dan atau kimia dari lapisan sumur dan / atau kerikil penyaring atau formasi batuan yang berbatasan langsung dengan lubang bor.
- Well Sealing* : Sumur yang tidak digunakan mungkin perlu ditutup untuk melindungi akuifer dari kontaminan permukaan, atau untuk mencegah masuknya air dari akuifer yang berbeda di sumur yang sama, atau dari akuifer yang saling terhubung oleh sumur yang berbeda.

- Well* : Sebuah lubang di tanah dibuat untuk mendapatkan akses ke akuifer untuk mendapatkan air untuk penggunaan ekonomis. Sumur mungkin digali (kebanyakan sumur tua kurang dari 50 kaki) atau dibor.
- Well Point* : Silinder yang dibuat dengan saringan (biasanya baja dan berdiameter kurang dari 4 inci) yang didorong ke tanah dan yang dapat berfungsi untuk mengakses airtanah.
- Well Development* : Penerapan teknik setelah dan selama proses pemboran agar sumur berkapasitas hasil maksimum dan mencapai efisiensi sumur maksimum.
- Wellhead* : Peralatan yang digunakan untuk mempertahankan kontrol permukaan sumur.

KUNCI JAWABAN

A. Latihan Materi Pokok 1: Tahapan dan Metode Pemboran

1. Sebutkan tahapan pemboran secara berurutan pada pekerjaan pemboran pembangunan sumur produksi?

Jawaban:

- a. Persiapan
- b. Pelaksanaan Pemboran
- c. *Development*
- d. Uji Pemompaan (*Pumping Test*)

2. Apa yang anda ketahui tentang matabor drag (*drag bit*) dan *Roller bit*, Uraikan, dan kegunaannya masing - masing?

Jawaban:

Matabor *drag* memiliki bilah pendek, masing-masing ditempa berbentuk ujung tombak dan ditanamkan gigi dari logam yang lebih keras dan tahan abrasi. Matabor *drag* memiliki aksi geser - seret dan memotong dengan cepat di pasir, lempung, dan beberapa formasi batuan lunak, tetapi mereka tidak bekerja dengan baik di kerikil kasar atau formasi batuan kompak dan keras.

Matabor tiga kerucut (*tricone bit*), digunakan sebagai matabor serba guna untuk semua jenis formasi, memiliki *roller* berbentuk kerucut dengan as dan bantalan yang diatur pada sudut tertentu terhadap sumbu matabor. Desain lain memiliki empat rol; dua diatur pada sudut dan dua normal terhadap sumbu vertikal matabor

3. Apa alasannya harus hati hati jika menggunakan *pull - down*, waktu membor batuan keras?

Jawaban:

Disarankan untuk tidak menggunakan *pull-down* jika tidak sangat terpaksa, dan jika sangat terpaksa harus dilakukan sangat hati-hati, karena pipa bor dapat melengkung saat ditekan sambil membor akibatnya lengkungan dapat mengerosi lubang bor dan berakibat runtuh atau lubang yang sedang di bor dapat bengkok, dapat juga rig atau mesin bor terangkat dan berpindah tempat atau bergeser bahkan dapat terguling.

B. Evaluasi Materi Pokok 1: Tahapan dan Metode Pemboran

1. C
2. B
3. D

C. Latihan Materi Pokok 2: Peralatan dan Bahan Pemboran

1. Apakah fungsi stabilizer atau stabilisator itu, jelaskan singkat?

Jawaban:

Stabilisator pemboran adalah peralatan *downhole* yang digunakan dalam perakitan lubang bawah dari string bor. Secara mekanis menstabilkan BHA dalam lubang bor untuk menghindari pengalihan arah (pembengkokan) yang tidak disengaja, getaran, dan memastikan kualitas lubang yang dibor.

2. Bagaimanakah prinsip kerja kompresor perpindahan positif itu? Uraikan

Jawaban:

Kompresor perpindahan positif, udara ditarik ke dalam satu atau lebih ruang kompresi, kemudian saluran masuk ditutup. Secara bertahap volume setiap ruang dikurangi sehingga udara tertekan. Ketika tekanan telah mencapai rasio tekanan built-in yang dirancang pabrik, katup dibuka dan udara dilepaskan ke sistem outlet.

