



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Pemboran Minyak dan Gas

Pedagogik : Penentuan Pengalaman Belajar
Profesional : Merancang Peralatan Drill String
Pemboran Berarah



KELOMPOK
KOMPETENSI





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Pemboran Minyak dan Gas

Penyusun :

Febri Yuliza, ST
SMKN 3 Mandau
yulizafebri@gmail.com
081276068000

Reviewer :

Admulyadi, ST
SMKN 3 Mandau
admul_geo03@yahoo.com
085391111334

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
PUSAT PENGEMBANGAN DAN PEMBERDAYAAN
PENDIDIK DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
BIDANG BANGUNAN DAN LISTRIK
MEDAN
2016**



KATA PENGANTAR

Profesi guru dan tenaga kependidikan harus dihargai dan dikembangkan sebagai profesi yang bermartabat sebagaimana diamanatkan Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. Hal ini dikarenakan guru dan tenaga kependidikan merupakan tenaga profesional yang mempunyai fungsi, peran, dan kedudukan yang sangat penting dalam mencapai visi pendidikan 2025 yaitu “Menciptakan Insan Indonesia Cerdas dan Kompetitif”. Untuk itu guru dan tenaga kependidikan yang profesional wajib melakukan pengembangan keprofesian berkelanjutan.

Pedoman Penyusunan Modul Diklat Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Bagi Guru dan Tenaga Kependidikan merupakan petunjuk bagi penyelenggara pelatihan di dalam melaksanakan pengembangan modul. Pedoman ini disajikan untuk memberikan informasi tentang penyusunan modul sebagai salah satu bentuk bahan dalam kegiatan pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru dan tenaga kependidikan.

Pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi secara maksimal dalam mewujudkan pedoman ini, mudah-mudahan pedoman ini dapat menjadi acuan dan sumber informasi bagi penyusun modul, pelaksanaan penyusunan modul, dan semua pihak yang terlibat dalam penyusunan modul diklat PKB.

Jakarta, Agustus 2015
Direktur Jenderal Guru dan Tenaga
Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan.....	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	2
E. Saran Cara Penggunaan Modul	3
BAB II	4
Kompetensi Pedagogik.....	4
A. Tujuan.....	4
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	4
C. Uraian Materi	4
BAB III	24
Kompetensi Profesional	24
A. Tujuan.....	24
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	24
C. Uraian Materi	24
D. Aktivitas Pembelajaran.....	118
E. Latihan/Kasus/Tugas	121
F. Rangkuman.....	122
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	122
G. Latihan Soal dan Kunci Jawaban.....	123
BAB IV	132
PENUTUP.....	132
DAFTAR PUSTAKA	133

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
1	Formasi Bawah Kota	25
2	Multiple Well Drillig	26
3	Formasi dibawah Kubah Garam	26
4	Relief Well Drilling	27
5	Sumur Horizontal	28
6	Stick Stinger di-run setelah inflation tool	29
7	Inflation tool ditempatkan dihadapan ECP.	30
8	Inflation tool berada pada packer berikutnya	30
9	Inflation tool berada di packer terakhir	31
10	HPC di-run di atas ECP	31
11	Kompleksi selesai pada sumur horizontal	31
12	Heavy Weght Pipe	34
13	Retractable Downhole Drilling Motor	35
14	Retractable Positive Displacement Motor	36
15	Teknik Pemasangan Casing	37
16	Untuk Menurunkan Densitas Casing	37
17	Gaya Apung Casing	38
18	Ball Joints	38
19	Flexible Slotted Liner	39
20	Flexible Slotted Liner	40
21	Coflexip Pipe	40
22	Casing Wear Model	41
23	Model Torque/Drag	41
24	Gulf Coast Wellbore Trajectory	42
25	Gulf Coast Well Dogleg Severity	43
26	Mobil Protective Liner (Dellinger et.al., 1986)	44
27	Keberhasilan Logging Untuk Berbagai Kemiringan	45
28	Pompa Penurunan Logging Simphor	46
29	Side-door Entry Sub	46
30	Side Entry dan Wet Connector	47

31	Wet Connector	48
32	Tubing Conveyed Logging System	49
33	Tool Pusher	50
34	Downhole Wet Latching Electrical Connector	50
35	Fiberglass Sleeve	51
36	Wet Electrical Connector	52
37	Logging Coiled Tubing	53
38	Auxiliary Sinker Bar	55
39	Spring Loaded	56
40	Detector Yang Terpisah Dari Sende Utama	56
41	Pengukuran Logging	57
42	Analisa Respon Induction Log Pada Sumur-Sumur Berdeviasi Tinggi	57
43	MWD Gamma Ray dan Sensor-Sensor Resistivity Log	59
44	Gas Flow Test Aparatus	65
45	Ultrasonic Cement Analyzer	65
46	Kualitas Semen Fungsi Waktu	66
47	Kualitas Semen Fungsi Waktu	67
48	Profil Sumur	67
49	Kualitas Perlindungan Sumur Horizontal & Vertikal	68
50	Mud Types vs Reservoir Length	69
51	Perbandingan antara Pemboran Horizontal vs Vertikal	70
52	Beberapa Tipe Lumpur yang Dipakai pada Sumur 96-30	71
53	Perbandingan Antara Pemboran Horizontal vs Vertikal	71
54	Tipe Lumpur yang Dipakai pada Sumur di Gambar	72
55	Komponen Coiled Tubing Unit	75
56	Tubing Injector Head	76
57	Coiled Tubing Reel	77
58	Blowout Preventer Stack	78
59	Power Pack	79
60	Contoh Panel Control Console	79
61	Konfigurasi BOP Stack Untuk Pemboran Coiled	82

	Tubing	
62	BHA Untuk Angle Holding	83
63	BHA Untuk Angle Building	84
64	Buckling Load Untuk Lubang Horizontal 4.5 in	92
65	Helical Buckling Load untuk Lubang Horizontal 4.5in & 6 in.	94
66	Gaya yang bekerja pada Bagian Pertambahan Sudut 15 ⁰	94
67	Buckling Load pada Build Curve	97
68	Helical Buckling Load pada Build Curve	98
69	Helical Buckling Load pada Build Curve	98
70	Helical Buckling Load pada Build Curve	99
71	Buckling Load untuk Lubang Vertikal	102
72	Sinusoidal Buckling Load untuk Lubang Vertikal	102
73	Helical Buckling Load untuk Lubang Vertikal	103
74	Skema Helical Buckling pada Lubang Vertikal	103
75	Distribusi Beban Aksial pada Lubang Vertikal	106
76	Grafik Slack Off	109
77	Beban pada Sumur Vertikal	109
78	Panjang Maksimum Lubang Horizontal	111
79	Prediksi Penetrasi Coiled Tubing	113

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
1	Tipe Lumpur Yang digunakan	68
2	Reservoir Rock Abbreviations	69
3	Mud Types vs Reservoir Rock	69
4	Mud Types vs Reservoir Length	70
5	Buckling Load Untuk Lubang Horizontal 4.5 in	92
6	Buckling Load untuk Lubang Horizontal 6 in.	93
7	Buckling Load pada 2.375 in.CT, lubang 4.5 in., BUR 8 °/100 ft	95
8	Buckling Load pada 2.375 in.CT, lubang 4.5 in., BUR 15 °/100 ft	95
9	Buckling Load pada 2.375 in.CT, lubang 6 in., BUR 8 °/100 ft	96
10	Buckling Load pada 1.75 in.CT, lubang 4.5 in., BUR 8 °/100 ft	96
11	Buckling Load pada Lubang Vertikal	101
12	Perhitungan Beban Slack-Off	108
13	Perhitungan Panjang Lubang Horizontal	110
14	Pengaruh Bagian Pertambahan Sudut	114

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidik merupakan komponen dari tenaga kependidikan yang berkualifikasi sebagai guru, dosen, konselor, pamong belajar, widyaiswara, tutor, instruktur, fasilitator, dan sebutan lain yang sesuai dengan kekhususannya, serta berpartisipasi dalam menyelenggarakan pendidikan. Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan kegiatan pengembangan keprofesian secara berkelanjutan agar dapat melaksanakan tugas profesionalnya. Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) adalah pengembangan kompetensi Guru dan Tenaga Kependidikan yang dilaksanakan sesuai dengan kebutuhan, bertahap, dan berkelanjutan untuk meningkatkan profesionalitasnya.

Pengembangan keprofesian berkelanjutan sebagai salah satu strategi pembinaan guru dan tenaga kependidikan diharapkan dapat menjamin guru dan tenaga kependidikan mampu secara terus menerus memelihara, meningkatkan, dan mengembangkan kompetensi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pelaksanaan kegiatan PKB akan mengurangi kesenjangan antara kompetensi yang dimiliki guru dan tenaga kependidikan dengan tuntutan profesional yang dipersyaratkan.

Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan PKB baik secara mandiri maupun kelompok. Khusus untuk PKB dalam bentuk diklat dilakukan oleh lembaga pelatihan sesuai dengan jenis kegiatan dan kebutuhan guru. Penyelenggaraan diklat PKB dilaksanakan oleh PPPPTK dan LPPPTK KPTK atau penyedia layanan diklat lainnya. Pelaksanaan diklat tersebut memerlukan modul sebagai salah satu sumber belajar bagi peserta diklat. Modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta diklat berisi materi, metode, batasan-batasan, latihan – latihan, tugas - tugas dan cara mengevaluasi yang disajikan secara sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.

Oleh karena itu dibuatlah Modul diklat PKB guru Teknik Pemboran Minyak Dan Gas Level C bagi guru dan tenaga kependidikan pasca UKG untuk Sekolah Menengah Kejuruan dalam bidang Keahlian Teknik Pemboran Minyak dan Gas. Modul ini dibuat untuk dijadikan bahan pelatihan yang diperlukan oleh guru Teknik Pemboran Minyak dan Gas pasca UKG

dalam melaksanakan kegiatan PKB. Selain itu modul ini juga dijadikan sebagai bahan belajar oleh para guru maupun tenaga kependidikan Teknik Pemboran Minyak dan Gas untuk meningkatkan kompetensi dalam bidang Pemboran Minyak dan Gas.

B. Tujuan

Tujuan disusunnya Modul diklat PKB guru Teknik Pemboran Minyak dan Gas Level C adalah memberikan pemahaman bagi para guru maupun tenaga kependidikan sekolah kejuruan pasca UKG bidang keahlian Teknik Pemboran Minyak dan Gas.

C. Peta Kompetensi

Manfaat disusunnya Modul diklat PKB guru Teknik Pemboran Minyak dan Gas Level 10 adalah untuk dijadikan acuan bagi instansi penyelenggara pelatihan dalam melaksanakan peningkatan dan pengembangan kemampuan Guru dan Tenaga Kependidikan pasca UKG.

1. Memastikan peran dan tanggung jawab Guru dan Tenaga Kependidikan atau penyedia layanan belajar maupun yang lainnya dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam bidang Pemboran minyak dan Gas.
2. Menjadi acuan dalam menyusun dan mengembangkan tingkat kemampuan guru Teknik Pemboran minyak dan Gas untuk kegiatan UKG berikutnya.
3. Menghasilkan guru – guru yang memiliki keprofesionalan dalam bidang Teknik Pemboran minyak dan Gas yang mumpuni.

D. Ruang Lingkup

Ruang Lingkup penyusunan Modul diklat PKB guru Teknik Pemboran minyak dan Gas Level C yang berisi pengertian dan manfaat modul, ruang lingkup, saran cara penggunaan modul, indikator pencapaian kompetensi, uraian materi, aktivitas pembelajaran, latihan/tugas/kasus, rangkuman umpan balik/ tindak lanjut dan kunci jawaban, yang semua itu nantinya bisa mempermudah para guru Teknik Pemboran minyak dan Gas pasca UKG untuk meningkatkan kemampuannya.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Saran Cara Penggunaan Modul Teknik Pemboran minyak dan Gaslevel C ini sebagai berikut:

1. Bacalah terlebih dahulu keseluruhan isi modul.
2. Pahami setiap materi yang terdapat pada uraian materi.
3. Pahami semua contoh – contoh soal yang terdapat pada uraian materi.
4. Kerjakanlah semua tugas/kasus maupun latihan – latihan yang terdapat dalam modul ini.
5. Kemudian diskusikanlah dengan teman maupun kelompok saudara tentang materi yang anda anggap susah maupun sulit dimengerti.
6. Buatlah kesimpulan tentang apa yang telah saudara pelajari, apakah saudara sudah lebih mengerti atau masih ada hal – hal yang belum anda ketahui.
7. Semoga dengan mempelajari modul ini ilmu saudara akan semakin bertambah dan ilmu saudara bermanfaat bagi orang lain.

BAB II

KOMPETENSI PEDAGOGIK

Kegiatan Pembelajaran 1

Menentukan Pengalaman Belajar yang sesuai untuk mencapai tujuan pembelajaran yang diampu

A. Tujuan

1. Peserta diklat dapat mengetahui apa saja hakikat pengalaman belajar dengan tepat
2. Peserta diklat dapat menyebutkan apa saja ide umum tentang pengalaman belajar
3. Peserta diklat dapat mengetahui pentingnya pengalaman belajar
4. Peserta didik dapat mengetahui pertimbangan-pertimbangan yang menentukan pengalaman belajar dengan tepat
5. Peserta didik dapat mengetahui tahapan pengembangan pengalaman belajar dengan benar
6. Peserta diklat dapat menjelaskan beberapa bentuk pengalaman belajar yang beragam dengan baik
7. Peserta didik dapat merumuskan pengalaman belajar yang sesuai dengan tujuan belajar dengan tepat

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Pengalaman belajar diidentifikasi sesuai dengan tujuan pembelajaran

C. Uraian Materi

Belajar adalah suatu kegiatan yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia. Pengalaman merupakan serangkaian proses dan peristiwa yang dialami seorang dalam kehidupannya yang terjadi pada suatu waktu. Pengalaman belajar merupakan serangkaian proses dan peristiwa yang dialami oleh setiap individu khususnya peserta didik dalam lingkup tertentu (ruang kelas) sesuai dengan metode ataupun strategi pembelajaran yang diberikan oleh masing-masing pendidik. Setiap guru memiliki strategi mengajar yang berbeda dalam setiap mata pelajaran sehingga hal ini dapat mengisi pengalaman belajar peserta didik. Misalnya di suatu sekolah terdapat tiga orang guru teknologi pengolahan migas dan petrokimia, dimana ketika membahas konsep tentang pelajaran tersebut, ketiga guru ini sepakat untuk menggunakan strateginya masing-masing. Guru pertama menggunakan metode ceramah, guru kedua menugaskan peserta didiknya untuk membaca buku dan guru ketiga menggunakan metode demonstrasi. Dari ketiga metode tersebut masing-masing memiliki potensi dalam berlangsungnya kegiatan belajar

mengajar. Kegiatan belajar dapat mengembangkan potensi-potensi yang dibawa sejak lahir. Komponen-komponen yang ada dalam kegiatan belajar diantaranya adalah guru dan peserta didik. Seorang guru dituntut mempunyai pengetahuan, keterampilan dan sikap yang profesional dalam membelajarkan peserta didiknya.

Pengalaman belajar erat kaitannya dengan pengembangan keterampilan proses. Makin aktif peserta didik secara intelektual, manual dan sosial tampaknya semakin bermakna pengalaman belajar peserta didik. Dengan melakukan sendiri, peserta didik akan lebih menghayati. Hal itu berbeda jika hanya dengan mendengar atau sekedar membaca. Ada ungkapan yang sering dilontarkan dalam dunia pendidikan yaitu “Pengalaman adalah guru yang paling berharga” dimana melalui pengalaman nyata seseorang belajar. Begitu pula dengan belajar pengolahan minyak, gas dan petrokimia. Oleh karena itu, ada 6 hal pokok yang perlu dikaji dalam pengalaman belajar yaitu apa saja hakikat pengalaman belajar, apa saja ide umum tentang pengalaman belajar, pentingnya pengalaman belajar, pertimbangan-pertimbangan yang menentukan pengalaman belajar, tahapan pengembangan pengalaman belajar, beberapa bentuk pengalaman belajar, merumuskan pengalaman belajar yang sesuai.

1. Hakikat Pengalaman Belajar

Pengalaman belajar menurut Gagne

Menurut Gagne (1991) ada 8 (delapan) tipe pengalaman belajar dari pengalaman belajar yang sederhana sampai pada pengalaman belajar yang kompleks. Kedelapan tipe belajar itu adalah :

1. Belajar signal
2. Belajar mereaksi perangsang melalui penguatan
3. Pengalaman belajar membentuk rangkaian
4. Belajar asosiasi verbal
5. Belajar membedakan atau diskriminasi
6. Belajar konsep
7. Belajar aturan atau hokummotorik

Gagne mengidentifikasi lima jenis hasil belajar sebagai berikut :

1. Belajar keterampilan intelektual
2. Belajar informasi verbal
3. Belajar mengatur kegiatan intelektual
4. Belajar sikap
5. Belajar keterampilan motorik

Pengalaman belajar menurut Piaget

Pengalaman menurut Piaget berlangsung dalam diri setiap individu melalui proses konstruksi. Oleh sebab itu teori belajar Piaget terkenal dengan teori konstruktivitas bukanlah sekedar menghafal, akan tetapi proses mengkonstruksi yang dilakukan setiap individu. Pengetahuan dari hasil pemberitahuan tidak akan menjadi pengetahuan yang bermakna. Piaget berpendapat bahwa sejak kecil setiap anak memiliki struktur kognitif yang kemudian dinamakan skema. Skema terbentuk karena pengalaman. Proses penyempurnaan skema dilakukan melalui proses asimilasi dan akomodasi.

Dengan demikian model yang diterapkan banyak memerlukan pengalaman pendidikan secara internal

2. Ide Umum Tentang Pengalaman Belajar

Belajar adalah perubahan perilaku sebagai fungsi pengalaman, dimana didalamnya mencakup perubahan-perubahan afektif, motorik, dan kognitif yang tidak dihasilkan oleh sebab-sebab lain. *Albert Bandura* (1969) menjelaskan sistem pengendalian perilaku belajar adalah perubahan perilaku sebagai fungsi pengalaman. Menjelaskan juga sistem pengendalian perilaku, *Stimulus control*, perilaku yang muncul di bawah pengendalian stimulus eksternal seperti bersin, bernafas, dan mengedipkan mata. *Outcome control*, perilaku yang dilakukan untuk menapai hasilnya, berorientasi pada hasil yang akan dicapai. *Symbolic control*, perilaku yang di arahkan oleh kata-kata yang dirumuskan, atau diarahkan oleh antipasi yang diimajinasikan dari hasil yang akan dihasilkan.

Beberapa ide umum tentang pengalaman belajar :

Keterlibatan dalam pengalaman belajar merupakan pengaruh yang amat penting terhadap pembelajaran.

Suasana yang bebas dan penuh kepercayaan akan menunjang kehendak peserta didik untuk mau melakukan tugas sekalipun mengundang risiko

Pengaruh strategi yang mendalam dapat dipergunakan namun sangat tergantung pada beberapa aspek, misalnya usia, kematangan, kepercayaan, dan penghargaan terhadap orang lain. Dan kebahagiaan guru juga tergantung pada latihan-latihan yang diberikan untuk mengendalikan atau menguasai aspek tersebut.

Beberapa teknis yang disajikan cenderung untuk memberikan beberapa gagasan atau ide mengenai bagaimana pengajar dapat melibatkan peserta didik secara emosional. Dalam hal ini referensi atau mata pelajaran yang diberikan sangat tergantung pada peserta didik, pelajaran tertentu, pengajaran atau guru lingkungan.

Terdapat banyak sekali pengaruh-pengaruh yang dapat dipelajari sebaik mungkin dengan melalui beberapa model yaitu pengajar atau guru yang dalam berbagai hal menyatukan pengaruh, sedangkan para peserta didik berusaha mencoba menirunya.

Dengan demikian model yang diterapkan banyak memerlukan pengalaman pendidikan secara informal

3. Pentingnya Pengalaman Belajar

Belajar secara umum dapat diartikan sebagai perubahan, contohnya dari tidak tahu menjadi tahu, dari tidak mampu menjadi mampu, dari tidak mau menjadi mau, dan lain sebagainya. Namun demikian tidak semua perubahan pasti merupakan peristiwa belajar. Sedangkan yang dimaksud perubahan dalam belajar adalah perubahan yang relatif, konstan, dan berbekas. Sama halnya dengan pengalaman belajar, dimana seperti kata pepetah yang sering kita dengar dalam dunia pendidikan bahwa pengalaman adalah guru yang paling baik. Dalam hal ini pengalaman-pengalaman yang sering kita lalui dapat memberikan dan mengajarkan kita hal-hal yang berarti dalam hidup.

Pengalaman belajar siswa ditunjang dengan adanya teknologi. Dengan adanya kemajuan sains dan teknologi di bidang pendidikan seyogyanya dapat dimanfaatkan untuk mempermudah siswa mencapai pengalaman belajar yang optimal. Anak-anak sekarang menginginkan hal-hal yang baru yang menarik dan menantang. Demikian juga saat mengikuti pembelajaran di sekolah mereka ingin pembaruan dalam pembelajaran. Dengan demikian seorang guru harus belajar mengadakan pembaruan pembelajaran dengan memasukkan pengalaman-pengalaman belajar yang menarik. Pembelajaran yang menarik adalah pembelajaran yang benar-benar membelajarkan siswa, semakin siswa terlibat aktif dalam pembelajaran akan semakin berkualitas hasil belajar siswa. Jadi siswa tidak sekedar datang, duduk, catat, dan pulang tanpa ada pengalaman belajar. Seorang guru dalam merancang pembelajaran tentunya akan bertanya dalam hatinya, "Pengalaman belajar apa yang akan aku berikan pada peserta didik agar mereka dapat memiliki kompetensi dasar?" Pengalaman belajar yang diberikan oleh guru sangat penting bagi peserta didik (siswa) agar peserta didik dapat memiliki kompetensi dasar.

Ada dua hal yang dapat membantu guru dalam memberikan pengalaman belajar kepada peserta didik yaitu dengan penggunaan multimetode dan multimedia yang disesuaikan sesuai dengan kondisi siswa dan kemampuan sekolah.

1) Multimetode

Metode adalah cara yang digunakan untuk menimplementasikan rencana yang sudah disusun dalam kegiatan nyata agar tujuan yang telah disusun tercapai secara optimal. Berikut ini disajikan beberapa

metode pembelajaran yang biasa digunakan demi mengimplementasikan strategi pembelajaran sehingga terbentuk pengalaman belajar bagi siswa, yaitu:

a) Metode Ceramah

Metode ceramah merupakan metode yang biasa digunakan oleh setiap guru. Hal ini selain disebabkan oleh beberapa pertimbangan tertentu juga adanya faktor kebiasaan baik dari guru ataupun siswa. Dalam metode ini guru biasanya merasa belum puas manakala dalam proses pengelolaan pembelajaran tidak melakukan ceramah. Demikian juga dengan siswa, mereka akan belajar manakala ada guru yang memberikan materi pelajaran melalui ceramah, sehingga ada guru yang berceramah berarti ada proses belajar dan tidak ada guru berarti tidak ada proses belajar.

c) Metode Demonstrasi

Metode demonstrasi adalah metode penyajian pelajaran dengan memperagakan dan mempertunjukkan kepada peserta didik tentang suatu proses, situasi atau benda tertentu, baik sebenarnya atau sekedar tiruan. Sebagai metode penyajian administrasi tidak terlepas dari penjelasan secara lisan oleh guru. Walaupun dalam proses demonstrasi peran peserta didik hanya sekedar memperhatikan, akan tetapi demonstrasi dapat menyajikan bahan pelajaran lebih konkret.

d) Metode Diskusi

Metode diskusi merupakan metode pembelajaran yang menghadapkan peserta didik pada suatu permasalahan. Tujuan utama metode ini adalah untuk memecahkan suatu permasalahan, menjawab pertanyaan, menambah dan memahami pengetahuan peserta didik, serta untuk membuat suatu keputusan (Killen, 1998). Oleh sebab itu, diskusi bukanlah debat yang bersifat mengadu argumentasi. Diskusi lebih bersifat bertukar pengalaman untuk menentukan keputusan tertentu secara bersama-sama.

Dengan demikian, jika setiap guru menerapkan metode yang berbeda-beda dalam proses pembelajaran maka setiap peserta didik juga akan memiliki pengalaman yang berbeda dalam menerima materi pelajaran. Metode yang pertama adalah metode yang bersifat monoton dimana peserta didik hanya akan bisa mendengarkan materi yang telah disampaikan oleh seorang guru. Materi yang dapat dikuasai peserta didik sebagai hasil dari ceramah akan terbatas pada apa yang dikuasai guru. Metode pembelajaran yang kedua akan lebih menarik sebab peserta didik tak hanya

mendengar tetapi juga melihat peristiwa yang terjadi. Dalam hal ini dengan cara mengamati secara langsung peserta didik akan memiliki kesempatan untuk membandingkan antara teori dengan kenyataan. Sedangkan metode yang ketiga sifatnya melatih peserta untuk memecahkan masalah yang telah diberikan. Dalam metode ini siswa mana dirangsang untuk lebih kreatif dalam memberikan gagasan, bertukar pikiran dalam mengatasi setiap permasalahan. Namun disisi lain dalam metode ini hanya akan dikuasai oleh 2 atau 3 orang siswa yang memiliki keterampilan berbicara.

2) Multimedia

Media pembelajaran merupakan seluruh alat dan bahan yang digunakan untuk mencapai tujuan pendidikan seperti radio, televisi, koran, majalah, buku atau LCD dan lain sebagainya.

Penggunaan media dalam proses pembelajaran juga dapat memberikan pengalaman belajar bagi siswa. Salah satu media pembelajaran yang digunakan dalam proses pembelajaran yaitu penggunaan media interaktif seperti penggunaan komputer. Dengan bantuan komputer dapat diajarkan cara-cara mencari informasi baru, yaitu dengan menyeleksi dan mengolah pertanyaan, sehingga terdapat jawaban terhadap suatu pertanyaan itu. Komputer dapat diprogram untuk dimanfaatkan dalam potensi mengajar dengan tiga cara, yaitu:

1. Tutorial

Dalam hal ini program menuntut komputer untuk berbuat sebagai seorang tutor yang memimpin siswa melalui urutan materi yang mereka harapkan menjadi pokok pengertian. Komputer dapat menemukan lingkup kesulitan tiap peserta didik, kemudian menjelaskan pendapat-pendapat yang ditemukan peserta didik, menggunakan contoh dan latihan yang tepat dan mentes peserta didik pada tiap langkah untuk mengecek bagaimana peserta didik telah mengerti dengan baik.

2. Simulasi

Bentuk kedua pengajaran dengan komputer ialah untuk simulasi pada suatu keadaan khusus, atau sistem di mana siswa dapat berinteraksi. Siswa dapat menyebut informasi, sehingga dapat sampai pada jawabannya, karena mereka berpikir sehat, mencobakan interpretasinya dari prinsip-prinsip yang telah ditentukan. Komputer akan menceritakan pada siswa apakah dampak dari keputusannya, terutama tentang reaksi dari kritikan atau pendapatnya.

3. Pengolahan Data

Rowntree (Roestiyah, 2001) menuliskan bahwa dalam hal ini komputer digunakan sebagai suatu penelitian sejumlah data yang luas atau memanipulasi data dengan kecepatan yang tinggi. Siswa dapat meminta kepada komputer untuk meneliti figur-figur tertentu atau menghasilkan grafik dan gambar yang sulit/kompleks. Menurut Hamalik (2003), ada tiga bentuk penggunaan komputer dalam kelas, yaitu untuk:

- Mengajar siswa menjadi mampu membaca komputer atau Computer literate.
- Mengajarkan dasar-dasar pemrograman dan pemecahan masalah dengan komputer.

Melayani siswa sebagai alat bantu pembelajaran.

Jadi, dengan ketersediaan metode dan media yang dapat menunjang berlangsungnya proses pembelajaran menyebabkan guru dapat memberikan pengalaman belajar bagi siswa sehingga dapat meningkatkan kompetensi dasar .

4. Pertimbangan – pertimbangan menentukan pengalaman belajar

a. Sesuai dengan tujuan atau kompetensi yang akan dicapai.

Dalam sistem perencanaan dan desain pembelajaran tujuan merupakan komponen utama dan pertama yang harus dipikirkan oleh seorang desainer pembelajaran. Sehingga apa yang harus dilakukan guru dan peserta didik diarahkan untuk mencapai tujuan itu. Dilihat dari domainnya tujuan itu terdiri atas tujuan kognitif, afektif dan psikomotorik

b. Sesuai dengan jenis bahan dan materi pelajaran

Pengalaman belajar yang direncanakan dan didesain harus memperhatikan karakteristik materi pelajaran baik dilihat dari kompleksitas materi maupun pengemasannya.

c. Ketersediaan sumber belajar

Selain pertimbangan tujuan dan isi bahan pelajaran, seorang desainer pembelajaran dalam menentukan pengalaman belajar juga harus memperhatikan ketersediaan sumber belajar yang dapat digunakan

d. Pengalaman belajar harus sesuai karakteristik peserta didik

Kondisi dan karakteristik peserta didik merupakan suatu hal pertimbangan yang harus diperhatikan, baik menyangkut minat dan bakat peserta didik, kecenderungan gaya belajar maupun kemampuan dasar yang dimiliki peserta didik

Ada sejumlah prinsip-prinsip yang harus diperhatikan manakala kita akan mengembangkan pengalaman belajar yaitu :

a. Orientasi pada tujuan

Dalam sistem pembelajaran tujuan merupakan komponen yang utama. Efektivitas pengembangan pengalaman belajar ditentukan dari keberhasilan peserta didik mencapai tujuan pelajaran

b. Aktivitas

Pengalaman belajar peserta didik harus dapat mendorong agar peserta didik beraktivitas melakukan sesuatu. Aktivitas tidak dimaksudkan terbatas pada aktivitas fisik, akan tetapi juga meliputi aktivitas yang bersifat psikis seperti aktivitas mental

c. Individualitas

Mengajar adalah usaha mengembangkan setiap individu peserta didik. Oleh sebab itu pengalaman belajar dirancang untuk setiap individu peserta didik

d. Integritas

Merancang pengalaman belajar peserta didik harus dapat mengembangkan seluruh aspek kepribadian peserta didik secara terintegritas

Ada sejumlah prinsip khusus untuk merancang pengalaman belajar yaitu :

- Interaktif
- Inspiratif
- Menyenangkan
- Menantang
- Motivasi

5. Tahapan pengembangan pengalaman belajar

- Tahap pra instruksional
- Tahap instruksional
- Tahap penilaian dan tindak lanjut

Ketiga tahapan tersebut harus ditempuh pada setiap saat melaksanakan pengajaran. Jika, satu tahapan tersebut ditinggalkan maka pengalaman belajar peserta didik tidak akan sempurna

1. Tahap Prainstruksional

Tahap ini adalah tahap yang ditempuh oleh guru pada saat ia memulai proses belajar mengajar. Beberapa kegiatan yang dapat dilakukan guru atau oleh peserta didik seperti :

- a. Guru menanyakan kehadiran peserta didik, dan mencatat siapa yang tidak hadir
- b. Bertanya kepada peserta didik sampai dimana pembahasan sebelumnya
- c. Mengajukan pertanyaan kepada peserta didik di kelas atau peserta didik tertentu tentang bahan pelajaran yang sudah diberikan sebelumnya
- d. Memberi kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya mengenai bahan pelajaran yang belum dikuasainya
- e. Mengulangi kembali bahan pelajaran yang lalu secara singkat tapi mencakup semua aspek yang telah dibahas sebelumnya. Tujuan ini pada hakekatnya adalah mengungkapkan kembali tanggapan peserta didik terhadap bahan yang telah diterimanya dan menumbuhkan kondisi belajar dalam hubungannya dengan pelajaran hari itu

2. Tahap Instruksional

Tahap kedua adalah tahap pengajaran atau tahap inti yakni tahapan memberikan pengalaman belajar pada peserta didik. Tahap instruksional sangat terantung pada strategi pembelajaran yang akan diterapkan. Secara umum dapat diuraikan beberapa kegiatan :

- Menuliskan kepada peserta didik tujuan pengajaran yang harus dicapai peserta didik
- Menjelaskan pokok materi yang akan dibahas pada hari itu
- Membahas pokok materi yang telah dituliskan tadi
- Pada setiap pokok materi yang dibahas sebaliknya diberikan contoh-contoh konkret
- Penggunaan alat bantu pengajaran untuk memperjelas pembahasan setiap pokok materi yang sangat diperlukan.

Pandangan Guru Terhadap Pengalaman Belajar

Sejumlah penelitian mengungkapkan bahwa terdapat kaitan yang erat antara pandangan tentang sains, tentang belajar dan tentang mengajar.

1. Pandangan tentang sains

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, terungkap bahwa sains kebanyakan mahasiswa calon guru adalah sekumpulan pengetahuan atau *body of knowledge*, dimana sains berisi kumpulan fakta hasil observasi dan penelitian yang menjelaskan apa, mengapa, dan bagaimana suatu fenomena terjadi. Menurut *Aguirre dan Haggerty, 1990; Gustafson dan Rowell, 1995* melaporkan bahwa sebagian besar respon mahasiswa jatuh dalam katategori *discovering* yang didalamnya tercakup sains sebagai suatu kumpulan pengetahuan (*body of knowledge*) dan sains sebagai suatu proses

Menurut Bloom (dalam Widodo, 1997), menyatakan bahwa sains dijadikan sebagai studi mengenai alam sekitar kita. Penelitian yang dilakukan oleh Ari Widodo terhadap mahasiswa calon guru dan guru sekolah lanjutan juga mengungkapkan hasil yang senada dimana sebagian besar guru dan mahasiswa calon guru menyatakan bahwa sains adalah ilmu tentang alam dan bahwa sains merupakan kumpulan fakta, pengetahuan dan informasi

Pandangan lain tentang sains yaitu hadir dari dua orang ahli (*Cain dan Evans, 1990*) menyatakan bahwa sains mengandung 4 hal, yaitu: konten atau produk, proses atau metode, sikap dan teknologi. Sains sebagai konten atau produk berarti bahwa dalam sains terdapat fakta-fakta, hukum-hukum, prinsip-prinsip dan teori-teori yang sudah diterima kebenarannya. Sains sebagai proses atau metode berarti bahwa sains merupakan suatu proses atau metode untuk mendapatkan pengetahuan. Sains sebagai sikap artinya bahwa dalam sains terkandung sikap seperti tekun, terbuka, jujur dan objektif, sedangkan jika sains sebagai teknologi mengandung pengertian bahwa sains mempunyai keterkaitan dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

2. Pandangan tentang Belajar

Faktor lain yang mempengaruhi pandangan guru terhadap pengalaman belajar yaitu pandangan guru terhadap belajar. Penelitian yang dilakukan oleh *Aguirre dan Haggerty, 1995; Gustavson dan Rowell, 1995; Ari Widodo, 1997*, mengungkapkan bahwa sebagian besar guru dan mahasiswa calon guru berpendapat bahwa belajar adalah mencari informasi atau pengetahuan baru dari sesuatu yang sudah ada di alam.

3. Pandangan tentang Mengajar

Walaupun jumlah penelitian tentang konsepsi mahasiswa calon guru tentang mengajar sains belum banyak dilakukan namun penelitian yang dilakukan oleh *Aguirre dkk (1990)* dan *Ari Widodo 1997* mengungkapkan bahwa peran guru sebagai sumber informasi dan, pengetahuan merupakan peran yang banyak disebutkan oleh guru dan peserta didik.

Pandangan guru tentang sains, belajar dan mengajar ternyata saling berkaitan satu sama lain. Oleh karena itu, banyak guru yang mengajar dengan metode berceramah sebab bagi mereka sains adalah sekumpulan pengetahuan yang harus ditransfer kepada siswa.

Tingkat-Tingkat Media Yang Digunakan Dalam Pengalaman Pembelajaran

Mengajar dapat dipandang sebagai usaha yang dilakukan guru agar siswa belajar. Sedangkan yang dimaksud ,belajar itu sendiri adalah proses perubahan tingkah laku melalui pengalaman. Dan pengalaman merupakan proses belajar yang sangat bermanfaat, sebab dengan mengalami secara langsung kemungkinan kesalahan persepsi akan dapat dihindari. Namun demikian pada kenyataannya

tidak semua bahan pembelajaran dapat disajikan secara langsung. Untuk memahami semua itu perlu adanya media dalam proses mendapatkan pengalaman belajar bagi siswa, Edgar Dale melukiskannya dalam sebuah kerucut yang kemudian dinamakan kerucut pengalaman (cone of experience).¹ Kerucut pengalaman itu dikemukakan oleh Edgar Dale memberikan gambaran bahwa pengalaman belajar diperoleh siswa melalui proses perbuatan atau mengalami sendiri apa yang dipelajari, proses mengamati dan mendendengar melalui media tertentu dan proses mendengarkan melalui bahasa. Selanjutnya uraian setiap pengalaman belajar seperti yang digambarkan dalam kerucut pengalaman tersebut akan dijelaskan berikut ini.

Pengalaman langsung merupakan pengalaman yang diperoleh siswa sebagai hasil dari aktivitas sendiri. Sebab siswa berhubungan langsung dengan objek yang hendak dipelajari tanpa menggunakan perantara. Oleh karena itu pengalaman ini siswa sering mendapatkan hasil yang konkret sehingga siswa akan memiliki terapan yang tinggi.

Pengalaman tiruan adalah pengalaman yang diperoleh melalui benda atau kejadian yang dimanipulasi agar mendekati keadaan yang sebenarnya. Pengalaman tiruan bukan pengalaman langsung lagi sebab objek yang dipelajari bukan yang asli atau yang sesungguhnya, melainkan objek tiruan sangat besar manfaatnya terutama untuk menghindari terjadinya verbalisme. misalnya siswa akan mempelajari kanguru.

Pengalaman melalui drama yaitu pengalaman yang diperoleh dari kondisi dan situasi yang diciptakan melalui drama (peragaan) dengan menggunakan scenario yang sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai. Dan tujuan belajar melalui drama ini agar siswa memperoleh pengalaman yang lebih jelas dan konkret.

Pengalaman melalui demonstrasi adalah teknik penyampaian informasi melalui peragaan. Kalau dalam drama siswa terlibat secara langsung dalam masalah yang dipelajari walaupun bukan dalam situasi nyata, maka pengalaman melalui demonstrasi siswa hanya melihat peragaan orang lain.

Pengalaman wisata yaitu pengalaman yang diperoleh melalui kunjungan kesuatu objek yang ingin dipelajari. Melalui wisata siswa dapat mengamati secara langsung, mencatat, dan bertanya tentang hal-hal yang dikunjungi.

Pengalaman melalui pameran adalah usaha untuk menunjukkan hasil karya. Melalui pameran siswa dapat mengamati hal-hal yang ingin dipelajari seperti karya seni batik, seni tulis, seni pahat, atau benda-benda bersejarah, dan hasil teknologi modern dengan berbagai cara kerjanya. Pameran lebih abstrak

sifatnya dibandingkan wisata, sebab pengalaman yang diperoleh hanya terbatas pada kegiatan mengamati wujud benda itu sendiri.

Pengalaman melalui televisi merupakan pengalaman tidak langsung, sebab televisi merupakan perantara. Melalui televisi siswa dapat menyaksikan berbagai peristiwa yang ditayangkan dari jarak jauh sesuai dengan program yang dirancang

Pengalaman melalui gambar hidup dan film. Gambar hidup atau film merupakan rangkaian gambar mati yang diproyeksikan pada layar dengan kecepatan tertentu.

Pengalaman melalui radio dan gambar, Pengalaman melalui media ini sifatnya lebih abstrak dibandingkan dengan pengalaman melalui gambar hidup sebab hanya mengandalkan salah satu indra penglihatan saja.

Pengalaman melalui lambang-lambang visual seperti grafik, gambar, dan bagan. Sebagai alat komunikasi lambang visual dapat memberikan pengetahuan yang lebih luas kepada siswa. Siswa lebih dapat memahami berbagai perkembangan atau struktur melalui bagan dan lambang visual lainnya.

Pengalaman melalui lambang verbal merupakan pengalaman yang sifatnya lebih abstrak. Sebab siswa memperoleh pengalaman hanya melalui bahasa baik lisan maupun tulisan. Kemungkinan terjadinya verbalisme sebagai akibat dari perolehan pengalaman melalui lambang verbal sangat besar. Oleh sebab itu sebaiknya penggunaan bahasa verbal harus disertai dengan penggunaan media lain.

Teori Dalam Pengalaman Pembelajaran

Pada mulanya teori-teori belajar dikembangkan oleh para ahli psikologi dan dicobakan tidak langsung kepada manusia disekolah, melainkan menggunakan percobaan dengan menggunakan binatang. Mereka beranggapan bahwa hasil percobaannya akan dapat diterapkan pada proses belajar-mengajar manusia. Dan kemudian pada perkembangan berikutnya para ahli psikolog menerapkannya pada lingkungan sekolah. Sehubungan dengan uraian diatas, maka belajar cenderung diketahui sebagai suatu proses psikologis, terjadi didalam diri seseorang. Oleh karena itu, sulit diketahui dengan pasti bagaimana terjadinya. karena proses begitu kompleks, maka timbul beberapa teori tentang belajar. Dalam hal ini secara global ada tiga teori yakni, Teori Ilmu Jiwa Daya, Ilmu Jiwa Gestalt, dan Ilmu Jiwa Asosiasi.

Teori Belajar Menurut Ilmu Jiwa Daya

Jiwa manusia terdiri dari bermacam-macam daya. Masing-masing daya dapat dilatih dalam rangka untuk memenuhi fungsinya. Dan hal yang terpenting adalah bukan penguasaan bahan atau materinya, melainkan hasil dari pembentukan dari daya-daya tersebut.

Teori Menurut Ilmu Jiwa Gestalt

Teori ini berpendapat bahwa keseluruhan lebih penting dari bagian-bagian / unsur. Sebab keberadaannya keseluruhan itu juga lebih dulu. Sehingga dalam belajar bermula pada suatu pengamatan, sebab pengamatan itu penting dilakukan secara menyeluruh. Menurut aliran teori belajar itu, seorang belajar jika mendapatkan *insight*. *Insight* ini diperoleh kalau seseorang melihat hubungan tertentu antara berbagai unsure dalam situasi tertentu. Adapun timbulnya *insight* itu tergantung dengan hal-hal seperti kesanggupan dalam *inteigensia*, pengalaman dalam belajar sebab dari pengalaman akan mempermudah munculnya *insight*, taraf kompleks sifat dari suatu situasi dan jika sifatnya semakin kompleks maka akan semakin sulit juga, dengan banyak latihan akan banyak mempertinggi *insight* didalam situasi yang bersamaan, *trial and eror* sering seseorang tidak dapat menyelesaikan suatu permasalahan dan dengan *trial and eror* ini seseorang itu menemukan hubungan berbagai unsure dalam problem itu akhirnya seseorang itu menemukan *insight*.

Gestalt juga memiliki beberapa prinsip dalam belajar antara lain :

- ☐ Manusia bereaksi dengan lingkungannya secara keseluruhannya, tidak hanya secara intelektual, tetapi juga secara fisik, emosional, social, dan sebagainya.
- ☐ Belajar adalah penyesuaian diri dengan lingkungan.
- ☐ Manusia berkembang keseluruhannya mulai dari kecil hingga dewasa.
- ☐ Belajar yang berhasil ialah dimana dalam belajar itu bisa memperoleh *insight* dan memiliki tujuan.

Menurut J.Dewey ada lima langkah dalam upaya pemecahan yaitu :

- ☐ Realisasi adanya masalah.
- ☐ Mengajukan hipotesis .
- ☐ Mengumpulkan data atau informasi.
- ☐ Menilai dan mencoba usaha pembuktian hipotesis dengan keterangan-keterangan yang diperoleh.
- ☐ Mengambil kesimpulan, membuat laporan atau berbuat sesuatu dengan hasil pemecahan soal tersebut.

Teori Belajar Ilmu Jiwa Asosiasi

Ilmu jiwa asosiasi memiliki prinsip bahwa keseluruhannya terdiri dari penjumlahan bagian-bagian atau unsure-unsur. Dari aliran ini ada dua teori yang sangat terkenal yaitu teori Konektionisme dari Thorndike dan teori Conditioning dari Pavlov. Menurut Thorndike dasar dari pembelajaran adalah asosiasi antara kesan panca indra (*sense impression*) dengan implus untuk bertindak (*implus to action*).

Asosiasi yang demikian ini dinamakan “connecting”, dengan kata lain belajar adalah pembentukan hubungan antara stimulus dan respons, antara aksi dan reaksi. Antara aksi dan reaksi akan sangat erat hubungannya jika sering dilakukan pelatihan yang rutin.

Dalam teori Conditioning ini di misalkan jika seseorang itu mencium bau makanan yang kelihatannya enak maka secara otomatis air liurnya akan keluar. Bentuk kelakuan semacam ini pun pernah dipelajari oleh Pavlov dengan mengadakan percobaan dengan salah satu binatang. Dan itu bisa disimpulkan bahwa semua itu disebabkan karena kebiasaan yang dilakukan secara terus menerus dan itu tak kita sadari dengan akal sehat kita. Adapun teori-teori yang lain diantaranya sebagai berikut :

☒ Behavioristik

Pembelajaran selalu memberi stimulus kepada siswa agar menimbulkan respon yang tepat seperti yang kita inginkan. Hubungan stimulus dan respons ini bila diulang kan menjadi sebuah kebiasaan. selanjutnya, bila siswa menemukan kesulitan atau masalah, guru menyuruhnya untuk mencoba dan mencoba lagi (trial and error) sehingga akhirnya diperoleh hasil.

☒ Kognitivisme

Pembelajaran adalah dengan mengaktifkan indera siswa agar memperoleh pemahaman sedangkan pengaktifan indera dapat dilaksanakan dengan jalan menggunakan media/alat Bantu. Disamping itu penyampaian pengajaran dengan berbagai variasi artinya menggunakan banyak metode.

☒ Humanistic

Dalam pembelajaran ini guru sebagai pembimbing memberi pengarahan agar siswa dapat mengaktualisasikan dirinya sendiri sebagai manusia yang unik untuk mewujudkan potensi-potensi yang ada dalam dirinya sendiri. Dan siswa perlu melakukan sendiri berdasarkan inisiatif sendiri yang melibatkan pribadinya secara utuh (perasaan maupun intelektual) dalam proses belajar, agar dapat memperoleh hasil.

☒ Sosial / Pemerhatian / Permodelan

Proses pembelajaran melalui proses pemerhatian dan pemodelan Bandura (1986) mengenal pasti empat unsur utama dalam proses pembelajaran melalui pemerhatian atau pemodelan, yaitu pemerhatian (attention), mengingat (retention), reproduksi (reproduction), dan penangguhan (reinforcement) motivasi (motivation). Implikasi daripada kaidah ini berpendapat pembelajaran dan pengajaran dapat dicapai melalui beberapa cara yang berikut:

- Penyampaian harus interaktif dan menarik
- Demonstasi guru hendaklah jelas, menarik, mudah dan tepat
- Hasil guru atau contoh-contoh seperti ditunjukkan hendaklah mempunyai mutu yang tinggi.

Adapun ciri-ciri pembelajaran yang menganut unsur-unsur dinamis dalam proses belajar peserta didik sebagai berikut :

1. Motivasi Belajar

Motivasi dapat dikatakan sebagai serangkaian usaha untuk menyediakan kondisi-kondisi tertentu, sehingga seseorang itu mau dan ingin melakukan sesuatu, dan bila ia tidak suka, maka ia akan berusaha mengelakkan perasaan tidak suka itu. Jadi, motivasi dapat dirangsang dari luar, tetapi motivasi itu tumbuh di dalam diri seseorang. Dalam kegiatan belajar, maka motivasi dapat dikatakan sebagai keseluruhan daya penggerak di dalam diri seseorang/siswa yang menimbulkan kegiatan belajar, yang menjalin kelangsungan dan memberikan arah pada kegiatan belajar sehingga tujuan yang dihendaki dapat dicapai oleh siswa (Sardiman, A.M. 1992).

2. Bahan Belajar

Yakni segala informasi yang berupa fakta, prinsip dan konsep yang diperlukan untuk mencapai tujuan pembelajaran. Selain bahan yang berupa informasi, maka perlu diusahakan isi pengajaran dapat merangsang daya cipta agar menumbuhkan dorongan pada diri siswa untuk memecahkannya sehingga kelas menjadi hidup.

3. Alat Bantu Belajar

Semua alat yang digunakan dalam kegiatan pembelajaran, dengan maksud untuk menyampaikan pesan (informasi) dari sumber (guru maupun sumber lain) kepada penerima (siswa). Informasi yang disampaikan melalui media harus dapat diterima oleh siswa, dengan menggunakan gabungan beberapa dari alat indera mereka. Sehingga mereka dapat menerima informasi dengan baik.

4. Suasana Belajar

Suasana yang dapat menimbulkan aktivitas atau gairah pada siswa adalah apabila terjadi :

- Adanya komunikasi dua arah (antara guru-siswa maupun sebaliknya) yang intim dan hangat, sehingga hubungan guru-siswa yang secara hakiki setara dan dapat berbuat bersama.
- Adanya kegairahan dan kegembiraan belajar. Hal ini dapat terjadi apabila isi pelajaran yang disediakan berkesesuaian dengan karakteristik siswa.

Kegairahan dan kegembiraan belajar juga dapat ditimbulkan dari media, selain isi pelajaran yang disesuaikan dengan karakteristik siswa, juga didukung oleh faktor intern siswa yang belajar yaitu sehat jasmani, ada minat, perhatian, motivasi, dan lain sebagainya.

5. Kondisi Peserta didik Yang Belajar

Mengenai kondisi peserta didik, peserta didik memiliki sifat yang unik, artinya antara anak yang satu dengan yang lainnya berbeda, dan cara berfikir yang berbeda pula.

➤ **Menyediakan Pengalaman Belajar Yang Beragam**

Mengalami langsung apa yang sedang dipelajari akan mengaktifkan lebih banyak indera daripada hanya mendengarkan orang lain/guru menjelaskan. Mengenal bahwa ada perbedaan susunan tulang daun tumbuhan berakar serabut dengan tumbuhan yang berakar tunggang akan lebih mantap bila siswa secara langsung mengamati daun-daun dari kedua jenis tumbuhan itu daripada mendengarkan penjelasan guru tentang hal itu.

Membangun pemahaman dari pengamatan langsung akan lebih mudah daripada membangun pemahaman dari pada diri sendiri. Pada dasarnya, semua anak memiliki potensi untuk mencapai kompetensi. Kalau sampai mereka tidak mencapai kompetensi, bukan lantaran mereka tidak memiliki kemampuan untuk itu tetapi lebih banyak akibat mereka tidak disediakan pengalaman belajar yang relevan dengan keunikan masing-masing karakteristik individual. Meskipun anak itu unik karena memiliki keragaman karakteristik, mereka memiliki kesamaan karena sama-sama memiliki: sikap ingin tahu (curiosity), sikap aktif, sikap aktif pelajar aktif (active learner), dan sikap sebagai seorang pengambil keputusan (decision maker). Kita belajar hanya 10% dari apa yang kita baca, 20% dari apa yang kita dengar, 30% dari apa yang kita lihat, 50% dari apa yang kita lihat dan dengar, 70% dari apa yang kita katakan, dan 90% dari apa yang kita katakan dan lakukan. Hal ini menunjukkan bahwa jika mengajar dengan banyak berceramah, maka tingkat pemahaman siswa hanya 20%. Tetapi sebaliknya, jika siswa diminta untuk melakukan sesuatu sambil melapor kannya, tingkat pemahaman siswa dapat mencapai sekitar 90%. "Apa yang harus dilakukan siswa?". Jika tidak mungkin, bergerak ke atas, "Apa yang harus dijelaskan siswa?". Demikian seterusnya, yang akhirnya Ketika guru berceramah, apakah semua siswa dalam kelas memperoleh pengalaman belajar. Secara umum, mungkin hanya sebagian yang memperoleh pengalaman belajar. Sebagian siswa yang lain tentu tidak memperoleh pengalaman belajar. Supaya semua siswa mengalami peristiwa belajar, guru perlu menyediakan beragam pengalaman belajar.

Cara Merumuskan Pengalaman Belajar yang Sesuai dengan tujuan pembelajaran

Untuk merumuskan pengalaman belajar guru hendaknya memperhatikan beberapa faktor antara lain :

1. Karakteristik konsep yang diajarkan

Karakteristik konsep yang dimaksud adalah tuntutan dan tuntunan yang sudah melekat untuk tiap konsep.

2. Kesiapan Peserta didik

Faktor kedua yang harus diperhatikan dalam memilih pengalaman belajar adalah kesiapan peserta didik. Guru hendaknya mempertimbangkan kesiapan peserta didik. Untuk itu guru hendaknya juga memperhatikan tingkat perkembangan, terutama perkembangan kognitif. Apabila tingkat berfikir peserta didik diperkirakan masih pada tingkat konkret, tentunya konsep tersebut akan sulit dipahami siswa apabila hanya lewat penjelasan. Peserta didik yang demikian tentunya akan lebih baik apabila pengalaman belajarnya adalah pengalaman belajar langsung dengan objek nyata.

3. Faktor ketiga yang juga penting dipertimbangkan guru adalah ketersediaan alat.

Guru tentunya tidak bisa merancang alat suatu kegiatan yang akan menggunakan alat atau bahan yang tidak dapat diperolehnya. Untuk itu dalam merancang pengalaman belajar guru harus mempertimbangkan betul ketersediaan alat dan bahan yang dibutuhkannya. Misalnya guru yang mengajar disekolah yang terletak disuatu pegunungan jauh dari laut dan tidak mempunyai awetan ganggang laut, tentunya tidak tepat apabila guru tersebut merancang pengalaman belajar peserta didik dengan observasi langsung terhadap ganggang air laut.

D. Aktivitas Pembelajaran

Untuk memantapkan pengetahuan, keterampilan serta nilai dan sikap dalam mempelajari materi modul pengalaman belajar ini maka aktivitas pembelajaran dilakukan dengan metode diskusi dan persentase

E. Rangkuman

1. Pengalaman belajar adalah sejumlah aktivitas peserta didik yang dilakukan untuk memperoleh informasi dan kompetensi baru sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai
2. Tahapan pengembangan pengalaman belajar
 - a. Tahap Prainstruksional
 - b. Tahap Instruksional
 - c. Tahap Penilaian dan tindak lanjut
3. Untuk merancang dan mengembangkan pengalaman belajar peserta didik, perlu mempertimbangkan hal-hal berikut :



1. Belajar mengatur kegiatan intelektual merupakan salah satu jenis belajar menurut :
 - a. Gagne
 - b. Piaget
 - c. Bloom
 - d. Dave

2. Pengalaman belajar menurut Piaget berlangsung dalam diri setiap individu melalui proses konstruksi pengetahuan. Oleh sebab itu teori belajar Piaget terkenal dengan teori :
 - a. Behaviorisme
 - b. Humanisme
 - c. Kognitivisme
 - d. Konstruktivisme

3. Merancang pengalaman belajar peserta didik harus dapat mengembangkan seluruh aspek kepribadian peserta didik secara integritas, hal ini termasuk ke dalam prinsip dalam mengembangkan pengalaman belajar yaitu ...
 - a. Aktivitas
 - b. Orientasi pada tujuan
 - c. Integritas
 - d. Individualitas

4. Interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, motivasi dan semuanya ini merupakan :
 - a. Pertimbangan dalam menentukan pengalaman belajar
 - b. Prinsip khusus untuk merancang pengalaman belajar
 - c. Prinsip-prinsip dalam mengembangkan pengalaman belajar
 - d. Tahapan pengembangan pengalaman belajar

5. Dibawah ini adalah untuk merancang dan mengembangkan pengalaman belajar peserta didik, kecuali ...
 - a. Tujuan atau kompetensi yang akan dicapai
 - b. Jenis bahan atau materi pelajaran
 - c. Ketersediaan sumber belajar
 - d. Inspirasi peserta didik

6. Yang tidak termasuk dalam teori pengalaman belajar adalah ...
 - a. Ilmu jiwa Gestalt

- b. Ilmu jiwa Daya
 - c. Ilmu Jiwa Assosiasi
 - d. Ilmu Jiwa Peserta didik
7. Berikut ini disajikan beberapa metode pembelajaran yang biasa digunakan demi mengimplementasikan strategi pembelajaran sehingga terbentuk pengalaman belajar bagi peserta didik, kecuali ...
- a. Metode Ceramah
 - b. Metode Jigsaw
 - c. Metode Demonstrasi
 - d. Metode Diskusi
8. Yang merupakan pengalaman tidak langsung di bawah ini adalah
- a. Pengalaman melalui pameran
 - b. Pengalaman melalui demonstrasi
 - c. Pengalaman melalui televisi
 - d. Pengalaman melalui drama
9. Teori Konektionisme dari Thorndike dan teori Conditioning dari Pavlov merupakan teori yang sangat terkenal dalam teori belajar....
- a. Ilmu Jiwa Daya
 - b. Ilmu Jiwa Gestalt
 - c. Ilmu Jiwa Assosiasi
 - d. Ilmu Jiwa Daya dan Gestalt
10. Di bawah ini adalah ciri-ciri pembelajaran yang menganut unsur-unsur dinamis dalam proses belajar peserta didik kecuali
- a. Motivasi belajar
 - b. Bahan belajar
 - c. Alat bantu belajar
 - d. Teknik-teknik media yang digunakan dalam pembelajaran
- G. Umpan balik dan tindak lanjut

Cocokkan Anda dengan kunci jawaban test yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban Anda yang benar kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1

Rumus :

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban Anda yang benar}}{10} \times 100$$

Arti tingkat penguasaan Anda adalah :

90%-100% = baik sekali

80%- 89% = baik

70% - 79% = cukup

<70% = kurang

Apabila tingkat penguasaan Anda mencapai 80% ke atas, Bagus! Anda cukup memahami Kegiatan Belajar 1. Anda dapat meneruskan Kegiatan Belajar 2. Tetapi bila tingkat penguasaan Anda di bawah 80%, Anda harus mengulang Kegiatan Belajar 1 terutama bagian yang belum Anda kuasai

H. Kunci Jawaban

1.a

2.d

3.c

4.b

5.d

6.d

7.b

8.c

9.c

10.d

BAB III

KOMPETENSI PROFESIONAL

A. Tujuan

1. Merancang peralatan drill string pemboran berarah
2. Mengoperasikan peralatan survey dalam operasi pemboran
3. Menerapkan tipe-tipe peralatan khusus bawah tanah dalam pengoperasian pemboran

B. Indikator Pencapaian Materi

1. Menghitung kedalaman terukur dan kedalaman tegak
2. Merancang peralatan dalam pembuatan lubang berbelok, miring dan horisontal
3. Mempersiapkan Survey tools, MWD, LWD, DST, Logging
4. Menyiapkan peralatan survey yang diperlukan untuk memastikan lintasan lubang bor sesuai target
5. Mengoperasikan peralatan survey yang diperlukan untuk memastikan lintasan lubang bor sesuai target
6. Mengkreasikan Tipe peralatan stabilizer, Pengaruh pemasangan peralatan stabilizer, Fungsi dari peralatan stabilizer, PDC Bit, Peralatan roller reamer, Peralatan shock absorber, Peralatan drilling jar
7. Menyiapkan peralatan khusus bawah permukaan (Bottom Hole Assembly) dan fungsinya masing masing

C. Uraian Materi

1. Pengertian Umum

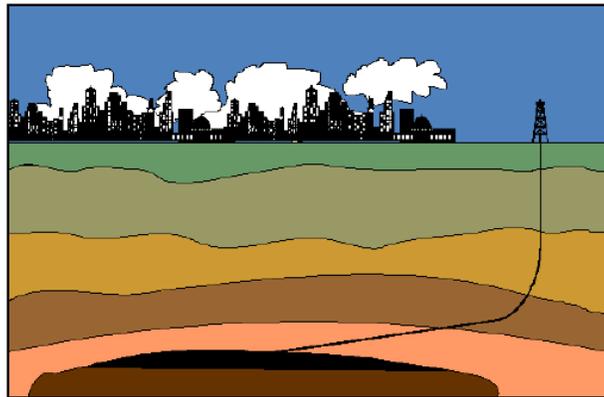
1.1. Pengeboran Berarah atau Horisontal.