3. Apakah yang disebut sebagai bahan additives (bahan penambah) itu ?

Jawaban:

Bahan penambah adalah bahan yang perlu atau harus ditambahkan dalam fluida pemboran agar diperoleh karakter atau sifat fluida sirkulasi yang diharapkan

D. Evaluasi Materi Pokok 2: Peralatan dan Bahan Pemboran

1. C
2. A
3. D

E. Latihan Materi Pokok 3: Pelaksanaan Pemboran

1. Apakah maksud dari pengambilan sampel batuan pada pemboran ?

Jawaban:

Pengambilan sampel batuan atau formasi dimaksudkan untuk mendapatkan informasi perlapisan batuan tentang jenis batuan, sifat-sifat hidrogeologis batuan, apakah merupakan akuifer atau bukan, serta posisi kedalaman dan ketebalan batuan guna desain konstruksi sumur.

2. Kapankah atau jika pada kondisi apa fluida lumpur bor akan semakin mengental dan semakin mencair sewaktu sedang berlangsung pemboran, dan apa akibatnya ?uraikan dengan jelas.

Jawaban:

Dalam prakteknya, jika pemboran banyak menembus material lempung lama kelamaan viskositas biasanya semakin mengental. Jika pemboran menembus lapisan artesis, dan fluida tidak dapat membentuk *mud cake* pada dinding lubang bor, sehingga air formasi masuk ke lubang bor, maka fluida akan mencair, jika fluida pemboran terlalu cair, formasi atau lubang bor akan runtuh dan ada potensi drill string terjepit.

3. Uraikan untuk apa dilakukan log listrik PR (*Resistivity Logging*) dan log potensial SP (*Spontaneous Potential logging*) ?

Jawaban:

Salah satu penggunaan paling umum dari log listrik adalah untuk menentukan tempat yang tepat untuk mengatur saringan (*screen*) dengan baik. Hasil log menjadi dasar untuk menentukan panjang saringan yang tepat dan untuk mengaturnya di seberang formasi yang mengandung air terbaik.

Log potensial menunjukkan zona permeabel tetapi tidak secara absolut, mereka juga dapat membantu dalam menentukan panjang casing, dan memperkirakan total padatan terlarut (TDS) dalam air tanah. Pada tempat tempat tidak ada perbedaan yang tajam di zona permeabel, seperti yang sering terjadi pada formasi aluvial dangkal, log potensial kurang tajam dan hanya berkontribusi sedikit. Salinitas air tanah dapat ditentukan.

F. Evaluasi Materi Pokok 3: Pelaksanaan Pemboran

1. B
2. C
3. B

G. Latihan Materi Pokok 4: Development

1. Uraikan dengan jelas, singkat, prinsip development metode semburan udara (*air jetting method*)!

Jawaban:

Pada prinsipnya *development* dengan metode ini adalah meniupkan udara bertekanan tinggi, dengan menggunakan kompresor, dilengkapi tangki udara bertekanan tinggi. Untuk alasan keamanan, kompresor udara mutlak harus dilengkapi dengan katup pengaman (*safety valve*) serta meter tekanan udara.

Prinsip kerjanya adalah udara tekanan tinggi disemurkan melalui saluran udara, Ujung saluran udara terletak dibawah ujung pipa penghantar. Udara tersebut diharapkan dapat mendorong keluar semua kotoran, sehingga keluar bersama air sumur.

2. Pada *development* dengan semburan (*Jetting*) baik udara maupun air, tekanan semburan harus merata, apa akibatnya jika tidak merata ?

Jawaban:

Alat penyemburan untuk pencucian sumur dengan diameter yang besar adalah alat penyemburan dengan 4 lubang sembur (*nozel*). Jika menggunakan 2 lubang sembur masing-masing lubang berjarak 180 derajat, untuk 3 lubang sembur berjarak 120 derajat, sedang untuk 4 lubang sembur berjarak 90 derajat, posisi *nozel* itu dimaksudkan untuk menjaga keseimbangan tekanan hidrolis. Bila tekanan semburan tidak merata karena perbedaan besar lubang atau karena posisinya tidak tepat, kemungkinan alat sembur (*jetting tool*) akan selalu memukul pipa atau saringan sumur ke satu sisi saja dan dapat mengakibatkan pecahnya saringan.

3. Mengapa *development* dengan metode pemompaan berlebih (over pumping) pada sumur yang sudah lama tidak efektif ? berikan alasan dan penjelasan.

Jawaban:

Pemompaan berlebih ini, mempunyai kelemahan kurang efektif untuk pencucian sumur yang sudah lama beroperasi, karena sulit untuk melepaskan endapan atau kerak – endapan hasil reaksi kimia yang telah mengerak dan menempel pada konstruksi sumur. Metode ini juga kurang mampu melepaskan pertumbuhan bakteri yang membentuk koloni dan tersemen menempel pada dinding sumur.