Didalam melakukan pengeboran suatu formasi, selalu diharapkan pengeboran dengan lubang yang lurus/vertikal, karena pengeboran dengan lubang yang lurus/vertikal selain dalam operasinya lebih mudah, juga pada umumnya biayanya menjadi lebih murah. Namun karena kondisi-kondisi tertentu, pengeboran lurus/vertikal tidak bisa dilakukan oleh karenanya perlu dilakukan pengeboran yang bisa diarahkan sesuai kondisi-kondisi tersebut. Pengeboran yang dilakukan dengan cara mengarahkan lubang biasa disebut dengan pengeboran berarah atau pengeboran horisontal (*Directional and Horizontal Drilling*). Beberapa faktor-faktor penyebab dilakukannya pengeboran berarah atau horisontal (*Directional and Horizontal Drilling*) adalah

geografi, geologi dan pertimbangan ekonomi. Di bawah ini beberapa contoh alasan dilakukannya pengeboran berarah atau horizontal (*Directional and Horizontal Drilling*).

1.2. *Inaccessible Location Drilling*

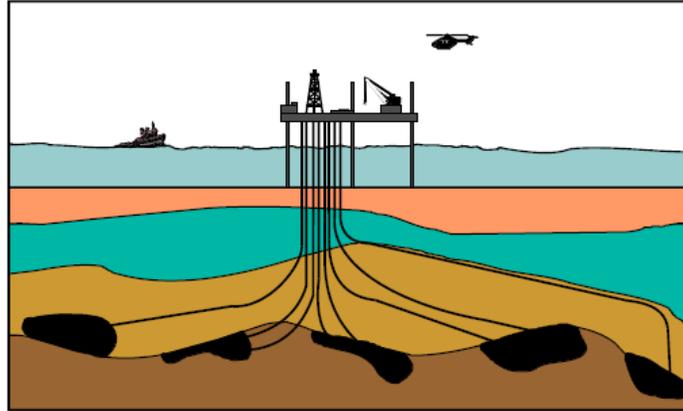
Beberapa *reservoir* dengan kondisi di permukaan yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pengeboran lurus/*vertical* akan sangat cocok untuk dilakukan pengeboran berarah atau *horizontal* (*Directional and Horizontal Drilling*). Teknik ini adalah salah satu dari teknik pengeboran berarah yang paling umum dilakukan untuk mencapai lapisan yang tidak dapat dicapai dengan cara yang biasa, sebagai contoh *reservoir* yang terletak di bawah kota, di bawah lahan pertanian/perkebunan, dll. Gambar memperlihatkan formasi yang berada di bawah perkotaan sehingga dilakukan pengeboran berarah atau *horizontal* (*Directional and Horizontal Drilling*).



Gambar 1. Formasi dibawah Kota

1.3. *Multiple Well Drilling*

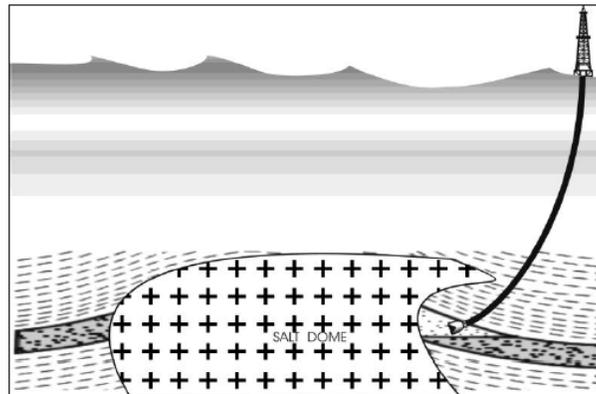
Bila suatu lokasi pengeboran memiliki keterbatasan area pada permukaan sehingga tidak mungkin dilakukan pengeboran banyak sumur dengan letak yang berbeda. Hal ini bisa diatasi dengan melakukan pengeboran *multiple well*. Yakni mengebor pada satu lokasi dengan banyak sumur yang dibuat, untuk itu dilakukanlah pengeboran berarah atau horizontal (*Directional and Horizontal Drilling*). *Multiple well drilling* ini sering dilakukan pada pengeboran lepas pantai dari suatu platform tunggal atau dari suatu tempat yang terpencil. memperlihatkan suatu *platform* yang melakukan *Multiple well drilling*.



Gambar 2 *Multiple Well Drilling*

1.4. *Salt Dome Drilling*

Pada daerah yang didapati kubah garam (*salt dome*) yang letaknya berada di atas *reservoir* minyak, pengeboran lurus/vertikal tidak mungkin dilakukan. Karena bila pengeboran menembus kubah garam (*salt dome*) akan mengakibatkan masalah yang serius terutama akan terjadinya *blow out* sehingga perlu dilakukan pengeboran berarah atau *horizontal (Directional and Horizontal Drilling)* yang akan mengarah langsung ke *reservoir* minyak. memperlihatkan *reservoir* yang berada di bawah kubah garam (*salt dome*).



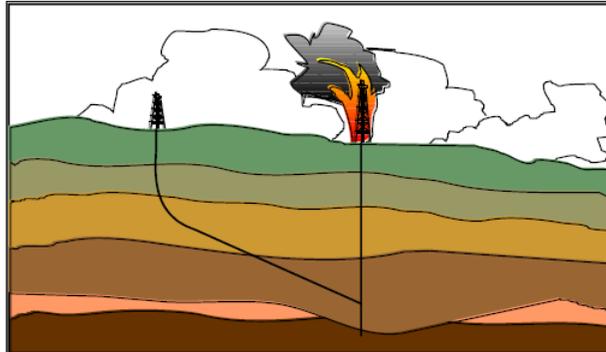
Gambar 3. Formasi dibawah Kubah Garam

1.5. *Side Tracking* atau *Straightening*

Kadangkala dalam melakukan operasi pengeboran lurus/vertikal terjadi pembelokan yang sangat parah sehingga menjauh dari target, sehingga perlu untuk meluruskan kembali lubang sumur tersebut. Untuk itu dilakukan *side tracking* dengan melakukan pengeboran berarah. Atau pada kejadian dimana *fish* yang tidak dapat diangkat dan terkubur dilubang bor, pengeboran harus menghindari *fish* tersebut agar peralatan pengeboran tidak rusak maka dilakukan *side tracking*.

1.6. *Relief Well Drilling*

Pada kejadian sumur yang *blow out*, salah satu cara untuk menanggulanginya adalah dengan mengebor atau membuat *relief well*. *Relief well* merupakan sumur yang dibuat di dekat sumur yang *blow out* dengan tujuan untuk mengalirkan fluida yang mengakibatkan *blow out* sehingga dapat dikendalikan. Biasanya *relief well* dilakukan dengan pengeboran berarah atau horizontal (*Directional and Horizontal Drilling*).



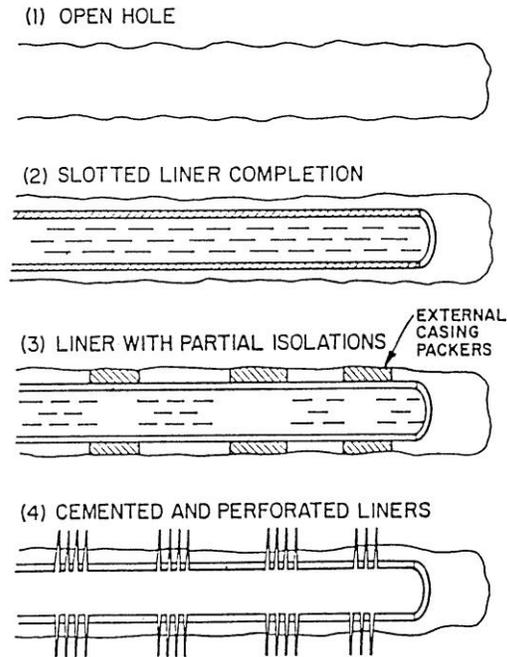
Gambar 4 *Relief Well Drilling*

2. **Metoda Penyelesaian Lubang Horizontal**

Penyelesaian suatu sumur horizontal hampir sama dengan penyelesaian sumur-sumur konvensional. Untuk metoda penyelesaian dan pemilihan akan berpengaruh terhadap ulah sumur dan keuntungan atau kerugian. Pada penyelesaian sumur *horizontal* dapat dilaksanakan dengan cara penyelesaian *open hole*, *slotted liners*, *liners* dengan *external casing packers* (ECP), dan *cemented & perforated liners*.

2.1. **Penyelesaian Terbuka (*open hole completion*)**

Cara ini merupakan cara yang paling murah. Umumnya digunakan pada reservoir yang homogen dengan geomekanik yang kuat untuk mendukung kestabilan lubang. Tipe ini penyelesaian tidak menggunakan *zone* isolasi. sehingga kekurangan dari metode ini adalah terbatas dalam penyaring butir-butir batuan formasi, sulit untuk melakukan stimulasi dan mengontrol baik injeksi maupun produksi dari sepanjang sumur,



Gambar 5 Sumur *Horizontal*

2.2. *Slotted Liner Completion*

Tujuan utama menggunakan *slotted liner* pada sumur *horizontal* adalah menjaga supaya formasi disekitar *zone* produktif tidak runtuh, tetapi tidak digunakan apabila adanya permasalahan ikut terproduksinya pasir. Pasir- pasir tersebut akan menyumbat slot atau ikut terproduksi tanpa daerah penyekatan.

Dengan menggunakan metoda ini memungkinkan kita untuk memasang / memasukan peralatan seperti coiled tubing ke bagian *horizontal*. Terdapat tiga tipe liner yang banyak digunakan untuk penyelesaian suatu sumur *horizontal*

- Perforated liner*, dimana liner telah diperforasi di permukaan.
- Slotted liner*, liner dilubangi dengan berbagai ukuran panjang dan lebar serta dengan kemiringan tertentu di sepanjang permukaan liner.
- Prepacked liner*, teknik ini merupakan pemecahan termudah untuk masalah kepasiran. Resin yang tercampur pasir dijebak diantara dua saringan, sehingga akan terbentuk semacam gravel pada liner. *Prepacked liner* mencegah *collapse*-nya pasir dari sekitar formasi, tetapi tidak memperkecil kemungkinan *collapse*-nya pasir. Pasir yang terlepas akan membentuk zone dengan permeabilitas yang rendah di sekitar screen dan akan menurunkan produksi.

2.3. Liner With Partial Isolation

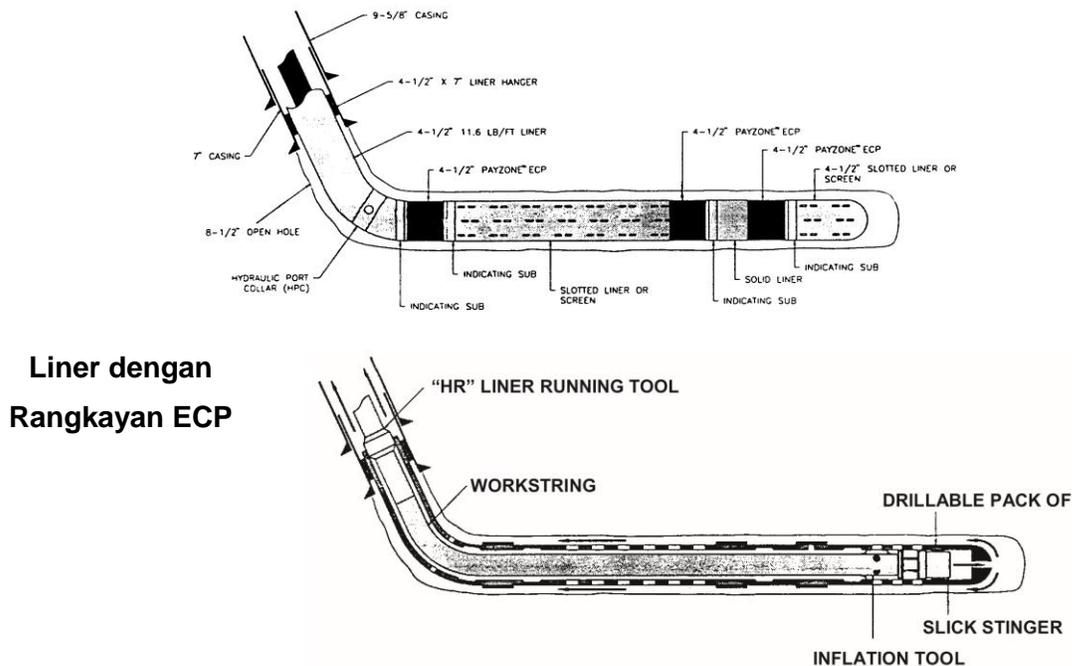
Pada tipe ini *external casing packer* (ECP) dipasang di luar slotted liner untuk membagi panjang bagian *horizontal* menjadi beberapa zone-zone yang kecil-kecil. Metoda ini dapat memberikan zone isolasi yang baik untuk stimulasi atau mengontrol zone produksi di sepanjang bagian *horizontal*.

2.4. Cemented and Perforated Liner

Penyemenan dan perforasi bagian *horizontal* saat ini sudah mungkin dapat dilakukan. Semen yang digunakan harus mempunyai *free water content* (kandungan air bebas) yang seminimal mungkin. Hal ini disebabkan pada bagian *horizontal* air pada campuran semen akan terpisah dari campuran semen yang akan membentuk celah-celah yang panjang dan kontinu di bagian atas bagian *horizontal*.

2.5. Proses Penyelesaian Sumur *Horizontal* dengan *Cement-Inflated ECP*

Liner disambung pada rangkaian *drill pipe* dengan menggunakan peralatan hidraulik. Peralatan *washpipe* di-run ke dalam *production liner* (lihat Gambar). *Inflation tool* ditempatkan dalam rangkaian *washpipe* dan diposisikan setelah ECP paling bawah. *System packoff* seperti *slick stinger/kombinasi packoff* di-run setelah *inflation tool* untuk memungkinkan sirkulasi dalam *drill pipe* untuk didorong menuju bagian bawah liner. Hal ini memudahkan sirkulasi pada seluruh *area open hole*

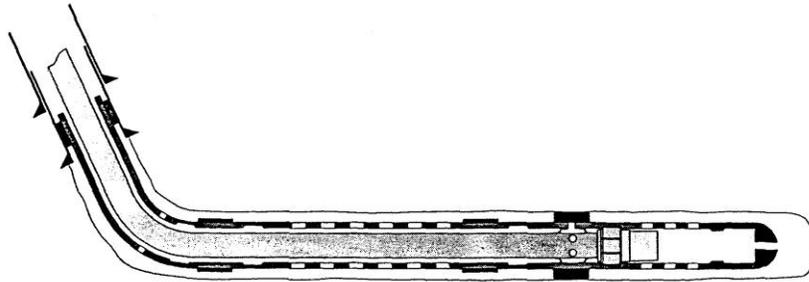


Liner dengan Rangkaian ECP

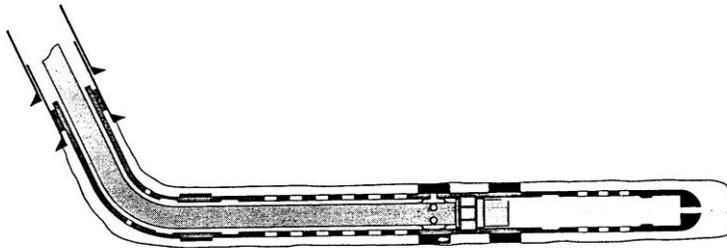
Gambar 6 *Stick Stinger* di-run setelah *inflation tool*

Setelah *liner* di-*run* sampai mencapai TD, lubang dikondisikan sebelum *liner hanger* dipasang. Pada proses pemasangan *liner hanger*, sebuah *plug/ball* disirkulasikan sampai ke bawah *inflation tool* untuk memberikan sumbatan sementara pada *workstring*. Tekanan dalam *workstring* digunakan untuk memasang *liner hanger* dan melepas *running tool* dari *liner*. Setelah tes tekanan berhasil, *plug/ball* digunakan untuk mengembalikan sirkulasi melalui *workstring*. Hal ini memungkinkan *inflation cement* dipompakan ke dalam *inflation tool*.

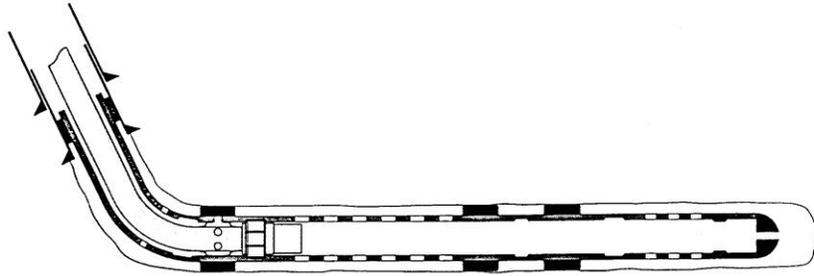
Setelah *plug* berada ditempatnya, *inflation tool* ditempatkan dihadapan ECP *pumping system*. *Inflation cement* disirkulasikan ke dalam *inflation tool* menggunakan *wiper plug* untuk mengembangkan *packer*. *Workstring* ditarik sampai *inflation tools* berada dihadapan *packer* berikutnya. Proses yang sama dilakukan untuk *packer-packers* berikutnya.



Gambar 7 *Inflation tool* ditempatkan dihadapan ECP.



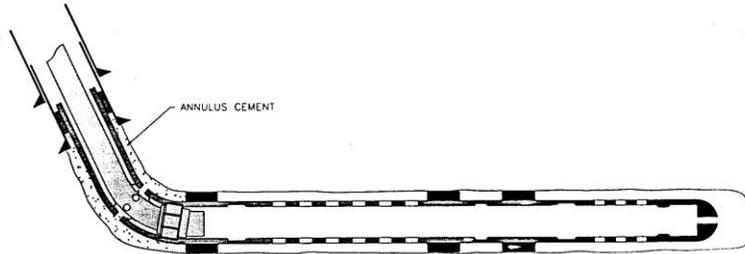
Gambar 8 *Inflation tool* berada pada packer berikutnya



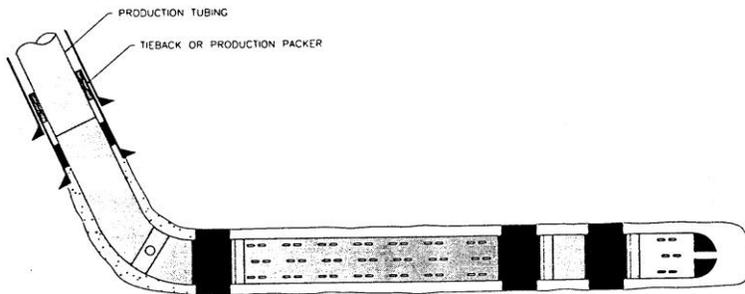
Gambar 9 Inflation tool berada di packer terakhir

Setelah semua ECP dalam lubang telah terpasang, HPC (*Hydraulic Port Collar*) di-*run* diatas ECP terpasang paling akhir, biasanya dibagian bawah *build section*, untuk mengisolasi zona produktif. *Inflation tool* dipasang di hadapan HPC *inlet port*, kemudian semen dengan volume tertentu diisikan ke dalam annulus yang diinginkan.

Proses kompleksi selesai dengan terpasangnya ECP dan annulus yang berada diatas ECP paling akhir tersemen. *Production liner* ditarik kembali ke permukaan dan *isolation packer* dipasang



Gambar 10 HPC di-*run* di atas ECP



Gambar 11 Kompleksi selesai pada sumur *horizontal*

3. Pertimbangan-Pertimbangan Penyelesaian Sumur

3.1. Jenis Batuan Formasi

Batuan formasi, bila akan dikompleksi dengan sistem *open hole*, maka harus dipertimbangkan apakah batuan dan formasi tersebut mampu dan kuat menyokong kondisi *open hole* dalam waktu yang cukup lama. Biasanya pemboran sumur *horizontal* pada batuan/formasi *limestone* dikompleksi dengan sistem *open hole*.

3.2. Metoda Pemboran

Pada pemboran *short* radius hanya *openhole* atau *slotted liner* yang dapat diterapkan pada sistem kompleksnya. Sedangkan untuk pemboran dengan metoda medium dan long radius, maka hampir semua metoda kompleksi dapat diaplikasikan (*open hole*, *open hole slotted liner*, atau *disemen* dan *diperforasi*).

3.3. Fluida Pemboran

Kerusakan formasi merupakan permasalahan yang serius dalam pemboran horizontal, khususnya untuk sumur-sumur dengan permeabilitas yang sangat rendah. Hal ini disebabkan, pemboran *horizontal* memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan pemboran sumur *vertikal*. Maka kemungkinan *invasi* lumpur ke formasi akan lebih besar terjadi, dan akan mengurangi permeabilitas formasi di sekitar lubang bor.

3.4. Perencanaan Stimulasi

Penyemenan bagian *horizontal* harus dilakukan bila telah direncanakan melakukan stimulasi *hydraulic fracturing*. Pemasangan *bridge plug* atau ECP pada bagian *horizontal* untuk memisahkan zone-zone produktif sehingga akan memudahkan pada operasi stimulasi, seperti *steam flood*.

3.5. Pertimbangan Kebutuhan Mekanisme Produksi

Dalam beberapa sumur, terutama yang melalui *reservoir* rekah alami dengan mekanisme *bottom water drive*, air dapat masuk di sepanjang *horizontal*. Bagian-bagian tertentu ini harus di *plug off*, yaitu dengan melakukan *squeeze cementing*.

3.6. Pertimbangan Workover

Sebelum melakukan pilihan metoda penyelesaian, keperluan kerja ulang harus dipertimbangkan. Walaupun ini sulit dilakukan. Sebagai contoh, penyelesaian untuk sumur radius medium, *reservoir limestone* rekah alami dengan mekanisme *bottom water drive*. Dengan demikian kita harus dapat mengantisipasi terjadinya tembus air pada suatu saat di sepanjang kehidupan sumur.

3.7. Pertimbangan Untuk Abandon

Pada saat ini tidak ada peraturan khusus kapan sumur *horizontal* ditinggalkan.

4. Casing Horizontal

4.1. Pengertian Umum Casing Horizontal

Berikut ini merupakan kumpulan dari masalah utama dari pemasangan casing dan liner untuk sumur dengan sudut kemiringan yang besar.

a. Pemasangan Casing

dalam pemasangan casing pada sumur horizontal diusahakan agar dapat memperkecil efek gesekan yang disebabkan oleh akibat menempelnya bagian-bagian dari *casing* di dinding sumur pada saat penurunan casing. Berikut ini adalah beberapa metoda yang telah dikembangkan oleh beberapa perusahaan untuk mengatasi permasalahan di atas.

- ❖ Menggunakan *torque*/model *drag*
- ❖ Menggunakan *drill-pipe* dengan *shoes*
- ❖ Mensirkulasikan ke dasar
- ❖ Menggunakan *wash pipe* dalam *slotted liner*
- ❖ Menggunakan *casing adjusters*
- ❖ Menggunakan *block*
- ❖ *Drill casing*
- ❖ Mengapungkan *casing* ke sumur
- ❖ Menggunakan *flexible liners*

b. Kelelahan (*wear*) Casing

- ❖ Menggunakan *casing wear* model
- ❖ Menggunakan protektif *liner*

4.2. Pemasangan Casing

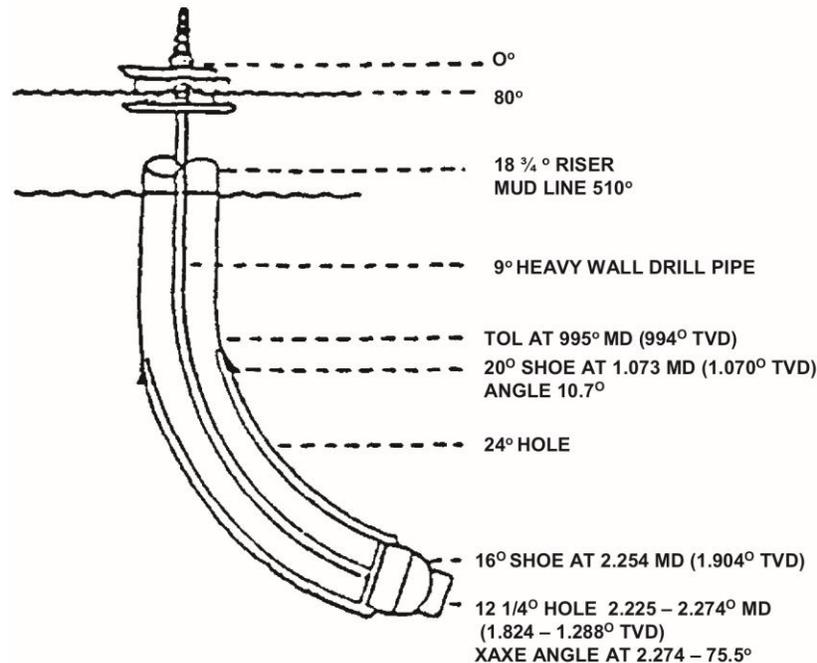
Meletakkan *casing* dan *liner* ke dasar sumur dengan sudut kemiringan yang tinggi sangatlah sulit, akibat dari *dogleg* dan *drag* (gaya gesek) yang berlebihan. Perencanaan yang baik merupakan kunci keberhasilan dalam operasi pemasangan *casing* dan *liner*. Lubang sumur harus benar-benar bersih dan kondisi pengangkatan *cutting* sebelum operasi *casing* dan *liner* harus dicoba keberhasilannya.

4.2.1. Torque/Drag Model

Drill string torque/drag model dikembangkan dan dapat digunakan menghitung torsi dan *drag* (gaya tarik/gesek) pada *casing* yang dipasang pada sumur dengan kemiringan yang besar. Program ini digunakan selama perencanaan peralatan dan untuk memonitor beban selama casing dipasang.

4.2.2. Drill pipe Latch-in Shoes

Anadarco Petroleum Corporation (CHRISTIAN, 1987) menggunakan *drill pipe latch-in shoes* untuk pemasangan 16 inch liner untuk sumur dengan kemiringan besar di Teluk Mexico. *Heavy weight pipe*, diturunkan dengan *liner* didalamnya dan dikencangkan ke *shoe*, digunakan untuk memutar casing selama penyemenan seperti pada Gambar



Gambar 12 Heavy Weght Pipe

4.2.3. Sirkulasi

Sirkulasi selama penurunan casing akan menurunkan *friksi* dan kemungkinan *sticking*. Sirkulasi melalui teknik *drillpipe latch-in shoes* meningkatkan kemungkinan berhasilnya pemasangan *casing* dan *liner* pada sumur dengan kemiringan yang cukup tinggi.

4.2.4. Wash Pipe Dalam Slotted Liners

Slotted liners telah digunakan secara luas pada sumur *horizontal*. *Slotted liners* ini dapat dipasang pada lubang dengan sudut kemiringan tinggi dengan menggunakan *wash-pipe* seperti terlihat pada Gambar *Washpipe* diletakkan pada *latch-in shoe* dan *slotted liner* didalamnya.

4.2.5. Casing Adjusters

Casing Adjusters (ANON., 1987), yang lebih umum untuk meletakkan *joint* atau *drilling jars*, dipasang pada beberapa lokasi dengan casing untuk membantu membawa casing ke bawah permukaan. *Casing Adjuster* dapat digunakan dalam beberapa cara :

- Ketika *casing* menghantam daerah keras, *casing adjuster* dapat digunakan sebagai *bumper sub*, sehingga akan dapat menolong mendorong *casing* ke bawah.

- b. Ketika casing mengalami *sticking*, *adjuster* dapat digunakan sebagai jarring sub untuk membantu melepaskan jepitan.
- c. Setelah pemompaan semen, casing adjuster dapat digunakan untuk memampatkan semen, sehingga mengisi ruangan dan mendorong fluida lainnya ke permukaan.

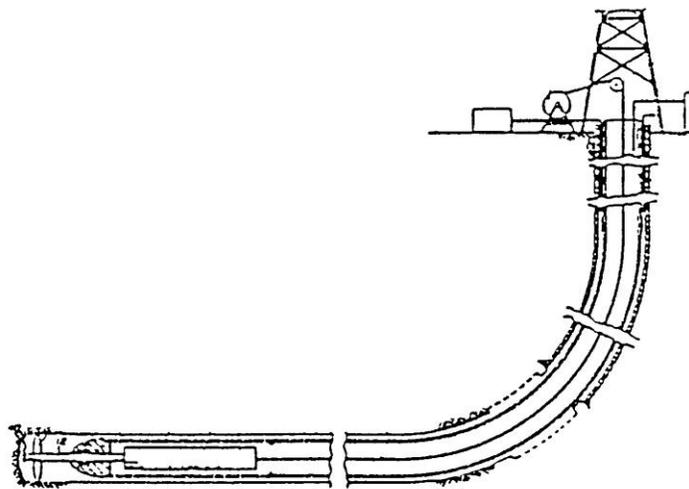
Diameter dalam (ID) adjuster sama dengan *casing* dan diameter luar sedikit lebih besar dari ukuran kopingnya. *Standar casing adjuster* 3 meter panjangnya dan mencapai 10 ft bila diperpanjang secara penuh. *Adjuster* dapat didapatkan dari K.W *Nelson Company*, *Signal Hill, California*.

4.2.6. Block

Travelling Block atau *hook weight* dapat digunakan untuk mendorong *casing* atau *liner* ke dasar sumur. Anadarco (CHRISTIAN, 1987) telah menggunakan berat dari *hook* untuk mendorong *liner* 3 *inch* melalui *dogleg severity* yang besar pada sumur dengan sudut kemiringan yang tinggi.

4.2.7. Drilling Casing

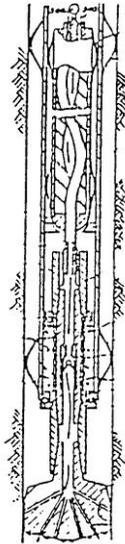
Memasang *casing* pada lubang dengan sudut kemiringan yang tinggi adalah sangat sukar karena *cutting* yang menjepit casing atau gaya friksi yang sangat berlebihan. DISMUKES menggunakan sebuah teknik untuk menggunakan *retractable downhole drilling* motor untuk menghancurkan rintangan yang berada di depan casing, seperti terlihat pada Gambar



Gambar 13 Retractable Downhole Drilling Motor

DISMUKES mengusulkan pemasangan pembangkit listrik, *positive- displacement* atau *turbine retractable drilling motor* (24) ke dasar sumur dengan *wireline* (48) dimana akan berhubungan dengan *shaft* (12) dan *propeler* atau *bit* (10) untuk menghancurkan rintangan dan serpihan-serpihan di depan *casing*. Gambar berikutnya memperlihatkan secara detail disain *retractable positive- displacement* motor untuk tujuan ini.

Motor dipompakan ke bawah akan berhenti pada *shoulders* (434) dan bersatu dengan *shaft* (424), *power drill bit* (366). *Reaksi torsi* dari *motor* ditransmisikan ke *casing* melalui *centralizer* (346) yang bersatu dengan bagian dalam casing. Ketika casing telah mencapai dasar, motor ditarik kembali dan meninggalkan bit dengan *shaft* di dasar lubang.



Gambar 14 Retractable Positive Displacement Motor

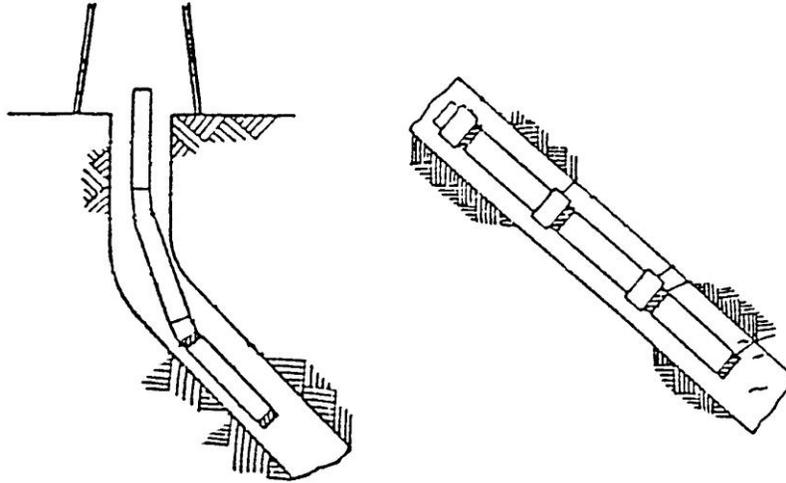
4.2.8. Mengapungkan Casing Dalam Sumur

Casing yang berat biasanya diapungkan untuk mengurangi berat yang harus ditanggulangi oleh rig. Umumnya dengan menutup bagian bawah casing dan diisi dengan air atau lumpur. Konsep ini telah dibuktikan untuk mengatasi gaya friksi yang tinggi pada sumur dengan sudut kemiringan yang tinggi.

Mobil memperkenalkan pembaharuan teknik ini, yaitu mengisi *casing* dengan gas (10a & 10b) dan seksi berikutnya diisi dengan air atau lumpur seperti terlihat pada Gambar 4A.

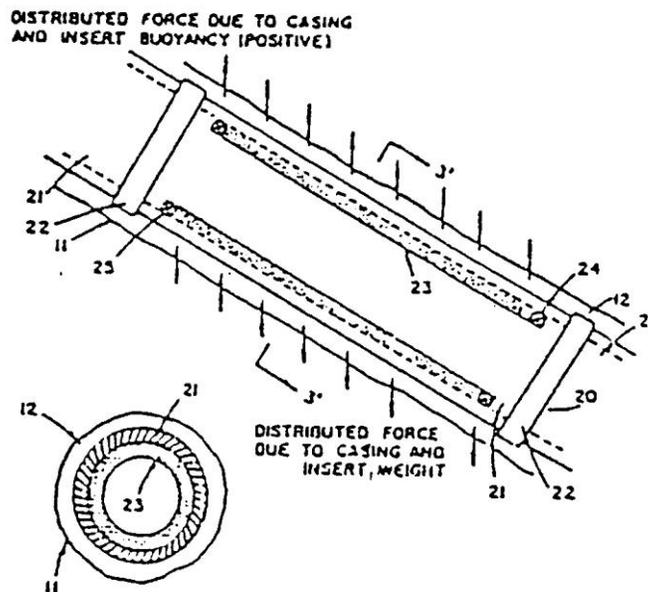
Seal digunakan untuk memisahkan gas dengan lumpur. Mobil memberikan rekomendasi bahwa gas akan bercampur dengan lumpur (*karbon dioksida*, *sulphur dioksida*, dan *hydrogen sulfida*), dan jika terjadi percampuran, tidak akan terjadi pendorongan lumpur dan menyebabkan *kick*.

Keuntungan teknik ini, bahwa gaya apung terdistribusi disepanjang *casing* dan akan menjaga casing tetap berada ditengah-tengah lubang bor (Lihat Pada Gambar), apabila hanya bagian bawah casing diisi lumpur atau air, bagian bawah casing akan bersentuhan dengan dinding sumur dan menyebabkan masalah *sticking*.



Gambar 15 Teknik Pemasangan Casing

Mobil juga memperkenalkan dengan memasukkan bahan peringan casing (*poly styrene foam, polyurethana, kayu atau gabus*) untuk menurunkan *densitas casing*

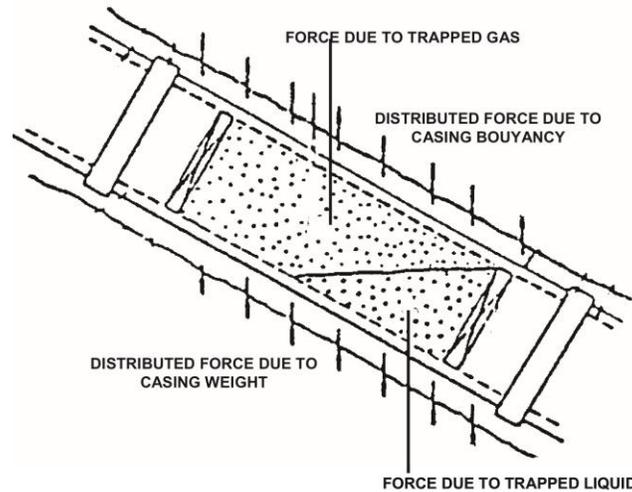


Gambar 16 Untuk Menurunkan Densitas Casing

Setelah *casing* dipasang, semen dapat mendorong bahan-bahan yang telah dimasukkan tersebut. Dengan disain ini, gaya apung terdistribusi secara merata sepanjang casing dan tidak ada kecendrungan casing melakukan kontak dengan lubang bor.

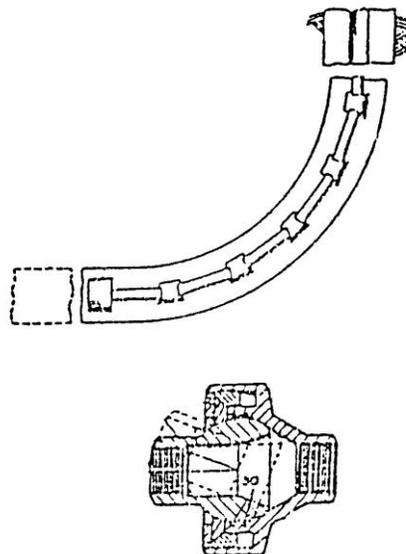
Berikut ini berbeda dengan apa yang telah dijelaskan diatas. Gaya apung *casing* yang mengandung gas dan lumpur akan memberikan efek dua buah gaya yang saling berlawanan, yaitu lumpur (15) berada pada bagian bawah dan mendorong *casing* bergerak ke bawah, sementara itu gas (17) berada pada bagian atas sehingga menghasilkan gaya angkat ke atas

(Lihat Pada Gambar). Hasil yang diperoleh casing akan bersentuhan dengan dinding sumur sehingga dapat menyebabkan gaya friksi bahkan akan menimbulkan *sticking*.



Gambar 17 Gaya Apung Casing

DISMUKES memperkenalkan sistem pengapungan *drillpipe* atau casing dengan menggunakan *Ball Joints* (18) untuk menghubungkan bagian yang mengalami pengapungan bersama (14) seperti terlihat pada Gambar *Ball Joints* didesain untuk melengkung ke satu arah, dengan demikian memberikan transmisi torsi melalui *pipe*.



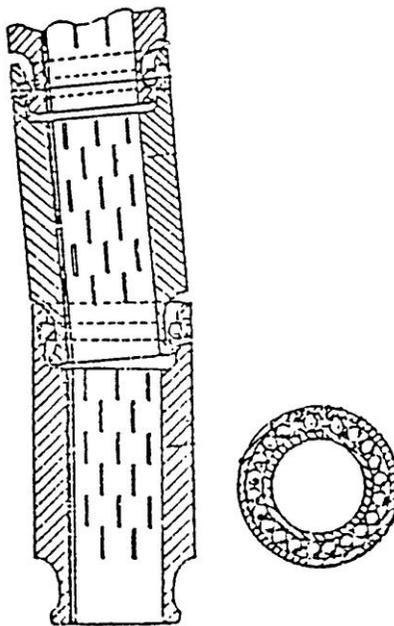
Gambar 18 Ball Joints

DISMUKES menyarankan menggunakan plastik, aluminium atau metal ringan lainnya untuk *drillpipe*, *casing*. Material pengapung atau *Hermtically-sealed cylinders* ditambahkan pada pipa untuk membuat gaya penetral pada fluida pemboran.

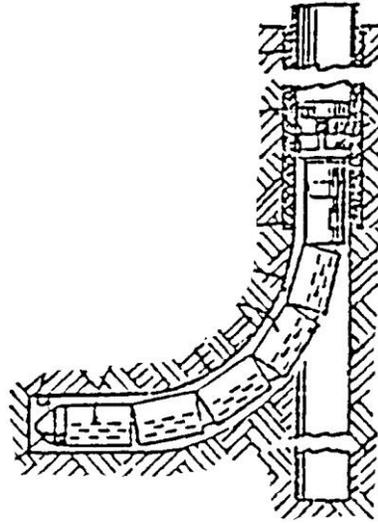
DISMUKES mengusulkan membuat casing dengan gaya apung positif sehingga akan mengapung ke bagian atas lubang dan memberikan pergerakan *cutting* yang berat dalam aliran yang tinggi pada dasar dari lubang sumur. Dismukes juga mengharapkan memasang *helical rib* pada sisi luar casing untuk memberikan kemudahan pergerakan *cutting* dengan meningkatnya kecepatan aliran.

Memasang *stiff steel liners* pada sumur dengan kelengkungan yang tinggi akan menghasilkan persoalan seperti besarnya gaya bending yang diderita oleh *liner*. Beberapa jenis *flexible liner* telah diperkenalkan dan dikembangkan untuk memecahkan masalah ini.

COLMERAURER memperkenalkan *flexible slotted liner* dengan menggunakan *flexible joint* yang mengandung *ball bearings* (Lihat 2 Gambar di bawah). *Oilwell Draining Drilling* memperkenalkan *flexible liner* dengan *wiggly coupling* yang biasa digunakan untuk pemboran *drainhole*. *ZUBLIN* memperkenalkan *flexible liner* yang mengandung *shear pin assembly* yang memberikan panjang *liner* dapat diatur sesuai dengan panjang *drainhole*.

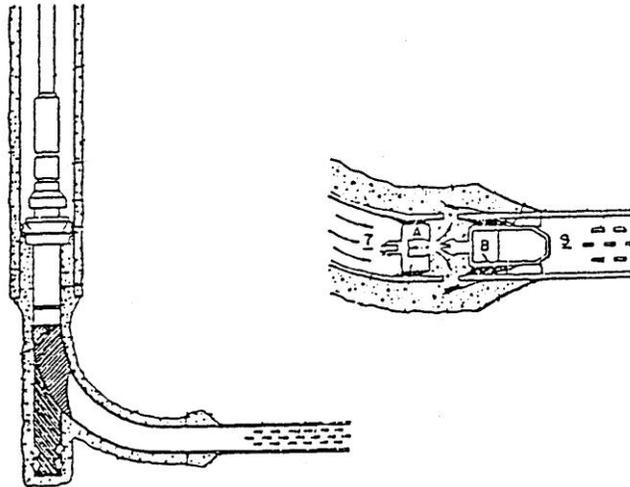


Gambar 19 Flexible Slotted Liner



Gambar 20 Flexible Slotted Liner

Maurer Engineering memperkenalkan konsep menggunakan *Coflexip pipe* sebagai *perforated liner* untuk kompleksi sumur horizontal. *Flexible casing* pada *drainhole* yang berdekatan dengan bagian *vertikal* disemen menggunakan *wireline-retrievable spesial*, *pump-down cement plug* seperti terlihat pada Gambar *Cement basket* pada *flexible liner* mencegah mengalirnya semen disepanjang *slotted liner* pada *zone produksi* pada sumur *horizontal*.

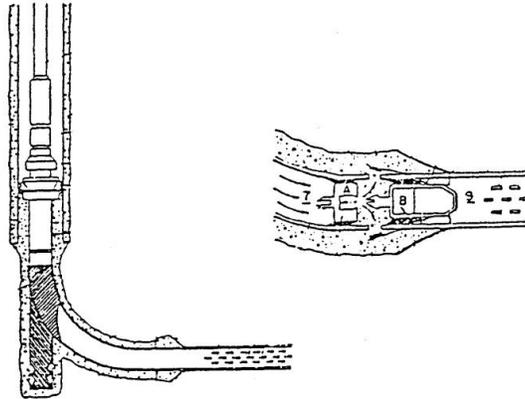


Gambar 21 Coflexip Pipe

4.2.9. Excessive casing Wear

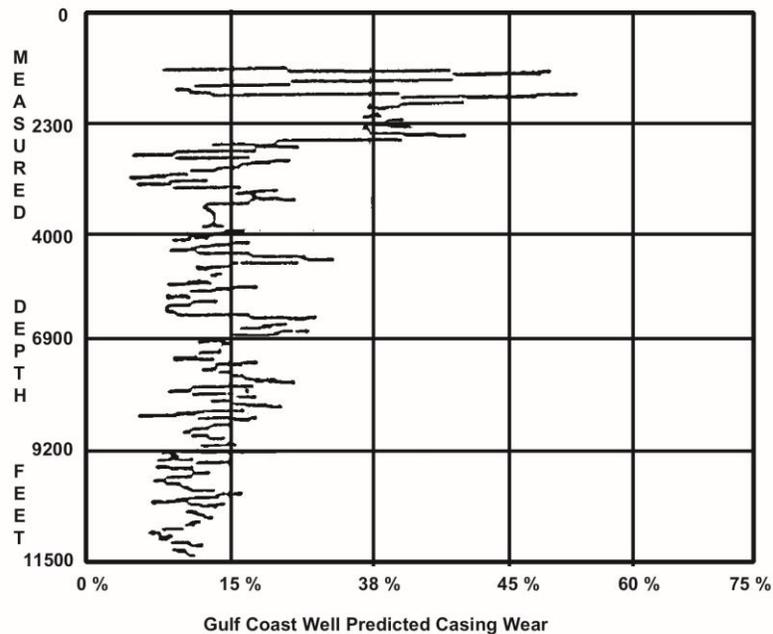
Casing Wear Model telah dikembangkan oleh Maurer Engineering Inc., DEA-42 mengembangkan *Improve Casing Wear*. Ini dapat digunakan untuk merencanakan program *casing* untuk sumur dengan sudut kemiringan yang tinggi dan memonitor *casing wear* selama sumur dibor. *Rotating tool joint* menghasilkan beban kelelahan *lateral wear crescent* pada

casing seperti pada Gambar Model komputer ini, dapat dioperasikan pada IBM PC *compatible*, secara tepat meramalkan lokasi dan besar *wear* dari casing string.



Gambar 22 Casing Wear Model

Model *Torque/Drag* pertama menghitung beban *lateral* antara *tool joint* dan *casing*. Model komputer menggunakan informasi ini untuk menghitung volume kekelahan material pada casing. Berdasarkan hal ini, hitung kedalaman dari alur kekelahan dan persentase kekelahan casing di setiap titik seperti terlihat pada Gambar dibawah ini



Gambar 23 Model *Torque/Drag*

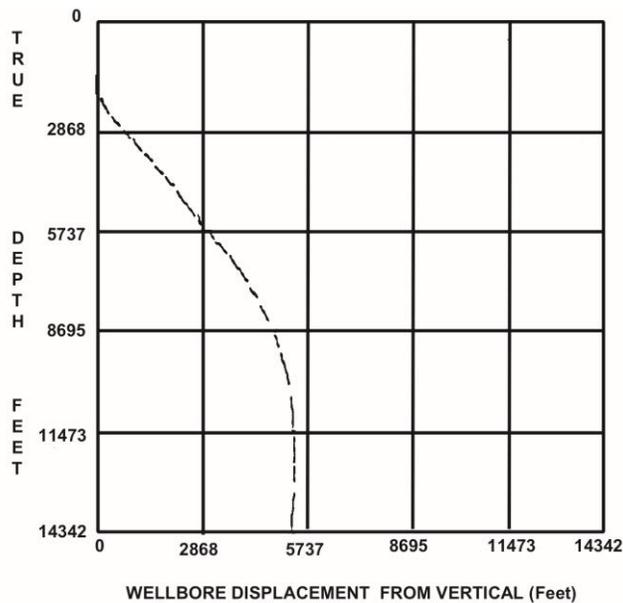
Contoh ini untuk 6.5 in OD, *tool joint* 9-5/8 in.-47 lb/ft *casing*. *Casing* dengan tebal 0.47 in akan mengalami kekelahan apabila volume kekelahannya mencapai 22.13 kubik *inch*. Persentase kekelahan dihitung untuk setiap titik sepanjang sumur dan kemudian komputer membuat plot

persentase kelelahan casing sebagai fungsi kedalaman. Faktor kelelahan tergantung dari beberapa variabel :

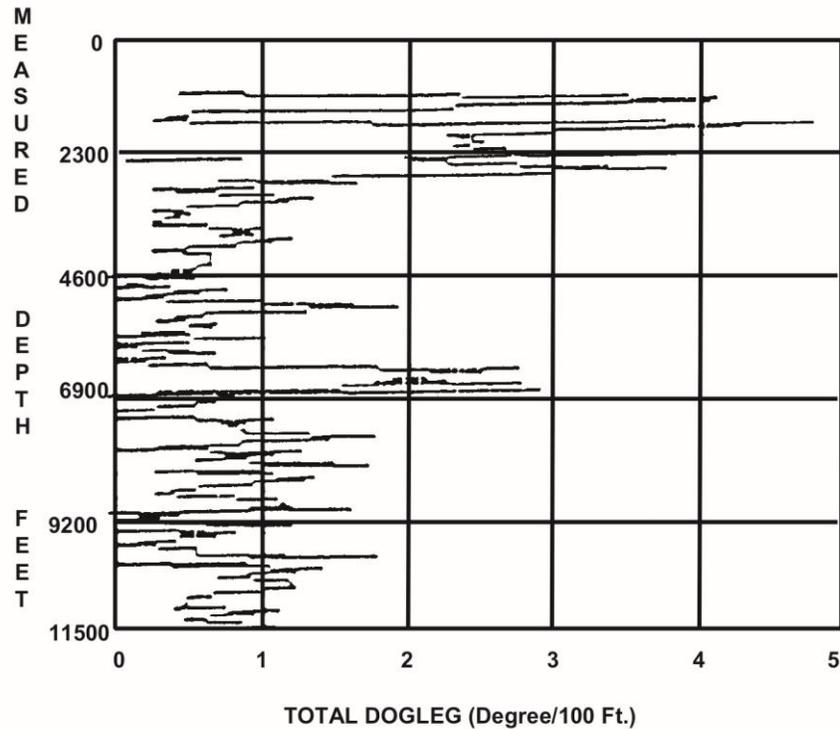
1. Sifat-sifat Lumpur
2. Pelumasan
3. Kandungan padatan lumpur
4. Kekasaran *tool joint*

Data faktor kelelahan casing telah dihitung oleh *Drilco*, *Exxon*, *Hughes Tool* dan *Shell*. Tambahan pekerjaan adalah menentukan secara cermat faktor penyebab kelelahan casing untuk berbagai kondisi lapangan. Model ini dapat meramalkan secara tepat kelelahan casing pada sebuah sumur seperti terlihat pada contoh berikut :

1. Gambar memperlihatkan *trayektori* sumur dengan bentuk S *Gulf Coast Well* dan Gambar memperlihatkan *dogleg severity* untuk sumur tersebut.
2. Kesesuaian hasil dapat dilihat diantara yang diramalkan dengan hasil pengukuran. Model meramalkan kelelahan 50 % dekat 1200 ft *kick-off point* sedangkan yang terukur sekitar 49 %. Model juga meramalkan kelelahan 23 % pada 6900 ft dan terukur 25 %.



Gambar 24 Gulf Coast Wellbore Trajectory

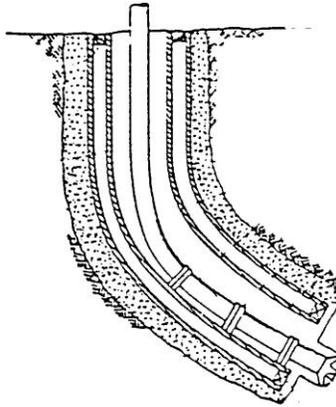


Gambar 25 Gulf Coast Well Dogleg Severity

Model mempunyai berbagai keuntungan :

1. Merencanakan trayektori lubang sumur untuk meminimkan torsi dan gaya gesek serta meminimkan kelelahan *casing*
2. Mendisain *drill string*
3. Mendisain program pemasangan *casing*
4. Menangani masalah pemboran selama dilakukan pemboran
5. Menangani casing load selama pemasangan *casing*

MOBIL juga memperkenalkan konsep penggunaan *protective liner* (31) pada casing (13) untuk mengabsorbsi kelelahan (Lihat PadaGambar). Liner dapat diganti setelah terjadi kelelahan yang berlebihan selama proses pemboran.



Gambar 26 Mobil Protective Liner (Dellinger et.al., 1986)

5. Pengalaman Industri

ARCO (BARRY et al., 1988) menggunakan *uncemented 7-in., 23 lb/ft predrilled liners (4-3/8 in. lubang per feet secara manual dibor pada phase 90°)*, 1000 - 2000 ft Laut Jawa *Horizontal Well*. Sistem kompleksi yang dipergunakan untuk sumur-sumur *horizontal* di *Mobil Oil* Indonesia, adalah menggunakan 7" *production linner* yang disemen dan dengan 6" sistem open hole sampai ke TD sepanjang kira-kira 100 ft.

Sedangkan pengalaman di MAXUS kompleksi menggunakan 7" *linner* dari kedalaman 6390 ft-MD sampai 7403 ft-MD (TD).

6. Masalah Pada Pemboran *Horizontal*

Masalah yang dihadapi selama pemboran *horisontal* akan ditelaah melalui masalah *logging*, penyemenan dan lumpur pemborannya sendiri. Akan ditampilkan pula contoh-contoh sebagai penyelesaian dari permasalahan yang ada.

6.1. Logging

1. Menurunkan Peralatan ke Dasar Sumur
 - ❖ Melalui Alat *Tubing-Conveyed*
 - ❖ Menggunakan Peralatan Pompa
 - ❖ Menggunakan Peralatan *Coiled-Tubing Conveyed*
 - ❖ Menggunakan Peralatan *Beroda-Gigi*
 - ❖ Menggunakan Peralatan MWD
 - ❖ Menggunakan *Auxiliary Sinker Bor*
 - ❖ Mengguanakan Alat Rekam Dasar-Sumur
2. Berkurangnya akurasi pada sudut yang besar
 - ❖ Peralatan Khusus
 - ❖ Peralatan untuk menempatkan alat *Logging* di tengah- tengah

3. Beban Samping yang kurang pada peralatan

- ❖ Memperbesar Per atau Beban Torak

4. Interpretasi Masalah

5. Pengalaman di Lapangan

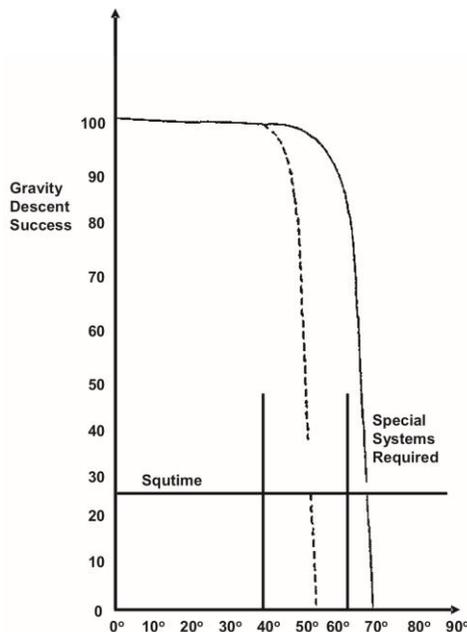
6.2. Menurunkan Peralatan ke Dasar Sumur

Pekerjaan *logging* pada sumur *horizontal* amat sulit, sebab:

- ❖ Peralatan sulit diturunkan dengan hanya mengandalkan gaya tarik bumi pada sudut kemiringan lubang melebihi 60°
- ❖ Banyak peralatan tidak bekerja, atau pengukuran menjadi tidak akurat pada sudut yang besar.
- ❖ Evaluasi formasi menjadi masalah

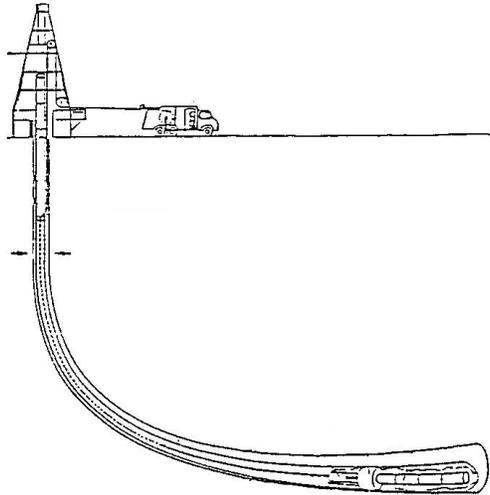
6.2.1. Penggunaan Peralatan *Tubing-Conveyed*

Masalah terbesar dalam *Logging* pada sudut besar adalah menempatkan peralatan ke dasar sumur. Peralatan *Logging* yang standar akan diturunkan dengan bantuan gaya tarik bumi pada sudut kemiringan kurang dari 40° seperti yang diperlihatkan oleh Gambar Pada Interval sudut 40° - 65° , alat khusus diperlukan. Di atas 65° sistem yang lebih khusus dibutuhkan.