H. Evaluasi Materi Pokok 4: Development

1. C
2. A
3. c

I. Latihan Materi Pokok 5: Uji Pemompaan

1. Pada dasarnya uji pemompaan ditujukan pada dua hal yaitu?

Jawaban:

Pada dasarnya uji pemompaan ditujukan pada dua hal yaitu :

- a. Uji Sumur, sering disebut dengan uji pemompaan bertahap atau *step drawdown pumping test*, pengujian tujuan utamanya untuk mengetahui parameter konstruksi sumurnya sendiri serta efisiensi konstruksi sumurnya, disini juga terdapat banyak cara yang digunakan.
 - b. Uji Akuifer, sering disebut sebagai uji pemompaan dengan debit konstan, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui parameter atau karakter akuifer, banyak metode yang akan digunakan baik dalam prosedurnya maupun metode analisisnya
2. Uji debit bertingkat, apa tujuan dan parameter atau data apa yang akan diperoleh?

Jawaban:

Uji Pemompaan Debit Bertingkat sering juga disebut pengujian sumur (Well Test) diantaranya adalah untuk mengetahui kesempurnaan konstruksi sumur, menentukan besaran kapasitas jenis sumur, mengetahui efisiensi sumur.

Komponen parameter sumur yang akan diperoleh diantaranya adalah dengan debit (Q) dan penurunan muka air (s) yang diukur, dapat diperoleh kapasitas jenis sumur Sw (specific discharge). Dapat diperoleh parameter koefisien *head Loss* (B), koefisien *well Loss* (C), *well loss* (CQ^2), *akuifer loss* (BQ), kapasitas jenis sumur (Q_s) dan efisiensi eumur (E).

3. Data *drawdown* sisa atau uji kambuh lebih dapat diandalkan daripada data memompa uji?

Jawaban:

Data *drawdown* sisa atau uji kambuh lebih dapat diandalkan daripada data memompa uji karena pemulihan terjadi pada kecepatan yang konstan, sedangkan debit yang benar benar konstan selama pemompaan seringkali sulit dicapai di lapangan.

J. Evaluasi Materi Pokok 5: Uji Pemompaan

1. A
2. D
3. A

K. Latihan Materi Pokok 6: Permasalahan Pemboran

1. Bagaimanakah cara mencegah agar tidak terjadi “hilang lumpur” atau *mud loss* selama pemboran sedang berjalani dan belum terjadi *mud loss*, dan bagaimana menghentikan atau menyumbat *mud loss* bila terjadi ? uraikan dengan singkat dan jelas.

Jawaban:

Pencegahan yang harus dilakukan agar fluida tidak hilang adalah. Pemakaian fluida yang ringan, tetapi cukup untuk menahan tekanan formasi. Tekanan pompa rendah, serta pemboran berhati hati.

Penyumbatan sumur caranya adalah bahan penyumbat diaduk dengan fluida, dipompakan kedalam tempat yang diperkirakan sebagai tempat masuknya fluida

2. Pada pemancingan dengan *pipe spear*, “ikan” sudah tertangkap tetapi belum bisa diangkat, lalu bagaimana vcara melepas *pipe spear* tersebut ?

Jawaban:

Bila ikan belum dapat terangkat, spear dapat dilepas kembali dengan menghentakkan pipa bor kebawah, kemudian diputar kekanan pelan-pelan

3. Apakah penyebab dan ciri khas dari jepitan karena *defferential pressur sticking*?

Jawaban:

Sebab-sebab terjadinya jepitan jenis ini antara lain :

- a) Formasi porous dan permeable,
- b) Tekanan formasi rendah,
- c) Fluida terlalu berat,
- d) Air filtrasi besar, mud cake tebal,
- e) Susunan *Bottom Hole Assembly* serta *drilling parameter* yang kurang tepat.

Ciiri khas jepitan ini adalah bahwa sirkulasi fluida berjalan normal tanpa hambatan, dan jepitan umumnya terjadi sesaat setelah penyambungan pipa atau setelah pipa bor berhenti bergerak.

L. Evaluasi Materi Pokok 6: Permasalahan Pemboran

1. B
2. D
3. D

PELATIHAN TEKNOLOGI PEMBORAN SUMUR AIRTANAH



PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN SUMBER DAYA AIR DAN KONSTRUKSI
Jalan Abdul Hamid, Cicaheum, Bandung 40193 Telp. (022) 7206892
Fax (022) 7232938