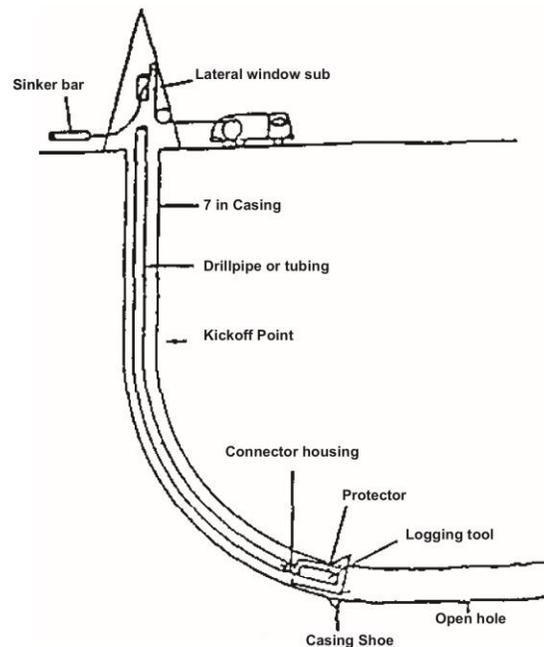
Gambar 27 Keberhasilan Logging Untuk Berbagai Kemiringan

Institute Francais Du Petrole (ANON, 1983) telah mengembangkan sistem pompa penurunan *Logging* SIMPHOR untuk digunakan pada sudut kemiringan sumur tinggi (Lihat Pada Gambar). Peralatan logging diturunkan melalui lubang pipa dan jendela-samping digunakan untuk jalan keluar kabel listrik melalui bagian luar pipa.



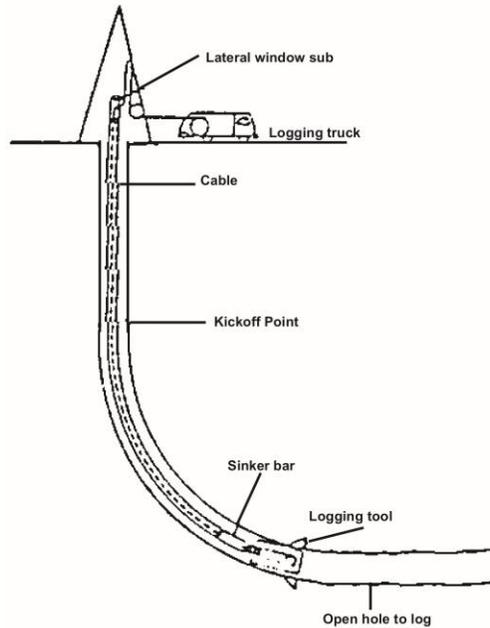
Gambar 28 Pompa Penurunan *Logging Simphor*

Suatu Side-Door Entry Sub ditempatkan pada pipa bor dan kabel *logging* dipompakan ke dasar lubang dimana suatu 7-pin ©Wet Connect^a disertakan pada alat *Logging* (Lihat Pada Gambar). Sebuah *Seal* dalam *Side-Entry Sub* menyekat Sekitar kabel dan menunjukkan pemompaan ke dasar sumur.



Gambar 29 Side-door Entry Sub

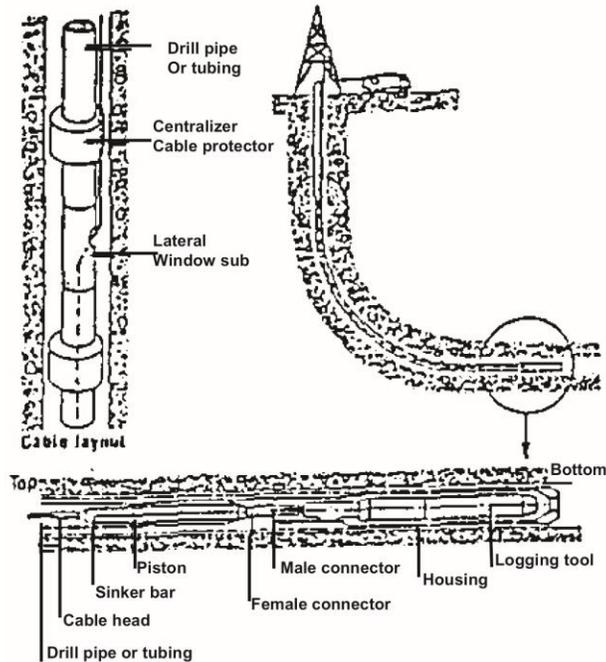
Keterangan lengkap tentang *Side-Entry Sub* dan *Wet Connector* diperlihatkan oleh Gambar *Centralizer* terbuat dari karet digunakan pada pipa bor untuk membersihkan jendela mendatar, sehingga kabel *logging* terlindung.



Gambar 30 Side Entry dan Wet Connector

Saat *Wet Connector* dirangkai dan peralatan *Logging* dipersiapkan, sumur *Horizontal* di-*logging* melalui penambahan pipa bor (Lihat Pada Gambar). *Lateral-Window Sub* digunakan di dekat bagian tegak sumur. Jika lubang mendatar cukup panjang, *logging* dilakukan per bagian:

- ❖ tarik *Lateral-Window* ke luar lubang
- ❖ ganti
- ❖ pipa bor ditambah
- ❖ kembalikan *Lateral-Window* ke tempat semula
- ❖ lakukan *logging* untuk bagian selanjutnya.
- ❖ Jika panjang *horizontal* 1500 feet, pengukuran dilakukan setiap 450 feet, Jenis *Logging* yang diturunkan CBL, GR, CCL dan *Caliper Log*.



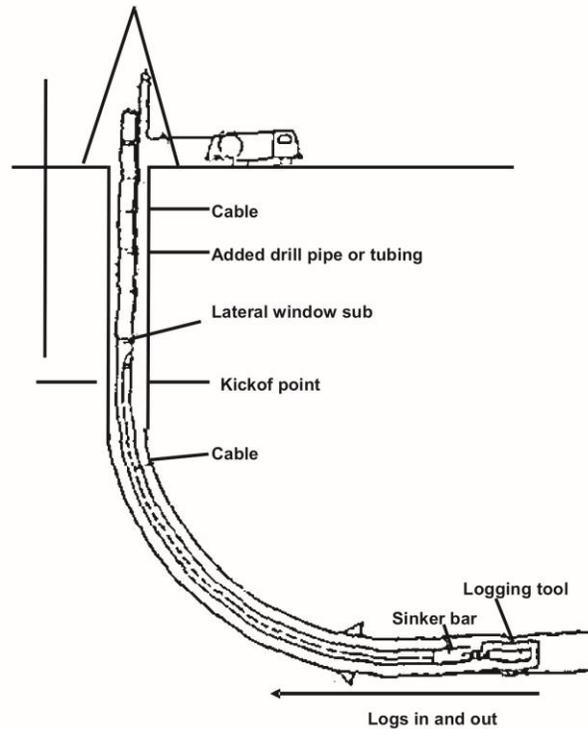
Gambar 31 Wet Connector

Teknik ini disesuaikan dengan peralatan *Perforator*, pada sumur LACQ91, perforasi dilakukan untuk setiap *interval* 56 feet terhadap *Liner* 7" pada sudut kemiringan 85° diperforasi dengan 4 *shots per feet* menggunakan 4" Peluru.

Gearhart Industries (KNIGHT, 1983) mengembangkan *Tubing-Conveyed Logging system* yang sama dengan SIMPHOR system seperti nampak pada Gambar

Prosedur Logging adalah sebagai berikut:

1. Turunkan alat ke puncak *interval* yang akan di-Logging pada *Drill-Pipe*.
2. Pompakan kabel elektrik ke bawah, ke alat *logging* dan kancingkan *Wet-Connector*.
3. Pasang *Side-Entry Sub*
4. Sambung pipa-bor agar mencapai *interval* dasar sumur yang akan di-logging.
5. Log sambil menarik pipa bor
6. Keluarkan *Side-Entry Sub*
7. Lepaskan kancing dan tarik kabel dari dalam pipa bor

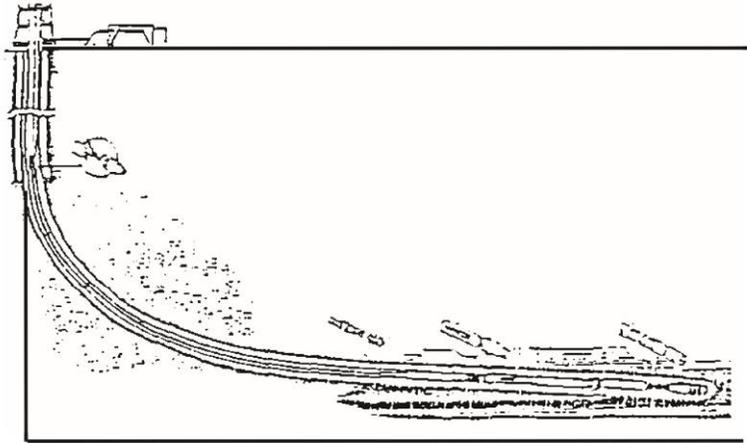


Gambar 32 Tubing Conveyed Logging System

GEBHART Menyarankan:

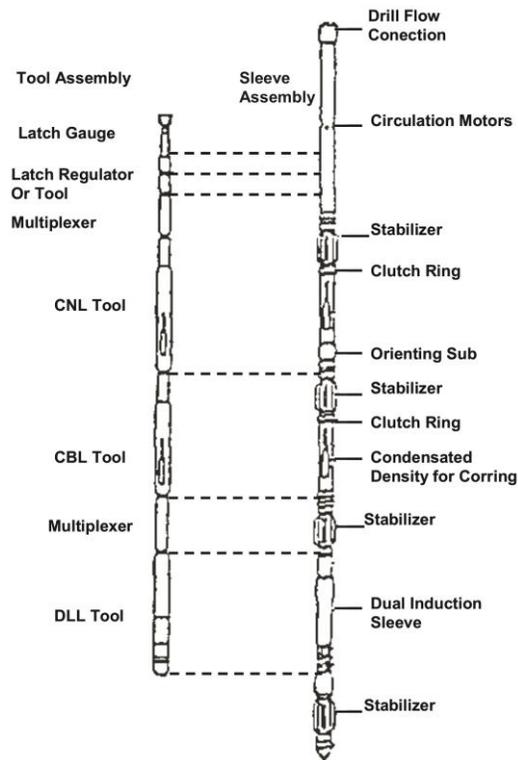
- ❖ Gunakan alat *Logging Standard* untuk kemiringan sumur 0 - 45°.
- ❖ Gunakan alat *Logging Standard* untuk kemiringan sumur 45° sampai 65° tetapi kondisi sumur baik.
- ❖ Pompakan *TOOLPUSHER* untuk kemiringan sumur 45° sampai 65° jika kondisi sumur jelek.
- ❖ Pompakan *TOOLPUSHER* untuk setiap kemiringan sumur lebih dari 60°

Setelah Agustus 1985, *TOOLPUSHER* telah digunakan untuk *me-logging* 105 sumur yang memiliki kemiringan lebih dari 50° seperti yang diperlihatkan oleh Gambar



Gambar 33 Tool Pusher

Schlumberger (AIVALIS et al, 1985) memasarkan suatu sistem yang disebut TOUGH LOGGING CONDITIONS (TLC) sistem, yang berbeda dengan IFP SIMPHOR System. Sistem Menggunakan suatu *Downhole Wet Latching Electrical Connector*



Gambar 34 Downhole Wet Latching Electrical Connector

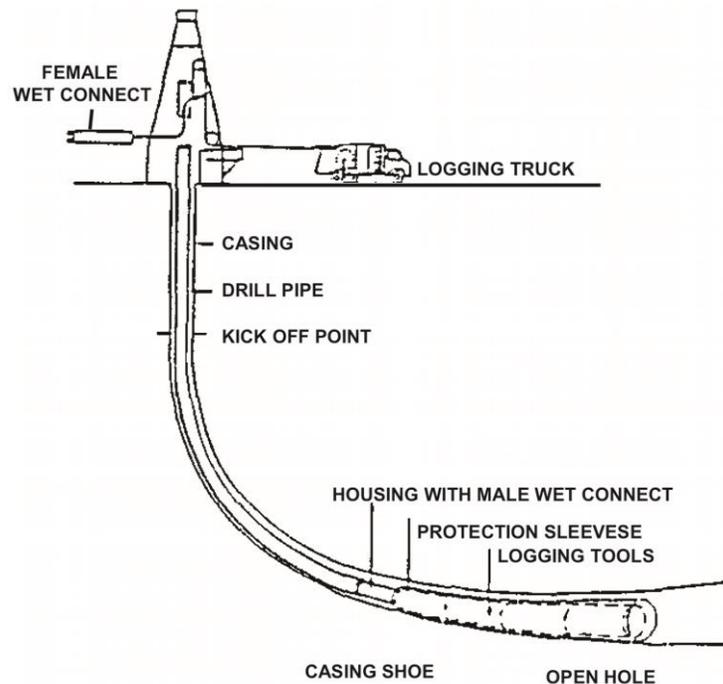
Schlumberger mengembangkan sistem TLC dalam dua versi seperti nampak pada Gambar Yang pertama menggunakan pelindung *Fiberglass Sleeve* yang sama dengan sistem SIMPHOR, yang kedua meniadakan *Sleeve*.

WELLEX (Crutchley, 1986) mencoba test lapangan menggunakan alat sejenis SIMPHOR dengan TOOLPUSHER yang dinamakannya sebagai HAL 20/20 (untuk 20000 feet dan 20000 psi).

Protective Sleeve dengan jendela dipakai untuk density, *Caliper* dan *Neutron-Log* dan *Fiberglass Sleeve* hanya dipakai untuk *Induction-Log*.

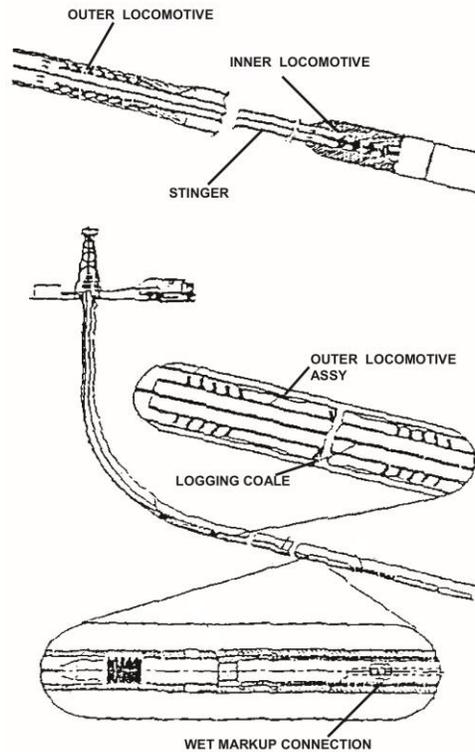
6.2.2. Penggunaan Peralatan Pumpdown

Schlumberger (Escaron, 1983) mengembangkan *Pumpdown Locomotive System* untuk memompa peralatan *Logging* ke dasar sumur seperti nampak pada Gambar



Gambar 35 Fiberglass Sleeve

Pada saat peralatan mencapai *Latch Assembly* pada dasar sumur, kabel logging dipompakan ke bagian atas alat dan *Wet Electrical Connector* dipasang. Peralatan Logging kemudian didorong ke dalam lubang sumur sejauh 1000 sampai 1500 feet menggunakan alat pemukul dan suatu *Inner Locomotive* (Lihat Pada Gambar).



Gambar 36 Wet Electrical Connector

Keuntungan sistim ini:

- ❖ Bisa menggunakan peralatan *Logging* yang standar
- ❖ Pipa bor bisa ditambah tanpa mempengaruhi kabel.
- ❖ Tanpa *Side-Door Entry Sub*
- ❖ Tidak memiliki batas memory pada *Downhole Recording System*
- ❖ Dioperasikan dari dalam pipa bor.
- ❖ Kabel tidak membahayakan, meskipun berada dalam pipa bor
- ❖ Pipa bor dapat mencegah terjadinya *Differential Pressure Sticking* saat *Locomotive* dipompakan atau selama *Logging* berhenti
- ❖ Alat pemukul tidak pernah berhenti bergerak.
- ❖ Kerugian dari sistim ini adalah diperlukannya *Wet Electrical Connector* yang khusus.

6.2.3. Penggunaan Alat Penurun *Coiled-Tubing*

WESTERN ATLAS (Fertl, 1987) telah mengembangkan sistim *Logging Coiled Tubing* yang menggunakan kabel logging yang dimasukan ke dalam sepanjang *Coiled Tubing* (Lihat Pada Gambar). Peralatan *Logging* disambung ke ujung bawah *Coiled Tubing* dan *Coiled Tubing* kemudian diturunkan ke dalam sumur, kemudian ke bagian *Horizontal* sejauh lebih dari 600

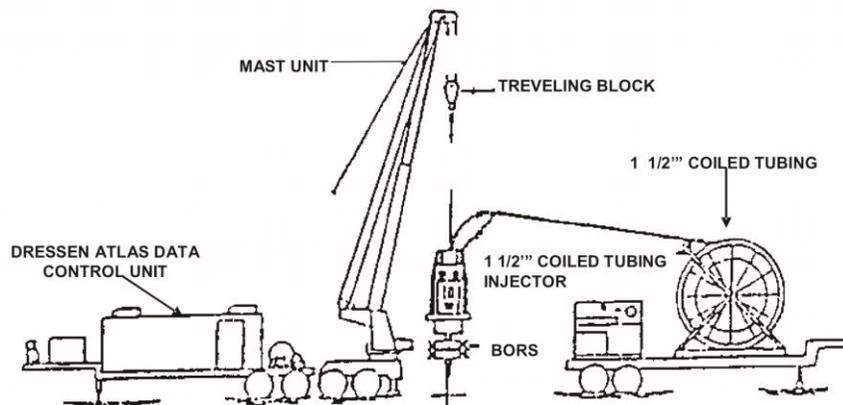
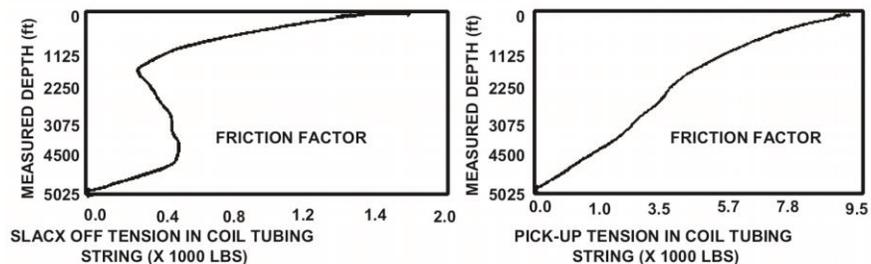
feet. Di Bagian *Hirozontal*, *Coiled Tuibing* menerima tekanan sehingga cenderung tertekuk. *Western Atlas* menggunakan *Torque Drag* model untuk memperkirakan beban terhadap *Coiled Tubing*.

Spesifikasi *Coiled Tubing* untuk *Logging* :

OD,in	= 1.25 - 1.550
ID,in	= 1.082 - 1.31
Wall thickness,in	= 0.087 - 0.095
Weight,lb/1000ft	= 1264 - 1650
Pull Strength(1000lb)	= 19 -29

Keuntungan menggunakan *Coiled Tubing Logging*:

- ❖ Mengurangi *Rig-Time*
- ❖ Mampu menerus pada kecepatan optimum
- ❖ mampu keluar/masuk pada kemiringan besar
- ❖ mampu pindah pada saat *logging*
- ❖ *Crew logging konventional* bisa melakukannya
- ❖ Mengeliminir kebutuhan *Side Entry Sub* dan *Downhole Wet Connection*



Gambar 37 Logging Coiled Tubing

6.2.4. Penggunaan Peralatan Beroda-gigi

Ketika kemiringan mencapai lebih dari 60°, alat Logging tidak jatuh secara bebas. Beberapa perusahaan mencoba menambahkan roda gigi atau peluncur terhadap alat *Logging* ini membantu sekali walaupun sumur memiliki kemiringan 70°-75°.

Dresser (DANIEL et.al.,1984) mengembangkan SLANT-HOLE EXPRESS System untuk sudut kemiringan sumur sampai 70°. Dilengkapi alat-alat khusus, yang terdiri atas:

- ❖ *Guide Nose*
- ❖ *Roller Bull plug*
- ❖ *Roller Connector Sub*
- ❖ *Openhole Roller Connector Sub*
- ❖ *Knuckle Joints*

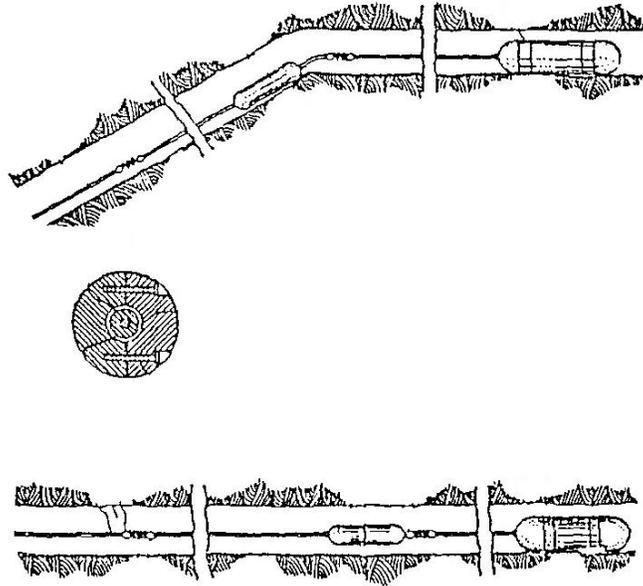
6.2.5. Penggunaan Peralatan MWD

Peralatan MWD mengeliminir masalah penempatan peralatan *Logging* di dasar sumur. Peralatan ini diturunkan di dalam *Drill-String*. Beberapa keuntungan menggunakan peralatan ini adalah :

- ❖ *Logging* sambil pemboran dilakukan
- ❖ *Invasi fluida* minimum
- ❖ Tidak ada masalah penempatan *logging*
- ❖ Lubang tetap bisa di-*logging* meskipun ada masalah pemboran.

6.2.6. Penggunaan Auxiliary Sinker Bar

Dresser mengusulkan *Auxiliary Sinker Bar* untuk menempatkan alat *Logging* di dasar sumur pada sudut kemiringan besar (Lihat Pada Gambar). Alat *logging* cenderung lurus dan bergantung pada kemiringan lubang yang besar. *Auxiliary Sinker Bar* terletak bebas pada kabel, sehingga dapat bergerak bebas naik/turun diantara klem 55 dan 56. Keadaan yang tidak diinginkan adalah seperti pada Gambar, dimana alat *logging* dan *Sinker Bar* terhimpit di belokan.



Gambar 38 Auxiliary Sinker Bar

6.2.7. Penggunaan Alat Pencatat di Dasar Sumur

Perusahaan NL (Elliot et.al, 1985) menawarkan alat pencatat di dasar sumur yang disebut *Recording Lithology Logging (RLL)* yang mengukur dan mencatat resistivitas dan *Gamma Ray Log* di dekat bit sambil melakukan pemboran.

Sistem ini sedikit lebih mahal dari MWD, tetapi sensitivitasnya lebih rendah dari peralatan *Logging* yang standar, hal ini disebabkan oleh ketebalan dinding *Collar*. Alat ini tidak bisa dipakai pada sudut kemiringan besar.

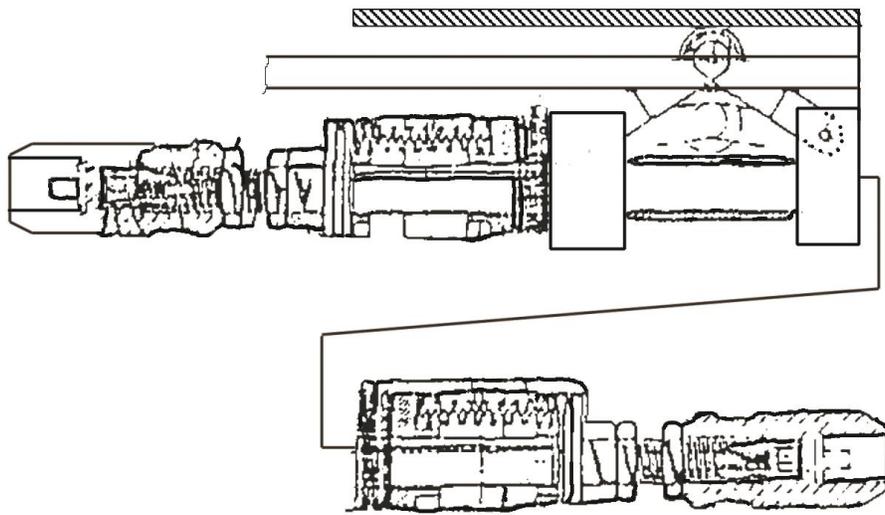
6.3. Berkurangnya Akurasi pada Sudut Kemiringan Sumur yang Besar

6.3.1. Dress-Out Tools

Peralatan *logging* umumnya digunakan untuk sumur tegak, maka sudut kemiringan besar sensor-sensor kehilangan akurasi. Problem ini diatasi dengan memodifikasi peralatan.

6.3.2. Centralize Logging Tools

Peralatan *Centralize* memiliki masalah, sebab beberapa alat *Logging* memiliki berat lebih dari 60 lb. *Drexel Oilfield Service* membuat alat *Spring-Loaded* yang dirancang untuk keperluan ini (Lihat Pada Gambar)



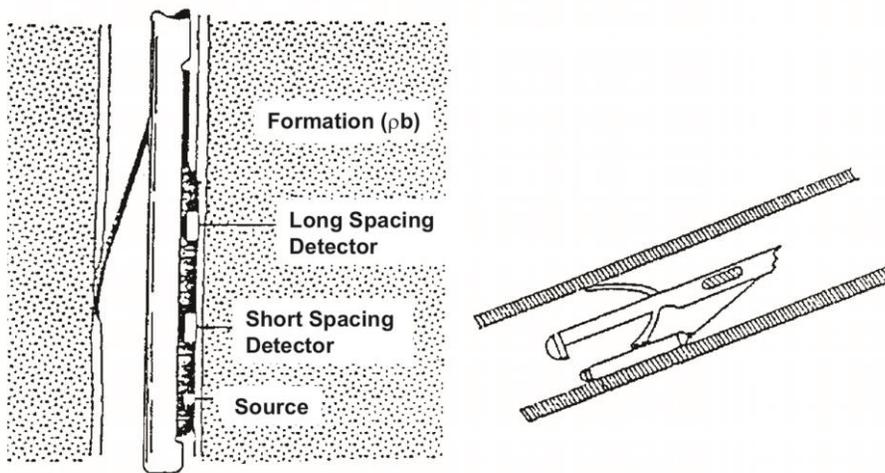
Gambar 39 Spring Loaded

Alat ini dilengkapi dengan *Helical Spring* (30) pada dua lengan *Linkage System* (56) untuk mendorong 3 atau lebih *Roller* (60) terhadap *Casing* sehingga alat *Logging* selalu berada di tengah.

6.4. Beban Samping Yang Kurang Pada Peralatan

Menambah Per atau Beban Torak beberapa alat *Logging* (antara lain *Acoustic*, *Dip* dan *Density*) membutuhkan suatu *Detector* untuk mendorong kedalam kontak ke dinding lubang. Di dekat lubang tegak, ini dilakukan oleh per atau alat hidrolik

Untuk lubang berkemiringan besar, alat-alat tersebut menyulitkan saat dicabut. Beberapa perusahaan membuat alat khusus, dimana *detector* berada terpisah dari *Sonde Utama*. (Lihat Pada Gambar).

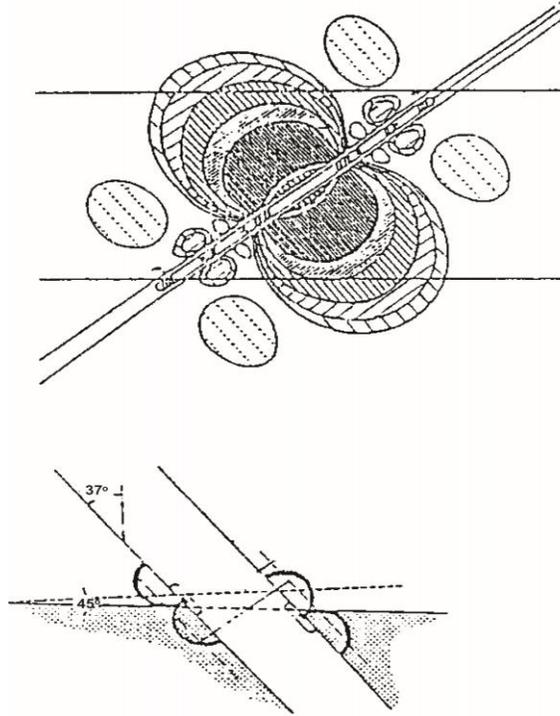


Gambar 40 Detector Yang Terpisah Dari Sende Utama

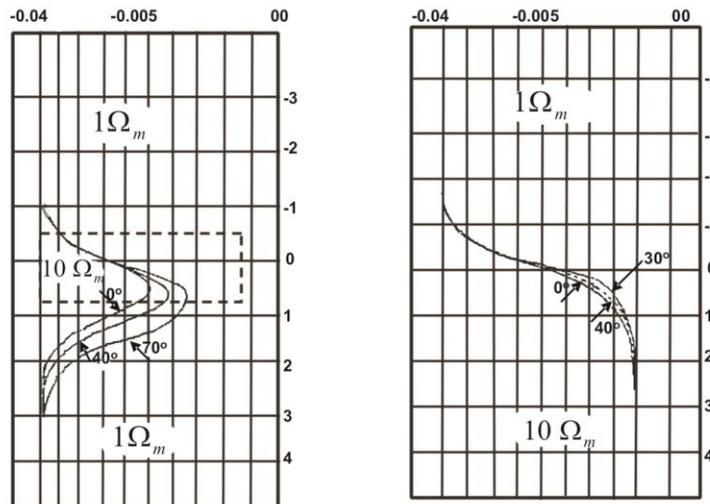
6.5. Interpretasi Masalah

Pertimbangan Kemiringan Sumur

Pengukuran *Logging* dipengaruhi oleh kemiringan lubang (Lihat Pada Gambar) sehingga perlu pertimbangan khusus saat interpretasi. *Magnetic Pulse Inc.*, menganalisa respon *Induction Log* pada sumur-sumur berdeviasi tinggi



Gambar 41 Pengukuran *Logging*



Gambar 42 Analisa Respon *Induction Log* Pada Sumur-Sumur Berdeviasi Tinggi

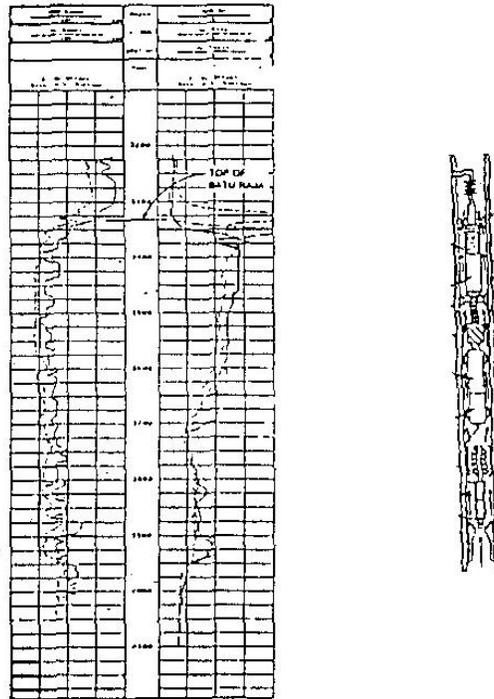
Percobaan dilakukan dengan spasi 2 1/2 dan kontras *Resistivity* 10:1. Hasilnya menunjukkan bahwa pengaruh kemiringan relatif kecil, meskipun sudut kemiringan 70°. Bisa dikatakan perubahan *Resistivity* untuk lubang miring lebih akurat dibandingkan lubang tegak.

Gambar diatas memperlihatkan hasil percobaan kedua, dimana 1 meter lapisan bertahanan 10 Ohm.m berada diantara dua lapisan konduktif (1 Ohm.m). Hasil yang membesarkan hati, sebab *Induction Log* terhadap pengukuran perubahan *Resistivity* lebih akurat meskipun kemiringan sampai dengan 70°

6.6. Beberapa Pengalaman

1. ANARDARCO (Christian, 1988) pernah mengalami gesekan terjadi antara *Wire-Line* di atas *Side-Door Sub* dengan *Casing* sehingga *Wet Connection* lepas dari alat *Logging*. Dengan memasang klem pada *Side-Door Sub* masalah ini teratasi.
2. ARCO (Cooper et.al.,1988) mengalami problem *Influx* yang serius pada sumur *Zug-2*, Lapangan Bima Indonesia. Sebelumnya direncanakan pemakaian *Coiled Tubing Production Log* (temperatur tekanan dan *flow meter*) di lokasi zona Gas. Akhirnya lapisan bawah di *Plug-Back* menggunakan *Straddle Packer*
3. ARCO (Clary et.al.,1987) melengkapi MWD *Gamma-Ray* dan sensor-sensor *Resistivity Log* untuk mendeteksi *Overlaying Gas-Sand* (Lihat Pada Gambar) di sumur-sumur *horizontal* laut Jawa. *Log MWD* lebih akurat dibandingkan dengan *Drill-Pipe Conveyed Logging Tools* (Lihat Pada Gambar). Dengan mengganti *Wire-line Log* dengan MWD dapat menghemat biaya Log lebih dari US \$ 180.000,- per sumur (æ 10% dari Total Budget)
4. DOE (Layne et.al.,1988) menggunakan *Tracer Log* untuk *Identifikasi* lokasi *hydraulic fracture* sebagai zona produksi sepanjang 2000 *feet* sumur *Horizontal* pada *Devonian Shale*. Log ini akurat dalam mencari lokasi *hydraulic fracture*. *Leakoff zone* ke dalam *naturally fracture* atau porositas diantara *hydraulic fracture*. garis-garis tegak adalah letak *hydraulic fracture*.
5. DOE (Overbey et.al.,1988) menggunakan *Strata Vision* suatu Video kamera untuk mendeteksi *naturally fracture* sepanjang 2000 *feet* sumur *horizontal*. TV Camera dipasang pada ujung *Drill-Pipe* 4 1/2", *coaxial-Cable* ditempatkan di dalam *Drill-Pipe* sampai *Side Entry Sub*. Videa Camera mendeteksi butir gas yang berkondensasi dan mengalir ke lubang bor dari *naturally fracture*.
6. ELF AQUITAINE (Spreux et.al.,1988) menggunakan beberapa teknik Logging untuk sumur *horizontal*. Dengan *Coiled Tubing*, alat *Logging Standard* dapat mencapai

jarak 660 feet sedangkan alat-alat produksi yang lebih ringan bisa mencapai 1640 feet. Dengan *Pump Down Stinger System*, *Locomotive* digunakan untuk mendorong peralatan Logging. Jarak yang bisa dicapai ternyata 1706 feet



Gambar 43 MWD Gamma Ray dan Sensor-Sensor Resistivity Log

6.7. Penyemenan

- ❖ Perencanaan sumur untuk penyemenan
- ❖ Kondisi lubang sumur dan lumpur
- ❖ Mekanik dan fluid caliper
- ❖ Kondisi dan kedudukan casing (Casing Centralization)
- ❖ Spacer disign dan Pre Job planning

6.7.1. Kondisi Lubang Sumur dan Lumpur

- ❖ Lubang yang kecil 1.5 (38,1 mm) daerah *annulus* akan membentuk *cement seal*
- ❖ Lumpur ringan sampai PV dan YP rendah tanpa penambahan *solid* selama periode penyemenan
- ❖ Kelakuan pengangkatan *cutting* tergantung pada kecepatan fluida, densitas dan *rheology*, ukuran *cutting* dan densitasnya serta inklinasi lubang
- ❖ Slip velocities dapat dihitung dari persamaan *Moore* dan lainnya
- ❖ Ketika casing sudah dipasang, disirkulasi 2 sampai 3 kali

- ❖ *Fluid caliper* dapat memeriksa kondisi lubang setelah 95 % dari volume lubang telah disirkulasi
- ❖ Jika ECD mengijinkan, diharapkan kecepatan annulus tidak kurang dari 262 ft/min (80 m/min)

6.7.2. Mekanika dan *Fluid Calipers*

- ❖ *Fluid Caliper* harus digunakan bersama dengan *Mechanical Calipers*. *Carbide Pills* atau *Coarse Lubri-Beads* (pada 50 lbs/20bbl)
- ❖ Diharapkan *fluid caliper* digunakan dalam tiga phase
- ❖ Di *run* setiap 100 ft selama pemboran
- ❖ Digunakan pada saat *clean up trips*
- ❖ Di *run* saat *casing* sudah terpasang

Sentralisasi *Casing* Pipa

- ❖ Pendorongan lumpur yang baik tergantung pada keseragaman densitas lumpur, viskositas dengan *pipe standoff* yang baik
- ❖ *Standoff* harus 67 % atau lebih besar pada SAG point untuk menurunkan besar daerah kosong (*high side channeling / low side mud by pass*)
- ❖ Kadang-kadang sejumlah *centralizer* yang tepat tidak dipasang karena takut akan terjadi *sticking*

6.7.3. Disain *Spacer*

- ❖ *Spacer* harus *kompatibel* dengan lumpur, *cement* dan formasi
- ❖ *Densitas spacer* harus diantara densitas lumpur dan semen, normalnya 0.5 ppg sedikit diatas densitas lumpur
- ❖ Volume *spacer* harus cukup besar untuk meyakinkan pada kurang dari 10 menit *uncontaminated contact time* atau 1000 ft (300 m) pada kondisi aliran turbulen
- ❖ Aliran turbulen harus hampir sama dengan kecepatan *annulus* 262 ft/min (80 m/min) atau lebih besar di luar *zone* produksi

6.7.4. Pre Job Planning Design

- ❖ Semua aspek dari operasi penyemenan adalah sangat penting dan perencanaan harus dimulai seminggu atau beberapa bulan sebelum pemboran dimulai
- ❖ Semua tahap akan menentukan keberhasilan
- ❖ Program simulasi komputer diperlukan untuk mengontrol beberapa aspek pekerjaan

- ❖ Disain program dapat dibandingkan waktu nyata di lapangan

6.7.5. Disain Slurry dan Lab Testing

- ❖ *Slurry* harus ditest untuk kondisi tanpa air (*zero free water*) dan tidak terjadi pengendapan solid pada kondisi reservoir
- ❖ *Fluid loss* harus diantara 30 sampai 50 ml/30 min dan kompatibel dengan formasi
- ❖ Perencanaan untuk total pekerjaan penyemenan, densitas fluida akan mempengaruhi posisi pipa
- ❖ Menggerakkan pipa seperti diputar akan memperbaiki *static gelled mud removal*
- ❖ Tidak menimbulkan aliran *turbulen*
- ❖ *Permeabilitas slurry* harus ditest untuk mengontrol aliran gas
- ❖ *Right Angle Test* untuk meyakinkan tekanan kolom semen terhadap tekanan pori-pori formasi

6.7.6. Peralatan Pencampur (*Mixing*) dan Waktu Pengontrolan

- ❖ *Bulk Cement Supply* dan *Mix Water Delivery* harus saling berhubungan dengan Unit Pencampur
- ❖ Sistem *Back Up* dan pengganti harus saling melengkapi untuk semua aspek pencampuran
- ❖ RAM adalah unsur utama dalam operasi pencampuran
- ❖ *Batch Mixing* atau *Transfer System Interruptions*

6.8. Lumpur Pemboran Sumur Horisontal

6.8.1. Seleksi Pemilihan Lumpur Pemboran

- ❖ Profil sumur
- ❖ Pengontrolan kelakuan formasi
- ❖ Kemampuan pelumasan
- ❖ Tidak mempengaruhi zone produksi
- ❖ Pertimbangan setelah proses pemboran
- ❖ Pertimbangan lingkungan hidup

6.8.2. Jenis Lumpur Pemboran

a. Lumpur Dasar Minyak (*Oil Based Mud*)

Keuntungan :

- ❖ Tidak reaktif
- ❖ Memberikan pelumasan yang baik
- ❖ Menurunkan kemungkinan kerusakan formasi
- ❖ Memperkecil masalah-masalah dalam pemboran

Kekurangan :

- ❖ Mempengaruhi lingkungan
- ❖ Kehilangan sirkulasi (Los Circulation)
- ❖ Mahal pengadaanya

b. Lumpur *Co-Polymer (Polyacrylamide-Polyacrylate)*

Keuntungan :

- ❖ Tidak reaktif
- ❖ Kemampuan pelumasan yang baik
- ❖ Tidak mempengaruhi permeabilitas relatif minyak
- ❖ Rendah pengaruhnya terhadap lingkungan

Kekurangan :

- ❖ Memerlukan peralatan pengontrol kandungan padatan
- ❖ Mahal pengadaanya

c. Lumpur *Conventional Gel*

Keuntungan :

- ❖ Pengadaanya murah
- ❖ Tidak mempengaruhi lingkungan
- ❖ Mudah pembuatannya

Kekurangan :

- ❖ Reaktif terhadap formasi (lempung)
- ❖ Menyebabkan kerusakan formasi
- ❖ Kemampuan pelumasannya rendah

d. Lumpur *Polymer Sweeps*

Keuntungan :

- ❖ Murah pengadaanya
- ❖ Baik untuk zone bertekanan tinggi
- ❖ Kerusakan formasi rendah
- ❖ Mudah pembuatannya

Kekurangan :

- ❖ Pengangkatan serpih pemboran rendah

- ❖ Kemampuan pelumasan rendah

e. Lumpur Sized Salt

Keuntungan :

- ❖ Umumnya dipakai untuk pemboran horizontal
- ❖ Kemampuan pelumasan baik
- ❖ Kerusakan formasi rendah

Kerugian :

- ❖ Mempengaruhi lingkungan
- ❖ Perlu pengontrolan kandungan padatan
- ❖ Mahal pengadaanya

6.8.3. Pertimbangan - Pertimbangan

Rheology :

- ❖ *Yield-point* tinggi
- ❖ *Gel Strength* tinggi
- ❖ *Shear rate* 3 dan 6 rpm tinggi
- ❖ Pembersihan Lubang Sumur
- ❖ Aliran *turbulen*
- ❖ Maksimum kecepatan pemompaan
- ❖ Kecepatan *annular* yang tinggi (≈ 60 m/menit)
- ❖ Pembersihan lubang sebelum *trip*
- ❖ Pertimbangan jumlah *trips*
- ❖ *Top drive*

a. Kasus 1

Vertikal

- ❖ *Rheology* meningkat akibat pertimbangan penambahan dispersant
- ❖ Memerlukan penurunan HEC dalam menghadapi clay yang aktif
- ❖ *Mud rings* biasanya tidak dihitung dalam kasus ini
- ❖ Kecepatan di *Drill-Pipe* (AV.DP) = 30 - 35 m/min

Horizontal

- ❖ Lumpur di *sentrifugal* dan diencerkan sebelum pemboran *horizontal*
- ❖ Semen pemboran mengkontaminasi sistem
- ❖ Meningkatkan PAC/HEC untuk perbaikan *rheology* sebelum diencerkan dengan LGS
- ❖ Kecepatan di *Drill-Pipe* (AV.DP) = 65 - 71 m/min

- ❖ Kecepatan di *Drill-Collar* (AV.DC) = 123 - 135 m/min

b. Kasus 2

Vertikal

- ❖ pH netral terhadap formasi selama merubah sudut (*building angle*)
- ❖ Mempertahankan aliran turbulen pada KOP
- ❖ Gunakan pengontrol padatan secara kontinyu, turunkan ukuran saringan dan kecepatan pengaliran selama merubah sudut (*angle build up*) untuk membantu pengeluaran *low gravity solids* (LGS)
- ❖ Perbaiki pelumasan untuk pemboran selanjutnya

Horizontal

- ❖ *Sentrifugal* lumpur sebelum melakukan pemboran
- ❖ Lubang disirkulasi dengan air garam (*saltwater*), kemudian diganti dengan minyak untuk menurunkan liner

c. Kasus 3

Vertikal

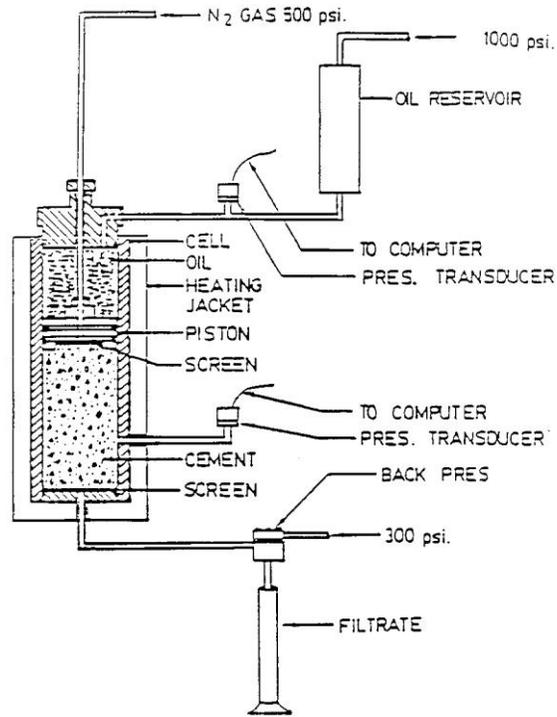
- ❖ Membor dengan *gel/polymer*
- ❖ Permasalahan yang timbul sedikit
- ❖ *Sand/shale*

Horizontal

- ❖ Kehilangan air saat pemboran 400 bbl/hari
- ❖ Perhatikan kandungan air asin (brine) selama trip
- ❖ Bersihkan lubang dengan XC *Polymer* secara tetap
- ❖ Formasi *limestone*

Sumur memerlukan pertimbangan khusus untuk

- ❖ Inklinasi lebih dari 70°
- ❖ Panjang *interval* melebihi 100 m
- ❖ Laju penambahan sudut lebih dari 10°/10 m



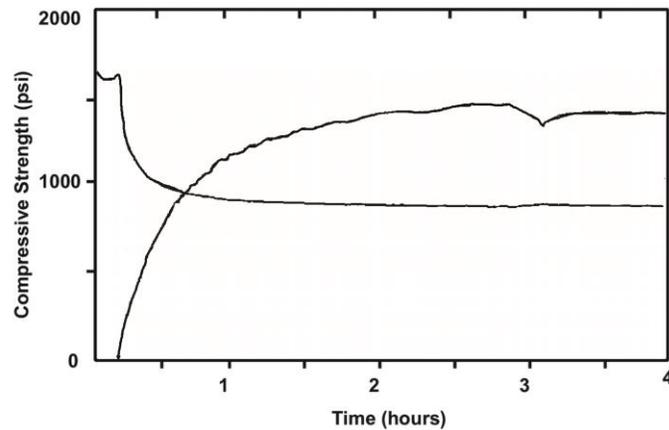
Gambar 44 Gas Flow Test Aparatus

PROJECT NO:
 DATE :
 PRESSURE:
 TEMPERATURE:

ULTRASONIC CEMENTANALYZER B.J. TITAN
--

INITIAL SET: 50 0 4:52
 STRENGTH 1 : 500 0 22:03
 STRENGTH 2 : 19999
 CURR. STR : 2744 0 34:11

CEMENT:



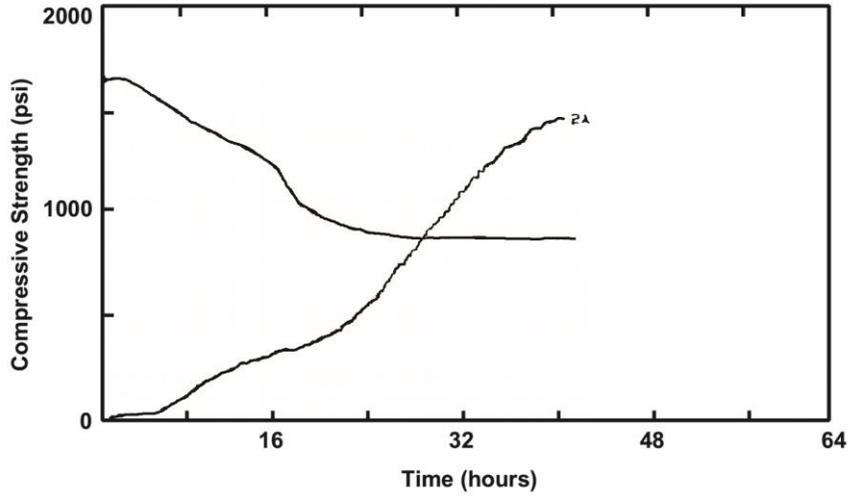
Gambar 45 Ultrasonic Cement Analyzer

PROJECT NO:
 DATE :
 PRESSURE:
 TEMPERATURE:

ULTRASONIC CEMENTANALYZER BJ. TITAN

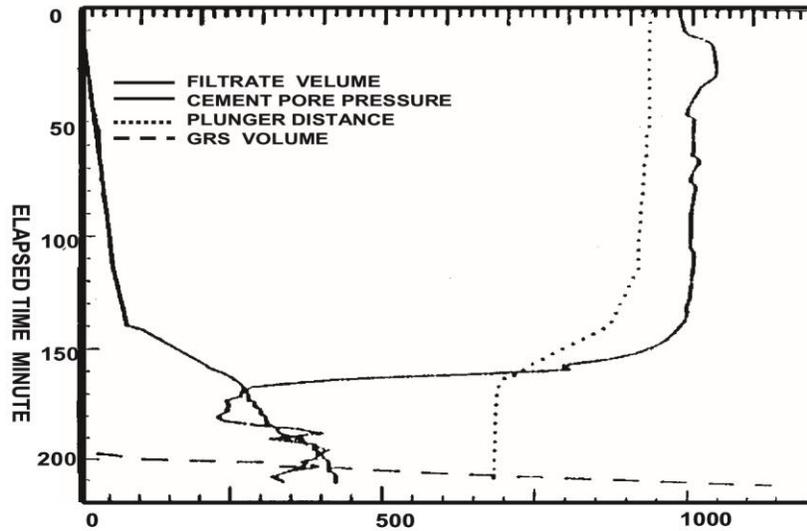
INITIAL SET: 50 0 4:52
 STRENGTH 1 : 500 0 22:03
 STRENGTH 2 : 19999
 CURR. STR : 1523 0 41:17

CEMENT:



Gambar 45 Ultrasonic Cement Analyzer

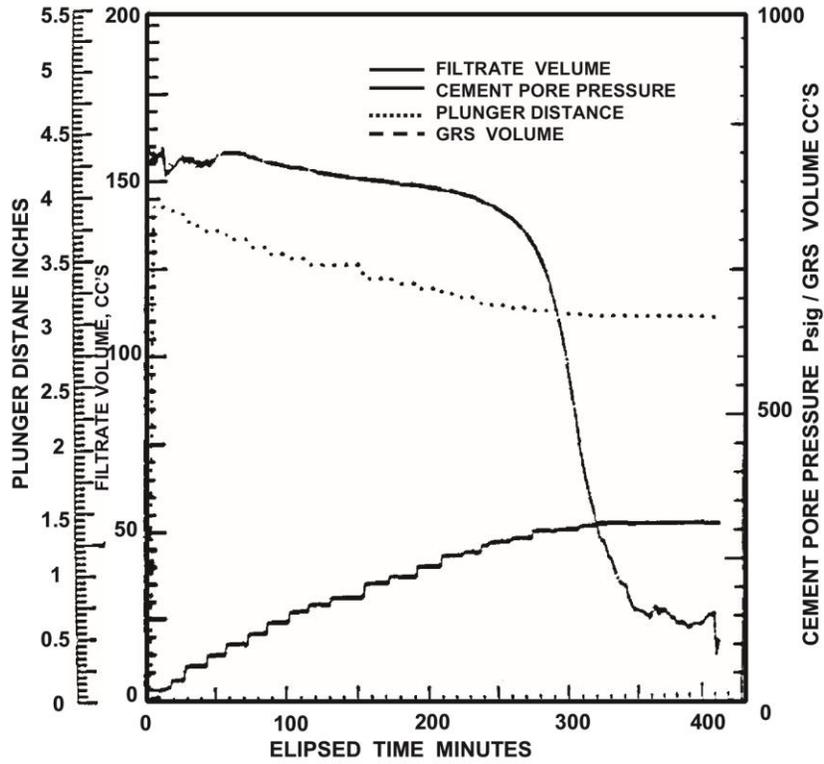
Cement Design : Class "H" + 2.5% FLA + 0.5% Reatarder + 0.2% Preventer
 Slurry Properties : 16.5 ppg Density 1.05 ft³/sk yield 4.28 gal/sk water
 Test results : API Thickening Time @ 180 Dag F: 3 hrs. 35 mins
 API Fluid Loss @ 180 dag. F: 12 cc
 API Free Water : 0



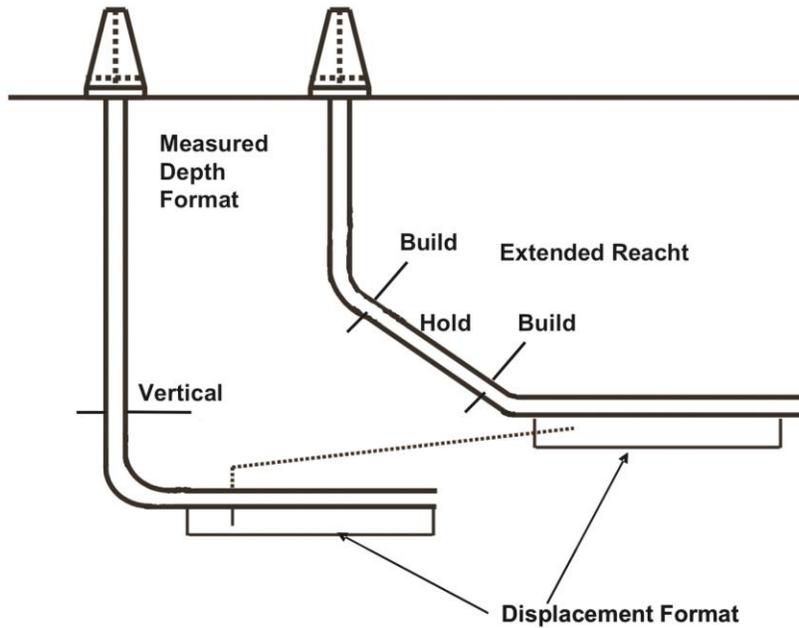
CEMENT PORE PRESSURE, PSIG/GRS VOLUME CC'S

Gambar 46 Kualitas Semen Fungsi Waktu

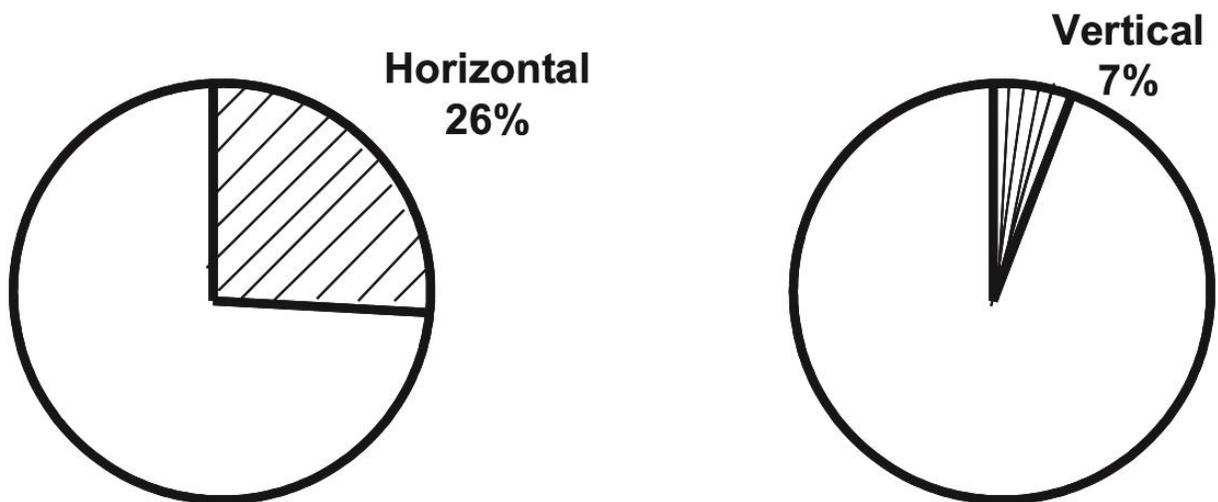
Cement Design : Class "H" + 2.5% CMAc + 0.2% Preventer
 Slurry Properties : 16.2 ppg Density 1.09 ft³/sk yield 4.39 gal/sk water
 Test results : API Thickening Time @ 180 Dag F: 3 hrs. 47 mins
 API Fluid Loss @ 180 dag. F: 46 cc
 API Free Water : Tracs



Gambar 47 Kualitas Semen Fungsi Waktu



Gambar 48 Profil Sumur



**6000'' True Vertical Depth
400'' Production
1400'' Horizontal**

Gambar 49 Kualitas Perlindungan Sumur *Horizontal & Vertikal*

	% Of Use	Application
Polymer	17%	Drilling/Horizontal
Conventional Gel: Water	29%	Drilling/Horizontal
Water / Polymer Sweeps	20%	Drilling/Horizontal
Sized Salt (Bridge – Sal)	22%	Horizontal
	12%	Horizontal

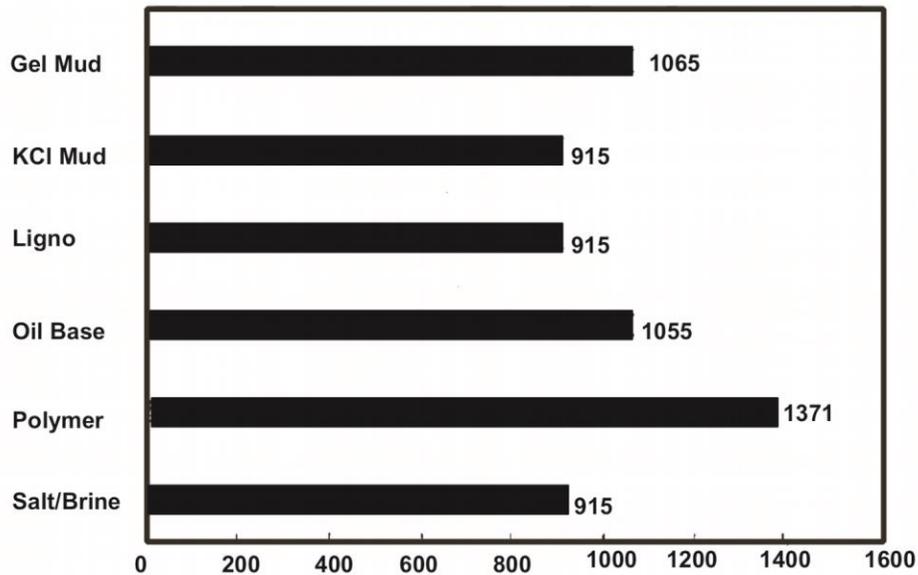
Tabel 1. Tipe Lumpur Yang digunakan

Mud Type	Reservoir Rock										
	C	C A	C H	KL	FS	LS	S	SI	S H	S S	US
Gel Mud	X									X	
KCl Mud										X	
Ligno	X										
Oil Base	X	X			X	X	X	X	X	X	
Polymer	X		X			X	X				X
Salt/Brine	X			X			X				X

Tabel 2. Reservoir Rock Abbreviations

C	: Carbonates	S	: Sand
:CA	: Calcite	SI	: Siltstone
CH	: Chalk	SH	: Sahale
KL	: Limestone	SS	: Sandstone
FS	: Fractured Sandstone	SS	: Unconsolidated Mud
LS	: Limestone		

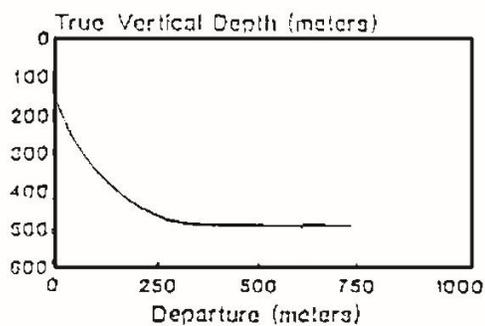
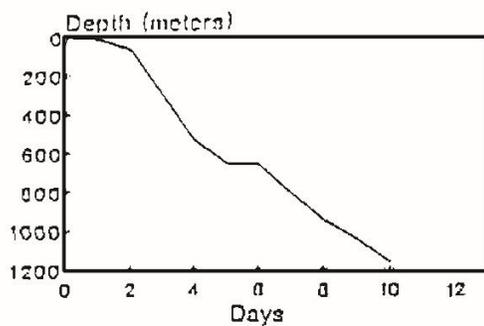
Tabel 3. Mud Types vs Reservoir Rock



Gambar 50 Mud Types vs Reservoir Length

Mud Type	Length Drilled in Reservoir					
	0 to 1000'	1000' To 2000'	2000' To 3000'	3000' To 3500'	3500' To 4000'	4000' To 4500'
Gel Mud	X	X		X		
KCl Mud		X	X			
Ligno	X	X	X			
Oil Base	X	X	X			
Polymer	X	X	X	X	X	X
Salt/Brine		X	X			

Tabel 4. Mud Types vs Reservoir Length



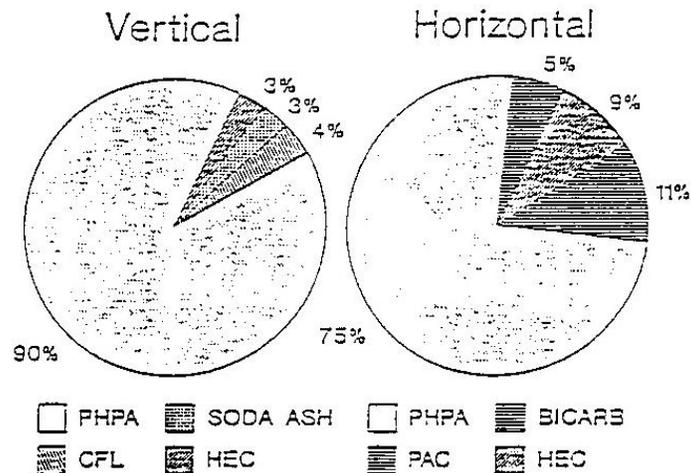
Vertical

- Rheology increases resulted in consideration of adding dispersant
- HEC requirements reduced due to active clays
- Mud rings which are common were not encountered in this interval
- A.V._{D.P.} = 30 to 35 m/min

Horizontal

- System was centrifuged and diluted prior to drilling horizontal
- Drilled cement - dumped contaminated system
- Increased PAC/HEC for rheology after removal/dilution of LGS
- A.V._{D.P.} = 65 to 71 m/min
- A.V._{D.C.} = 123 to 135 m/min

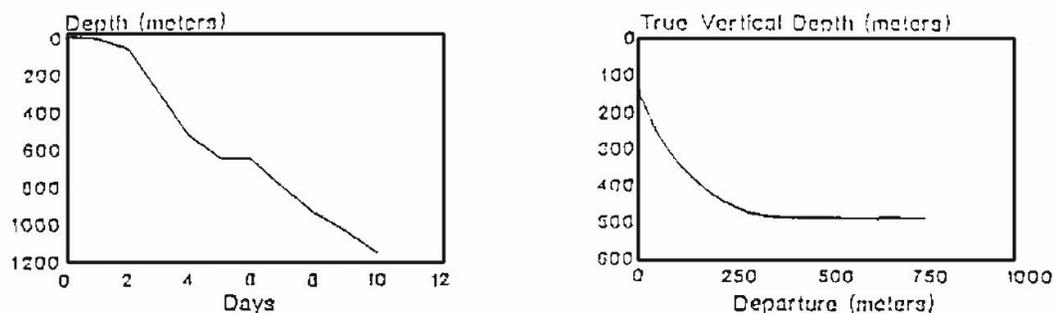
Gambar 51 Perbandingan antara Pemboran Horizontal vs Vertikal



Properties

	Vertical	Horizontal
Mud weight, kg/m ³	1090	1025
Y.P., Pa	6.5	7
I/10, Pa	2.5/6.5	2/6
Solids %	3.5	1.2
LGS, kg/m ³	95	32

Gambar 52 Beberapa Tipe Lumpur yang Dipakai pada Sumur 96-30



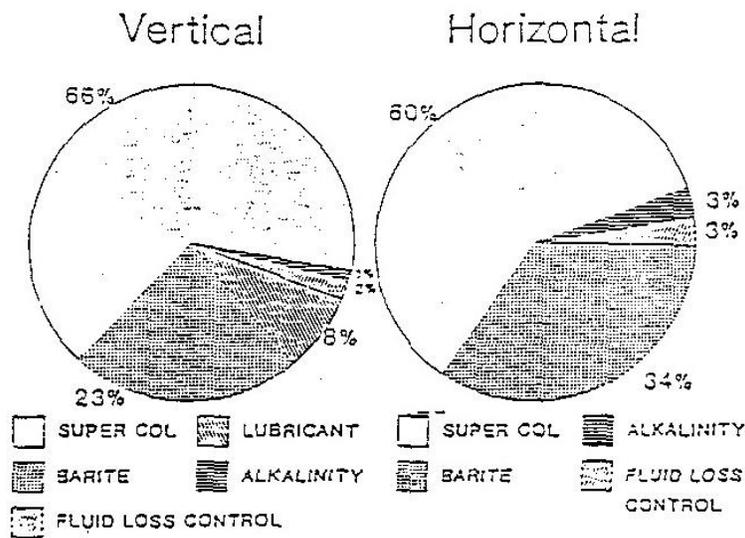
Vertical

- Rheology increases resulted in consideration of adding dispersant
- HEC requirements reduced due to active clays
- Mud rings which are common were not encountered in this interval
- A.V._{D.P.} = 30 to 35 m/min

Horizontal

- System was centrifuged and diluted prior to drilling horizontal
- Drilled cement - dumped contaminated system
- Increased PAC/HEC for rheology after removal/dilution of LGS
- A.V._{D.P.} = 65 to 71 m/min
- A.V._{D.C.} = 123 to 135 m/min

Gambar 53 Perbandingan Antara Pemboran Horizontal vs Vertikal



Properties

	Vertical	Horizontal
Mud weight, kg/m^3	1130	1090
Y.P., Pa	8.5	9.5
I/10, Pa	2/10	4/10
Solids %	8.0	6.0
LGS, kg/m	217	150

Gambar 54 Tipe Lumpur yang Dipakai pada Sumur di Gambar

7. Pemboran *Horizontal* Menggunakan *Coil Tubing*

7.1. Pengertian

Banyak operator saat ini menggunakan coiled tubing untuk pemboran, baik vertikal maupun *horizontal*. *Coiled tubing* dan peralatan *coiled tubing* telah mengalami peningkatan dalam kekuatan dan materialnya dalam tahun-tahun terakhir ini. Bentuk *coiled tubing* juga merupakan bentuk yang *efisien* sehingga menghemat biaya.

Pada pemboran *coiled tubing*, diperlukan *bottomhole assembly* yang panjang untuk memberi beban pada bit tanpa menyebabkan *buckling*. Titik netral ditempatkan di BHA agar *tubing* selalu dalam keadaan *tension*. Jika sudah terdapat sumur *vertikal*, untuk pemboran *horizontal* dilakukan operasi *milling window* pada *casing* (*sidetracking*). Pemboran *coiled tubing* dapat digunakan untuk membor dalam kondisi *underbalanced*., sehingga dapat meminimalkan

kerusakan formasi, menaikkan laju penetrasi (rate of penetration), dan menghilangkan *differential sticking*.

7.2. Batasan-batasan Pemboran *Coiled Tubing*

Pemboran *coiled tubing* mempunyai beberapa batasan-batasan teknis dalam operasionalnya. Batasan-batasan ini harus diperhatikan dalam perencanaan pemboran untuk mempertimbangkan penggunaannya di lapangan.

7.2.1. Batasan Berat Dan Ukuran

Ukuran dan berat peralatan *coiled tubing* ditentukan oleh material dan *yield strength*, sedangkan panjangnya dibatasi oleh ukuran *reel* dan batasan berat. Batasan ini harus dihitung berdasarkan kemampuan jalan raya untuk menahan beban atau batasan ruangan yang ada di *platform* untuk pemboran lepas pantai.

7.2.2. Batasan Mekanis

7.2.2.1. Sumur Vertikal.

Karena tension yang terjadi pada *coiled tubing*, batasan kedalaman bergantung pada densitas fluida pemboran, *yield strength* material, dan variasi ketebalan dinding *tubing*. Sumur diasumsikan penuh dengan lumpur; dan diperlukan tambahan beban jika melakukan operasi *fishing*. Dapat digunakan high-strength material atau *special tapered string* untuk pemboran yang lebih dalam. *Tapered string* terdiri dari *coiled tubing* dengan berbagai ketebalan dinding.

7.2.2.2. Sumur Miring.

Untuk menghitung gaya dalam tubing diperlukan *tubing forces* model. Saat *tubing* mengalami gaya kompresional, mula-mula akan terjadi bentuk *sinusoidal*. Setelah gaya meningkat akan menjadi bentuk *helical*, sehingga gaya gesek dengan dinding lubang me-ningkat. Jika gaya gesek meningkat sampai *tubing* terkunci di lubang akan terjadi *lock-up*. Pada kondisi ini tubing tidak dapat lagi didorong lebih jauh. Penambahan gaya di permukaan (*slack-off*) tidak akan menambah beban di dasar lubang. Panjang bagian *horizontal* yang dapat dibor dengan suatu WOB di dasar lubang disebut maximum *drainhole length*.

7.2.3. Batasan Torsional

Terdapat batasan torsi kerja maksimum yang dihitung dengan *Von Mises Theory*. Saat tubing diangkat, torsinya mendekati nol, sedangkan pada saat pemboran, torsinya akan maksimal. Torsi yang dapat menyebabkan motor rusak (*downhole motor-stall torque*) harus kurang dari torsi kerja maksimum. Pengaruh torsi saat pemboran pada helical *buckling* adalah minimal untuk *high-speed motor*.

7.2.4. Batasan Umur Coiled Tubing

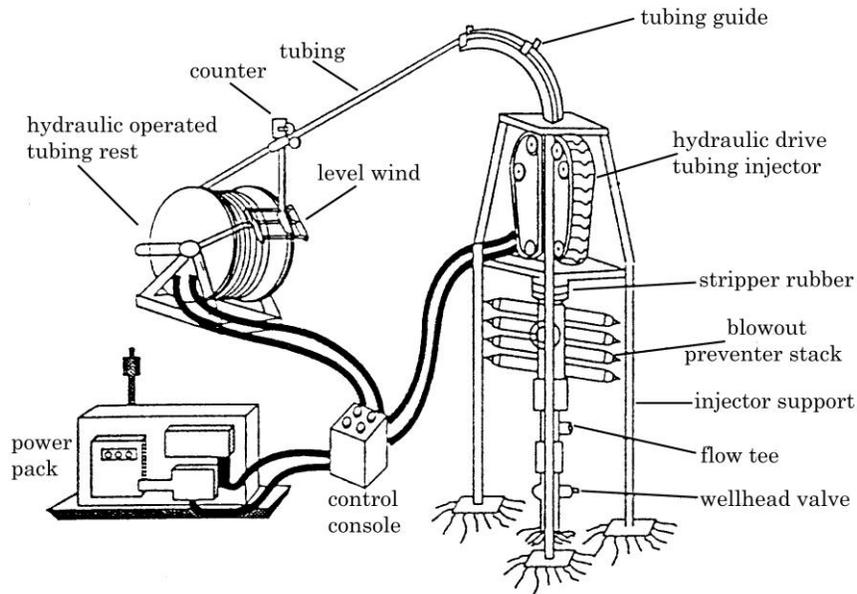
Yang menyebabkan meningkatnya kelelahan (*fatigue*) pada pemboran *coiled tubing* adalah digunakannya diameter *tubing* yang besar dan tekanan fluida pemboran yang kontinu. Parameter lain yang mempengaruhi umur tubing adalah: *geometri reel* dan *gooseneck*, tekanan pemompaan, *diameter*, ketebalan dinding dan material yang digunakan.

7.2.5. Batasan Hidrolika

Laju fluida pemboran harus cukup untuk membawa *cutting*. Transportasi *cutting* bergantung pada *rheology* fluida pemboran. Untuk pemboran *underbalanced*, kecepatan *slip* (*slip velocity*) dari *cutting* yang lebih besar dan kecepatan anulus haruslah dievaluasi. Pada pemboran *horizontal* digunakan persamaan kecepatan transportasi *cutting* untuk fluida *Newtonian*. Laju fluida pemboran juga dibatasi oleh penurunan tekanan yang melalui *tubing* dan kembali melalui *anulus*. Peningkatan penurunan tekanan (lebih dari 500 psi) akan meningkatkan densitas sehingga mengurangi laju penetrasi. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya *lost circulation*. Selain itu, *downhole motor* mempunyai laju maksimum yang seringkali membatasi laju fluida pemboran.

7.3. Komponen Coiled Tubing

Coiled tubing unit mempunyai komponen-komponen utama yang berbeda dengan rig konvensional. Komponen-komponen utama tersebut (Gambar 13.1) adalah *injector head*, *coiled tubing reel*, *blowout preventer stack*, *power pack*, dan *control console*.



Gambar 55 Komponen Coiled Tubing Unit

7.3.1. Tubing Injector Head

Tubing injector head (Gambar 13.2) didisain untuk melakukan fungsi sebagai berikut:

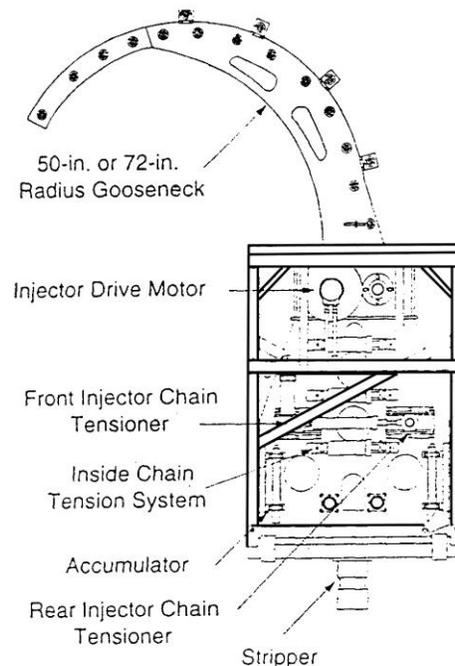
- Memberikan gaya tolak atau dorong untuk memasukkan *tubing* ke dalam sumur dengan melawan tekanan sumur dan untuk me-ngatasi gaya gesekan lubang sumur.
- Mengontrol laju masuknya tubing ke sumur pada berbagai kondisi sumur.
- Mendukung berat tubing yang sedang diam (*suspended*) dan mempercepat sampai ke kecepatan operasi saat mengeluarkan tubing dari sumur.

Terdapat dua buah rantai yang terpasang pada serangkaian blok pemegang. Rantai ini dipasang pada sisi *coiled* tubing sehingga *coiled* tubing berada pada bagian tengah. Sistem pemberi tension secara hidrolik (*hydraulic tensioning system*) akan memberikan gaya sehingga rantai dan blok ini bersama-sama memegang *coiled tubing*. Beban total pada *coiled tubing*, baik tension maupun *compression*, ditahan oleh blok ini.

Injector dilengkapi dengan *tubing guide*, yaitu suatu sistem roller melengkung yang digunakan untuk menerima tubing dari reel dan mengarahkan ke blok rantai. *Tubing guide* terdiri dari serangkaian roller yang dipasang 90° dengan radius yang hampir sama dengan tubing reel. Secara umum, *tubing guide* mempunyai jari-jari kelengkungan 60 - 72 in. untuk tubing 1 1/4 in. - 1 1/2 in. dan 84 in untuk tubing 1 3/4 - 2 in.

Pada dasar *injector head* terdapat *stripper rubber* yang merupakan peralatan kontrol sumur secara hidrolis. Peralatan ini mengisolasi tekanan anulus lubang terhadap tekanan atmosfer, sehingga memungkinkan tubing dijalankan pada sumur hidup. Tekanan kerja minimum *stripper rubber* adalah 5000 psig, dan umumnya didisain sampai tekanan 10000 psig.

Terdapat juga *load cell* yang dihubungkan dengan *control panel* untuk memonitor berat *tubing* dan gaya tarik (*pulling force*) yang dibutuhkan untuk mengangkat *tubing*. Pada *injector head* yang digunakan untuk pada tubing yang membawa *downhole tools* pada bagian ujungnya, biasanya digunakan *double acting load cell* yang juga mengukur beban pada *downhole tools*.



Gambar 56 Tubing Injector Head

7.3.2. Coiled Tubing Reel

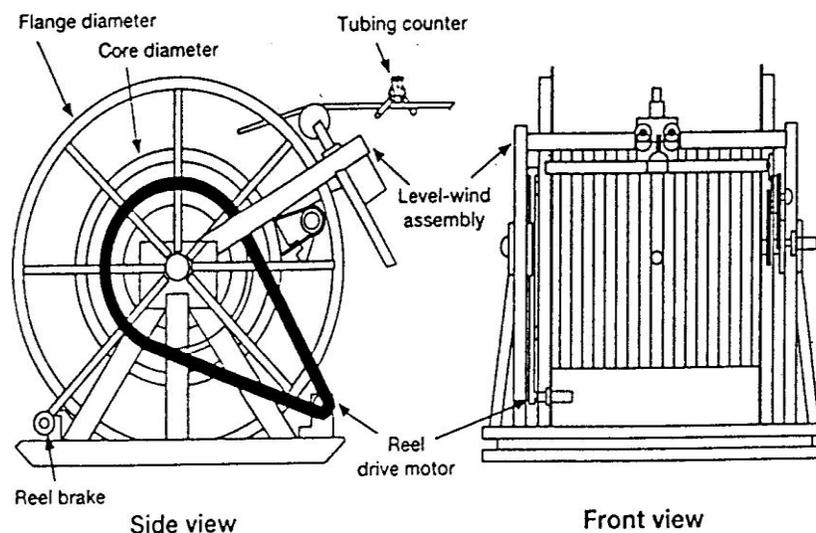
Fungsi utama *coiled tubing reel* adalah untuk menyimpan *tubing*. *Reel* juga berhubungan dengan peralatan yang mendukung operasi *coiled tubing*. *Reel* dibuat dari baja dengan diameter inti (*core*) 60-72 in dan diameter flange 9 ft. Pada reel ini dapat disimpan 26000 ft (1 in. tubing) atau 22000 ft (1 1/4 in. tubing). Bagian ujung akhir tubing dihubungkan melalui bagian kosong pada shaft reel ke rotating joint tekanan tinggi. Rotating joint ini dikunci pada stationary piping section, yang kemudian dihubungkan ke sistem pemompaan gas atau cairan, sehingga diperoleh pemompaan dan sirkulasi yang kontinu selama reel berputar. Sebuah

shutoff valve 10000 psig dipasang antara tubing dan reel shaft untuk mengisolasi tubing dari pompa permukaan pada saat darurat.

Beberapa *coiled tubing* digunakan untuk *service electric wireline*. *Wireline* dipasang di dalam *tubing* dan berhenti pada reel shaft. Hubungan elektrik diletakkan pada reel shaft yang berlawanan dengan *fluid rotating joint*.

Levelwind assembly digunakan untuk mengatur masuk dan keluarnya tubing dari reel. Tubing diarahkan dan diluruskan saat digulung atau ditarik dari reel. *Level wind assembly* merentang lebar gulungan dan dapat diangkat sampai ketinggian yang diinginkan. Di sini terdapat juga mekanisme penghitung panjang tubing.

Peralatan keselamatan yang dipasang pada reel adalah brake system. Fungsi utamanya adalah menghentikan rotasi reel jika tubing terpisah dari injector pada saat terjadi kecelakaan. Brake system tidak dilakukan secara mendadak, tetapi hanya memberikan tahanan dan memperlambat gerakan reel.



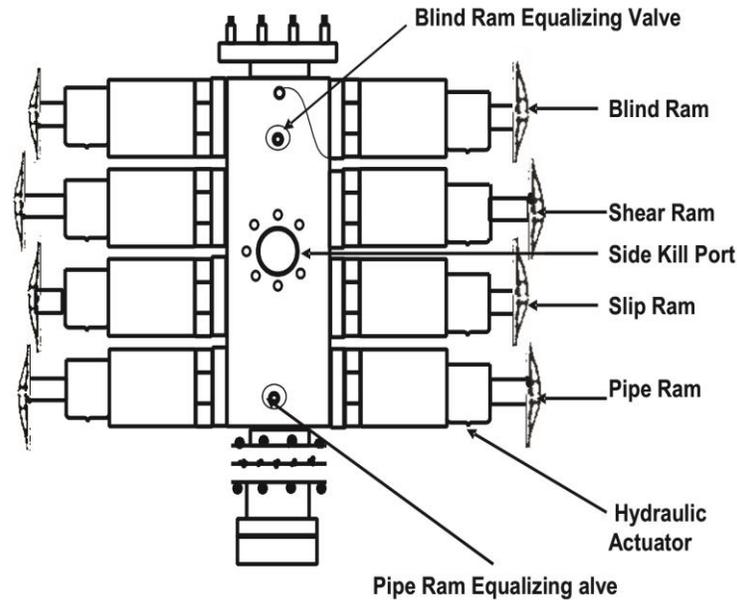
Gambar 57 Coiled Tubing Reel

7.3.3. Blowout Preventer Stack

Fungsi *blowout preventer* pada *coiled tubing* adalah sebagai alat pengaman *coiled tubing* dan mengisolasi tekanan lubang bor selama operasi, baik dalam keadaan normal maupun darurat. BOP mempunyai tekanan kerja minimum 10000 psig.

BOP pada *coiled tubing* sering disebut *quad BOP* karena terdiri dari 4 bagian. *Blind ram* digunakan untuk menutup saat tidak terdapat *coiled tubing* atau peralatan lain pada tubuh BOP. *Shear ram* digunakan untuk menutup dan memotong melalui *coiled tubing*. *Slip ram* digunakan

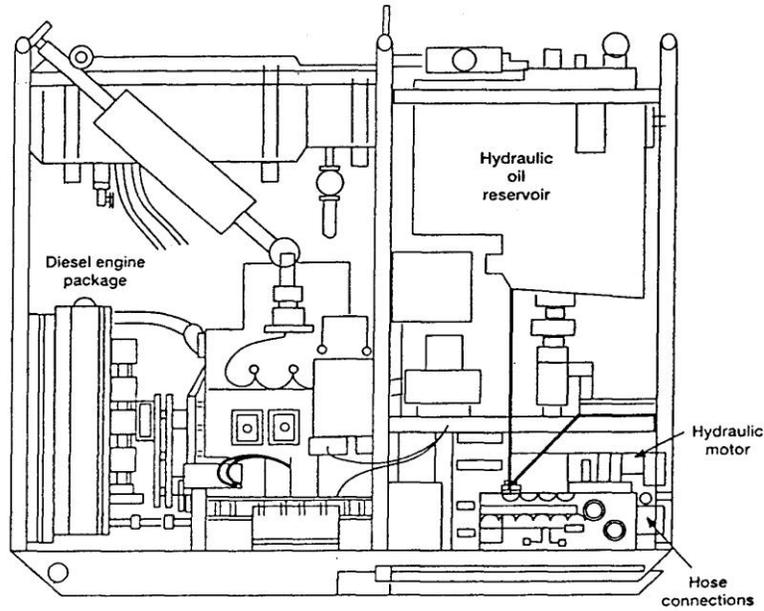
untuk menutup dan memegang tubing tanpa membahayakan bagian tubing yang di permukaan. Pipe ram digunakan untuk menutup sekeliling coiled tubing saat tubing ada di tempatnya. BOP dioperasikan secara hidrolis, meskipun ram dapat dijalankan secara manual untuk kondisi-kondisi tertentu. Sebelum ram diaktifkan, tubing harus dalam keadaan diam.



Gambar 58 Blowout Preventer Stack

7.3.4. Power Pack

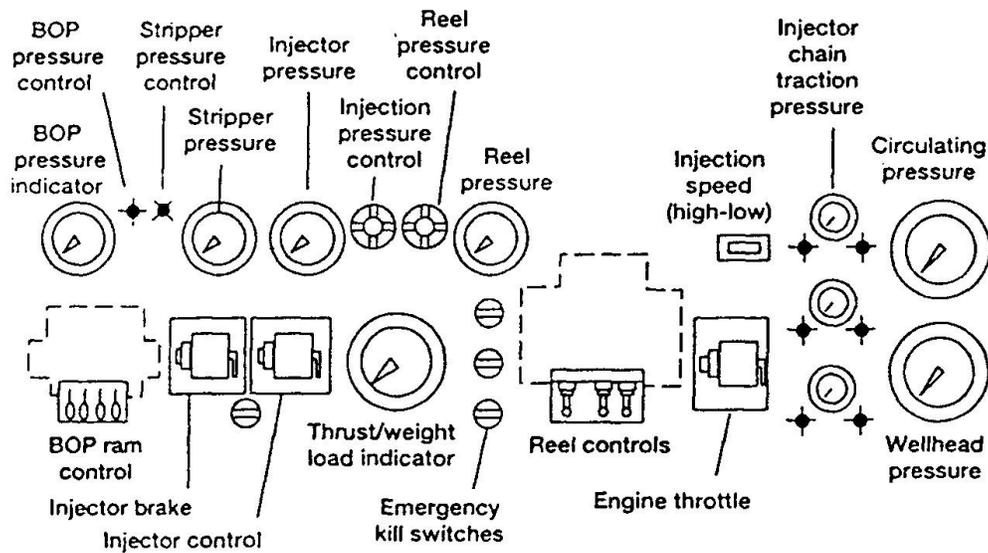
Power pack digunakan untuk memberikan tenaga hidrolis untuk mengoperasikan dan mengontrol coiled tubing unit dan pressure control. Untuk dapat berfungsi dengan baik pada berbagai kondisi, power pack didisain beroperasi dengan tidak tergantung pada peralatan luar atau persediaan udara. Standar penggerak utama (prime mover) adalah mesin diesel dan pompa hidrolis.



Gambar 59 Power Pack

13.3.5. Control Console

Control console dapat bervariasi untuk model dan jenis coiled tubing unit. Control console terdiri dari semua instrumen yang digunakan untuk me-ontrol operasi coiled tubing dari satu stasiun control. Contoh panel pada control console ditunjukkan pada Gambar 3.60



Gambar 60 Contoh Panel Control Console

7.3.5. Peralatan Pemboran Coiled Tubing

7.3.5.1. Peralatan Permukaan

a. Coiled Tubing Unit

Coiled Tubing Unit terdiri dari storage reel, coiled tubing injector head, hydraulic power supply dan injector control. Crane digunakan untuk memindahkan injector dari dan ke lubang, dan untuk mengatur Bottom Hole Assemblies (BHA). Penggunaan auto driller juga disarankan untuk pemboran coiled tubing. Auto driller adalah sistem kontrol electro-hydraulic yang menggunakan sinyal dari electric load cell atau alat lain sebagai umpan balik ke controller, yang kemudian akan memasukkan atau menarik injector. Peralatan ini membuat operator lebih mudah mengontrol daripada menggunakan injector konvensional, sehingga meminimalkan kerusakan motor lumpur (mud motor) dan meningkatkan laju penetrasi dengan mempertahankan kondisi pemboran yang optimum.

Harus disediakan platform atau substructure untuk memberikan tempat pada kru untuk bekerja secara aman pada saat menangani BHA dan menaikkan (rigging up) injector head. Struktur ini didisain untuk mampu menahan beban dari injector head selama operasi pemboran dan mencegah transfer bending moment dari injector head ke blowout preventer stack dan casing flanges.

b. Sistem Sirkulasi

Sistem sirkulasi pada pemboran coiled tubing adalah sama dengan pada pemboran konvensional. Sistem ini terdiri dari satu atau lebih tangki dengan shaker, desander, desilter atau centrifuges, dan pompa lumpur. Pengontrolan padatan diperlukan untuk mempertahankan densitas dan viskositas fluida pemboran. Pada daerah-daerah di mana diijinkan untuk membuat pit dari tanah, pemisahan gravitasi (gravity separation) dapat digunakan untuk mengontrol padatan. Sistem lumpur pada pemboran coiled tubing mempunyai kapasitas yang lebih sedikit daripada pemboran konvensional karena berkurangnya ukuran lubang. Pompa harus memiliki kapasitas tekanan dan laju alir yang cocok dengan persyaratan motor lumpur untuk mendapatkan hasil optimal. Persyaratan tekanan adalah 4000 sampai 5000 psi dan laju alir maksimal untuk pemboran coiled tubing adalah 170 gpm, tergantung pada ukuran motor, jet nozzle, kedalaman, ukuran coiled tubing, ukuran lubang dan rheologi fluida. Biasanya digunakan triplex pump dengan 500 hp, seperti yang digunakan untuk cementing dan acidizing.

c. Fluida pemboran

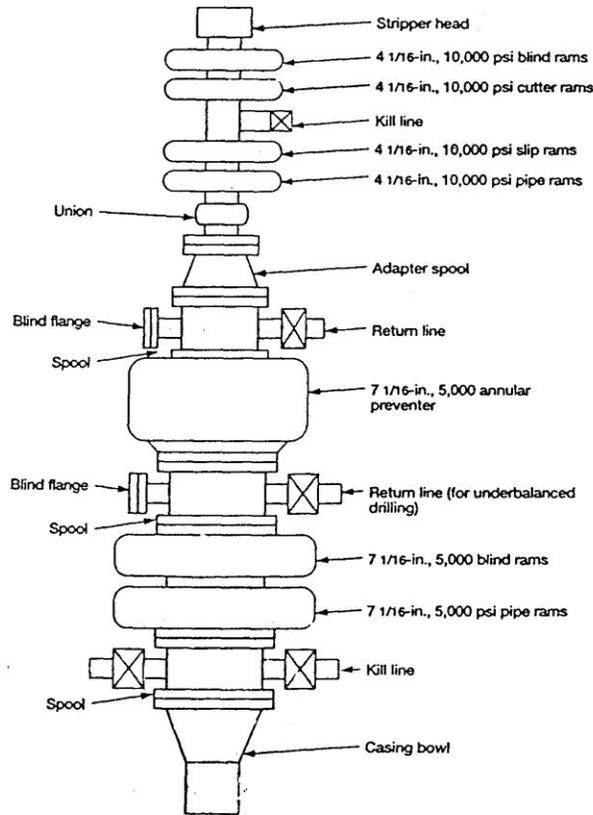
Fluida yang dapat digunakan adalah fluida yang cocok dengan karet yang digunakan pada stator mud motor. Saat memilih fluida pemboran untuk pemboran coiled tubing, maka pertimbangannya adalah untuk meminimalkan kehilangan tekanan karena gesekan, mempertahankan kapasitas membawa cutting di anulus dan meminimalkan kerusakan formasi. Fluida pemboran dapat dicampur dengan udara (aerated) untuk mengurangi tekanan hidrostatik dan meningkatkan kapasitas membawa cutting di anulus.

d. Sistem Kontrol Sumur

Pada pemboran konvensional yang overbalanced, tujuan utama kontrol sumur adalah mempertahankan tekanan hidrostatik pada lubang bor lebih besar daripada tekanan formasi dan BOP hanya akan ditutup jika terdapat kick. Pada operasi pemboran underbalanced, BOP adalah peralatan utama dalam kontrol sumur. Saat membor underbalanced, BOP akan ditutup dengan mengandung tekanan lubang bor dan mencegah aliran yang tak terkontrol dari lubang bor. Untuk itu maka dipasang dua set BOP, satu pada coiled tubing dan satu lagi pada bottom hole assembly.

BOP coiled tubing terdiri dari stripper head, blind ram, cutter ram, kill line spool dengan katup isolasi, slip ram, dan tubing ram. BOP untuk BHA terdiri dari annular preventer, blind ram, pipe ram, dan atau saat membor underbalanced. Return line akan menuju dual choke manifold dan drilling choke yang akan digunakan untuk mengontrol laju aliran fluida dari lubang bor. BOP coiled tubing dan BOP BHA digabungkan dengan hubungan flange atau hand union. Flanged tee dengan katup isolasi dapat dipasang di antara dua pasang preventer untuk mengarahkan ke sistem lumpur.

Separator gas/ cairan, flare stack, dan separator minyak/ air adalah downstream dari choke manifold dan drilling choke. Gas yang diproduksi dapat dibakar atau dikirim ke sistem pengumpul untuk dijual. Minyak yang diproduksi dapat dikapalkan dari penyimpanan yang terpisah di lokasi atau dipompakan ke sistem pengumpul.



Gambar 61 Konfigurasi BOP Stack Untuk Pemboran *Coiled Tubing*

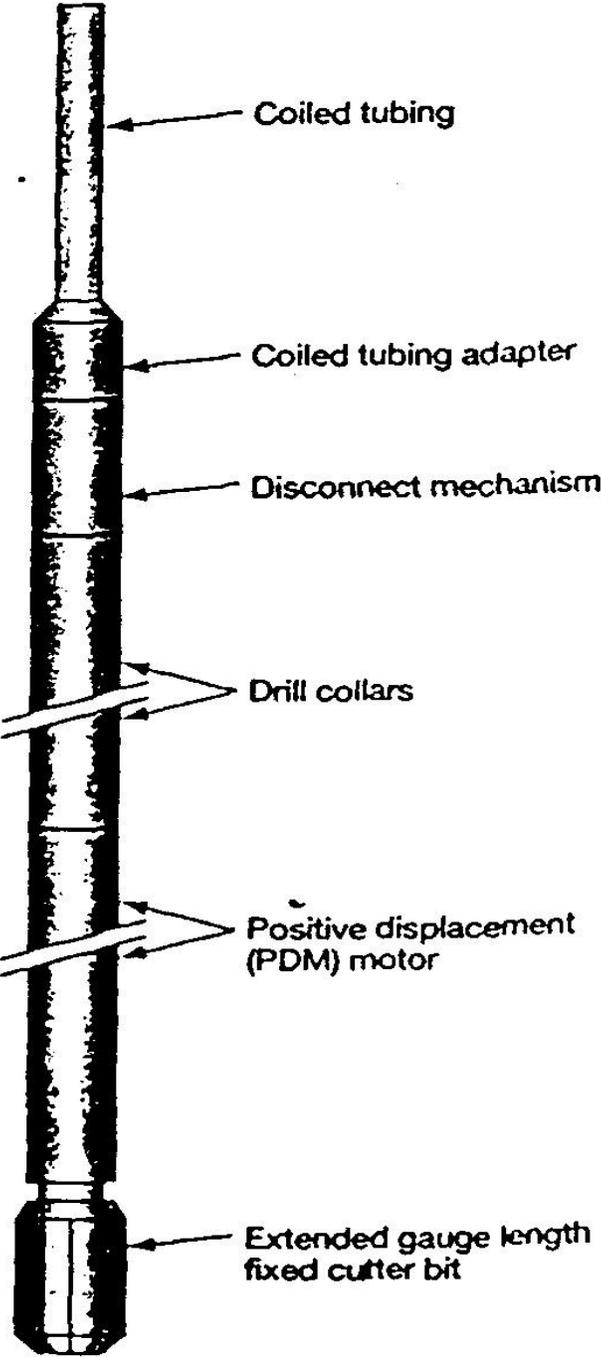
e. *Coiled Tubing*

Coiled tubing yang cocok untuk pemboran adalah yang berdiameter besar. Biasanya digunakan *coiled tubing* berdiameter lebih dari 1.75 in. (2.375 in atau lebih) karena mempunyai hidrolika yang lebih baik, ketahanan terhadap torsi reaktif yang ditimbulkan oleh *downhole motor* dan mampu memberikan beban untuk penetrasi yang lebih dalam pada sumur horizontal. *Coiled tubing* dapat dioperasikan secara kontinu dengan kecepatan tinggi, bahkan pada sumur yang hidup. Karena *coiled tubing* mempunyai *outside diameter* yang konstan, kehilangan tekanan di *annulus* akan berkurang. *Wireline*, baik single atau multi konduktor, dapat dipasang di dalam *coiled tubing string*. Ini menyebabkan *steering tool* dan *electric orienting tool* dapat dipasang dan bagian sumur horizontal dapat dilakukan *logging* setelah pemboran.

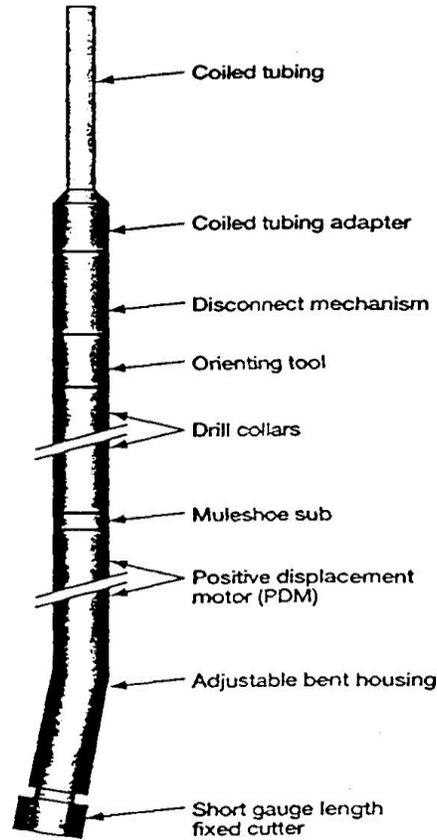
7.3.6. *Bottomhole Assemblies*

Coiled tubing tidak dapat diputar, sehingga pemborannya merupakan "*sliding drilling*". Haruslah digunakan BHA yang berbeda untuk membor lubang lurus dan bagian pertambahan sudut. BHA

untuk penahan sudut (*angle holding*) ditunjukkan oleh Gambar 3.62 dan pembentuk sudut (*angle building*)



Gambar 62 BHA Untuk *Angle Holding*



Gambar 63 BHA Untuk *Angle Building*

Disain susunan untuk *directional drilling* bergantung pada *build rate* yang diinginkan. Untuk *build rate* 20o/100 ft atau lebih digunakan double bend BHA menggunakan *bent housing* dan *bent sub* yang diletakkan di atas drilling motor. Untuk BUR yang lebih kecil digunakan *single bend*, menggunakan *bent sub* atau *bent housing* saja. Dapat juga digunakan *clamp* atau *integral blade stabilizer* jika diperlukan. Semua BHA untuk *coiled tubing* harus didisain secara cermat untuk menjamin tersedianya beban yang cukup sampai ke bit.

Sistem survey untuk *directional* dan *horizontal drilling* diperlukan untuk menentukan posisi relatif lubang bor terhadap koordinat sumbu. Sistem yang umum digunakan adalah sistem *steering tool* atau MWD karena memberikan informasi tentang inklinasi dan azimuth secara tepat. *Muleshoe sub* diletakkan di atas motor lumpur dan digunakan untuk meluruskan pengukuran sumbu alat survey dengan bend (tool face) pada BHA. Tidak digunakan *single* atau *multi-shot photographic survey* karena BHA harus dikeluarkan untuk setiap survey.

7.3.6. Peralatan Bawah Lubang

a. *Drill Bit*

Bit harus sanggup mencapai laju penetrasi yang diinginkan dengan beban bit yang sedikit dan kecepatan rotasi yang tinggi. Untuk aplikasi *directional*, harus dipilih bit dengan torsi yang kecil untuk meminimalkan komplikasi torsi reaktif. Untuk membor bagian lurus pada sumur vertikal atau lateral sering digunakan bit PDC. Karena persyaratan torsi rendah, digunakan TSD (*thermally stable diamond*) untuk membor bagian pertambahan sudut (*build curve*). Bit dengan gauge pendek dan *fixed cutter* akan membentuk sudut lebih mudah daripada *gauge* yang panjang. *Gauge* panjang dan *fixed cutter* akan menahan sudut lebih baik daripada *gauge* pendek.

Dapat juga digunakan *rolling cutter bit*, tetapi dengan laju penetrasi yang lebih rendah. *Rolling cutter* harus dilengkapi dengan seal and bearing yang cocok untuk kecepatan rotasional dari motor. PDC bit baik digunakan untuk formasi sedang sampai lunak. TSD atau natural diamond baik untuk formasi keras.

Coring dapat dilakukan dengan menggunakan *core barrel* berdiameter kecil, dengan tube *single*, *double* atau *triple* seperti yang digunakan untuk eksplorasi mineral atau penyelidikan geologi.

b. *Positive Displacement Motor*

Motor ini digunakan untuk memutar bit. Jenis motor yang umum digunakan adalah *high speed low torque*, *medium speed medium torque*, dan *low speed high torque*. Diameter motor bervariasi dari 2.375 sampai 6.5 in. Motor *high speed low torque* digunakan dengan bit TSD atau *bit natural diamond*. Motor *medium speed medium torque* digunakan untuk bit PDC. Mud motor dapat dilengkapi dengan *bent housing*, *stabilizer*, dan *deflection pads*.

c. *Drill Collars*

Drill collar digunakan untuk memberikan beban pada bit dan menambah kekuatan *bottomhole assembly* saat menghadapi kompresi. Jika menggunakan sistem steering atau MWD, maka diperlukan *non magnetic drill collar* untuk mencegah interferensi dengan peralatan-peralatan lain. *Drill collar* harus memiliki inside diameter cukup besar untuk memasukkan peralatan *steering* dan MWD dan untuk meminimalkan penurunan tekanan.

d. *Coiled Tubing Adapter*

Coiled tubing adapter digunakan untuk menghubungkan *coiled tubing* dengan *bottomhole assembly*. Dalam pemboran, adapter ini juga digunakan untuk menahan

torsi yang ditimbulkan oleh mud motor. Kerusakan adapter mengakibatkan kehilangan kontrol pada arah lubang dan berputarnya (*twisting off*) *bottomhole assembly*. Adapter juga digunakan untuk mengatasi getaran dan percepatan selama pemboran. Karena itu *tensile strength* adapter harus lebih besar daripada *tensile strength coiled tubing*.

e. Mekanisme Pemutus (*Disconnect Mechanism*)

Mekanisme pemutus digunakan untuk memutuskan hubungan *coiled tubing* dari *bottomhole assembly* pada saat bit atau drillcollar mengalami stuck. Mekanisme pemutus dapat berupa *pressure release* atau *shear release*. *Pressure release* memutuskan hubungan dengan memompakan bola melalui *coiled tubing*. Bola ini akan berada pada disconnect tool sehingga *coiled tubing* akan tertekan. Tekanan ini mengakibatkan pin yang menahan kedua alat ini terpisah. *Shear release* dilakukan dengan menarik *coiled tubing* sampai suatu tension tertentu sehingga memisahkan pin yang menahan *coiled tubing* dan *bottomhole assembly*. Setelah *coiled tubing* terlepas, dapat digunakan *fishing tool* untuk mengambil *bottomhole assembly*.

f. Orienting Tools

Orienting tool digunakan untuk mengubah *orientasi toolface* untuk mengontrol arah lubang. *Orienting tool* dapat dijalankan dengan *mechanical reciprocation*, *pressure cycling*, *torque from motor*, atau kombinasi dari gaya-gaya tersebut. Setelah *toolface* disesuaikan dengan orientasi yang dikehendaki maka orienting tool dikunci dengan menggunakan perbedaan tekanan sepanjang *bottomhole assembly*.

7.4. Keuntungan Dan Kerugian Pemboran *Coiled Tubing*

Keuntungan pemboran *coiled tubing* adalah :

- Membor secara *underbalanced coiled tubing* tidak memiliki *tool joint* sehingga dapat digunakan untuk membore *underbalanced* dengan resiko minimal. Tekanan sumur dapat dikendalikan dengan tetap memasukkan atau menarik *coiled tubing*. Lubang tidak perlu dimatikan setiap kali dilakukan trip. Keuntungan dari hal ini adalah mengurangi kerusakan formasi dan meningkatkan laju penetrasi. Kerusakan formasi dikurangi karena tidak ada invasi padatan pemboran dan filtrat lumpur. Laju penetrasi ditingkatkan karena tekanan hidrostatik pada dasar lubang berkurang. Pengurangan tekanan ini mengakibatkan penurunan tegangan-tegangan yang bekerja pada batuan. Akibatnya kekuatan batuan berkurang dan mengurangi kemampuan batuan untuk menahan gaya memotong dari bit.

- Mengurangi trip time. Selain pada *bottomhole assembly*, tidak ada sambungan (connections) untuk melakukan make up atau *break out* selama *tripping*, sehingga kecepatan tripping dapat mencapai 75 fpm. Kemampuan untuk melakukan sirkulasi selama *tripping* mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk *cleanout trip*, *reaming*, dan *mud conditioning* sebelum melakukan *coring* dan *logging*. Hal ini juga mengurangi waktu untuk mempertahankan kondisi lubang.
- Sirkulasi yang kontinu Sirkulasi kontinu dapat dilakukan karena *coiled tubing* tidak mempunyai sambungan. Fluida dalam fasa gas, seperti *nitrogen* dan udara, dapat disirkulasikan untuk mempertahankan kondisi *underbalanced*.
- Penggunaan tempat yang lebih sempit Peralatan *coiled tubing* unit adalah lebih sedikit daripada rig konvensional. Hal ini berakibat berkurangnya dampak pada lingkungan dan konstruksinya juga lebih sederhana. Daerah yang diperlukan untuk melakukan pemboran *coiled tubing* adalah sekitar 50% dari daerah yang diperlukan untuk pemboran konvensional.

Kerugian pemboran *coiled tubing* adalah :

- Memerlukan bantuan rig konvensional untuk persiapan sumur dan pemasangan *production casing* dan *liner* yang panjang *coiled tubing* unit tidak dapat melakukan operasi-operasi seperti melepas *production packer* atau menarik *production tubing* untuk persiapan pemboran *re-entry*, sehingga memerlukan bantuan rig konvensional. Selain itu *coiled tubing* hanya digunakan untuk *liner* yang pendek.
- Lubang bor lebih kecil. Pemboran *re-entry* dapat dilakukan pada *casing* berukuran 4 1/2 in, sedangkan diameter lubang maksimum yang dapat dibor adalah 8 in. Diameter *coiled tubing* yang digunakan adalah 2 3/8 atau 3 1/2 in.
- Kedalaman lubang yang dibor lebih dangkal. Hal ini disebabkan karena keterbatasan berat dan ukuran trailer yang digunakan untuk membawa reel. Reel hanya dapat membawa 12000 ft *coiled tubing* berdiameter 2.875 in.
- Umur *coiled tubing* lebih pendek Umur *coiled tubing* dapat berkurang karena bahan kimia, erosi, abrasi, dan penyusutan dinding karena beban tensile yang terlalu besar. Umur *coiled tubing* dapat dimaksimalkan dengan cara: tidak menggunakan material yang korosif, meminimalkan kandungan padatan dalam lumpur, mengurangi seringnya tubing melalui guide arch dan *injector head*, dan mendisain BHA untuk meminimalkan beban yang diberikan di permukaan.

7.5. Aplikasi Pemboran Coiled Tubing

Pemboran *coiled tubing* sangat potensial untuk diaplikasikan pada :

- Horizontal re-entries* dari sumur vertikal yang sudah ada untuk meningkatkan produktivitas sumur dan mencapai perolehan maksimum.
- Horizontal re-entries* dari sumur vertikal yang sudah ada untuk mengurangi water atau gas coning.
- Horizontal re-entries* dari sumur vertikal yang sudah ada untuk membentuk lagi pola pengurasan (drainage pattern) dari aliran radial ke linier pada proyek-proyek waterflood dan EOR.
- Horizontal re-entries* dari sumur vertikal yang sudah ada untuk tujuan eksplorasi dan evaluasi formasi.
- Directional re-entries* dari sumur vertikal yang sudah ada untuk mencapai reservoir yang heterogen.
- Memperdalam sumur vertikal yang sudah ada.
- Memperpanjang sumur horizontal yang sudah ada.
- Pemboran re-entry pada sumur horizontal untuk mengubah penempatan lubang bor pada reservoir.
- Pemboran vertikal pada dan di bawah *zona lost circulation*.
- Untuk sumur-sumur slimhol, baik eksplorasi maupun produksi.

Pemboran *coiled tubing* dapat digunakan bersama-sama dengan pemboran konvensional. Rig konvensional digunakan untuk membor sebagian besar sumur dan *coiled tubing* unit digunakan pada tahap penyelesaian sumur. Aplikasi yang umum dilakukan adalah:

- Pemboran pada atau di bawah *zona lost circulation*.
- Pemboran untuk coring.
- Pemboran underbalanced pada pay zone.

7.6. Perhitungan Tertekuknya Coiled Tubing

7.6.6. Kecenderungan Buckling

Saat lubang bor menjadi semakin miring dan *horizontal*, maka analisa mengenai gaya menjadi kompleks. Beban aksial kompresif (compressive axial load) yang diberikan pada *coiled tubing* dapat menghasilkan dua macam jenis tertekuknya pipa (buckling), yaitu *sinusoidal buckling* dan

helical buckling. Sinusoidal buckling adalah bentuk pertama dari tertekuknya *coiled tubing* pada lubang bor, sedangkan *helical buckling* terjadi setelah *sinusoidal buckling*.

Sinusoidal buckling terjadi jika beban yang diberikan melebihi beban *sinusoidal buckling* (*sinusoidal buckling load*). Terdapat beberapa hal yang perlu diketahui pada saat terjadi *sinusoidal buckling*. Bentuk sinusoidal hanya terjadi pada bagian *coiled tubing* dimana beban aksialnya melebihi *sinusoidal buckling load*, sedangkan bagian *coiled tubing* lainnya masih tetap dalam keadaan lurus. *Sinusoidal buckling* tidak membahayakan pipa dan mempunyai perioda berbentuk gelombang sinus yang sangat panjang jika dibandingkan dengan *amplitudonya*. Gaya-gaya yang bekerja pada saat *sinusoidal buckling* masih berada dalam batas elastik dari *coiled tubing*. Tempat mulainya *sinusoidal buckling* bukanlah batas dapatnya pipa didorong lebih jauh ke dalam lubang.

Jika pemberian beban terus dilakukan, maka suatu saat akan melebihi beban *helical buckling* (*helical buckling load*) sehingga terjadilah *helical buckling*. Bentuk heliks hanya terjadi pada bagian *coiled tubing* dimana beban aksialnya melebihi *helical buckling load*. *Helical buckling* juga tidak membahayakan pipa. Bentuk heliks akan berganti arah untuk suatu perioda yang lebih pendek daripada sinusoidal buckling. *Helical buckling* menyebabkan tambahan gaya kontak antara *coiled tubing* dengan dinding lubang bor, mengakibatkan peningkatan gaya gesekan. Tempat mulainya *helical buckling* bukanlah batas dapatnya pipa didorong lebih jauh ke dalam lubang.

Setelah terjadi *helical buckling*, beban yang diperlukan untuk mendorong *coiled tubing* untuk masuk ke bagian horizontal meningkat dengan drastis, sampai suatu saat *coiled tubing* tidak dapat didorong lagi meskipun diberikan tambahan beban di permukaan (*slack off*). Keadaan semacam ini disebut terkunci (*lock up*). Pada banyak kasus, tidak terjadi sesuatu yang membahayakan pipa pada saat terjadi *lock up*. Hanya pada suatu kasus tertentu, yaitu apabila beban yang diberikan melebihi *ultimate strength* dari *coiled tubing*, maka *coiled tubing* dapat putus. *Lock up* adalah batas penetrasi *coiled tubing* pada sumur horizontal.

7.6.7. Buckling Load Pada Sumur Horizontal

Sumur horizontal mempunyai karakteristik khusus karena memiliki tiga bagian utama. Bagian-bagian tersebut adalah bagian lubang vertikal, bagian pertambahan sudut (*build curve*), dan bagian lubang horizontal. Masing-masing bagian mempunyai kondisi yang berbeda dalam penentuan kondisi buckling untuk pemboran *coiled tubing*. *Coiled tubing* dapat tertekuk pada bagian-bagian di atas, tetapi beban aksial kompresif yang menyebabkan terjadinya buckling adalah berbeda untuk setiap bagian.

7.6.7.1. Pada Lubang Horizontal

Pada lubang horizontal, mula-mula beban aksial kompresif me-ningkat secara linier. Hal ini terjadi karena berat coiled tubing memberikan gaya seretan (drag) pada dasar lubang. Saat beban aksial kompresif yang diberikan melebihi critical sinusoidal buckling load, maka terjadilah sinusoidal buckling. Semakin lama beban yang diberikan semakin bertambah sampai akhirnya mencapai helical buckling load. Setelah ini maka beban aksial kompresif meningkat secara tidak linier. Peningkatan yang drastis ini disebabkan adanya tambahan gaya kontak antara lubang bor dan bagian tubing yang tertekuk secara helical.

Pada lubang horizontal, coiled tubing mengalami kompresi akibat berat bit/ beban packer dan gaya gesekan. Menurut Dawson dan Pasley³⁾, coiled tubing akan mengalami sinusoidal buckling jika beban aksial kompresif melebihi critical sinusoidal buckling load (F_{cr})

$$F_{cr} = 2 \left(\frac{EIW_e}{r} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(13.1)$$

di mana

F_{cr} = sinusoidal buckling load lubang horizontal (lb)

E = Modulus Young (psi)

I = momen inersia (in^4)

W_e = berat tubing dalam lumpur (lb/ft)

r = radial clearance (in)

Persamaan sinusoidal buckling load yang lebih umum yang dapat berlaku untuk lubang miring (termasuk lubang horizontal) dapat dituliskan sebagai:

$$F_{cr} = 2 \left(\frac{EIW_e \sin \theta}{r} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(13.2)$$

di mana

θ = sudut kemiringan (derajat)

Coiled tubing akan mengalami helical buckling jika beban aksial kompresif terus meningkat sampai melebihi helical buckling load. Terdapat dua persamaan untuk menentukan helical buckling load. Wu et.al.¹⁵⁾ menuliskan helical buckling load untuk sumur horizontal sebagai:

$$F_{hel} = 2 \left(2 * 2^{0.5} - 1 \right) \left(\frac{EIW_e}{r} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(13.3)$$

di mana

F_{hel} = helical buckling load lubang horizontal (lb)

Persamaan helical buckling load yang lebih umum yang dapat berlaku untuk lubang miring (termasuk lubang horizontal) dapat dituliskan sebagai:

$$F_{hel} = 2 \left(2 * 2^{0.5} - 1 \right) \left(\frac{EIW_e \sin \theta}{r} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(13.4)$$

Dari persamaan di atas diketahui bahwa besarnya helical buckling load adalah kurang lebih 1.8 kali lebih besar daripada sinusoidal buckling load. Besarnya helical buckling load ini adalah beban pada saat terbentuknya helical buckling yang lengkap.

Selain persamaan di atas, Chen et.al(2) menurunkan persamaan helical buckling load untuk sumur horizontal sebagai:

$$F_{hel} = 2 \left(\frac{8 EIW_e}{r} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(13.5)$$

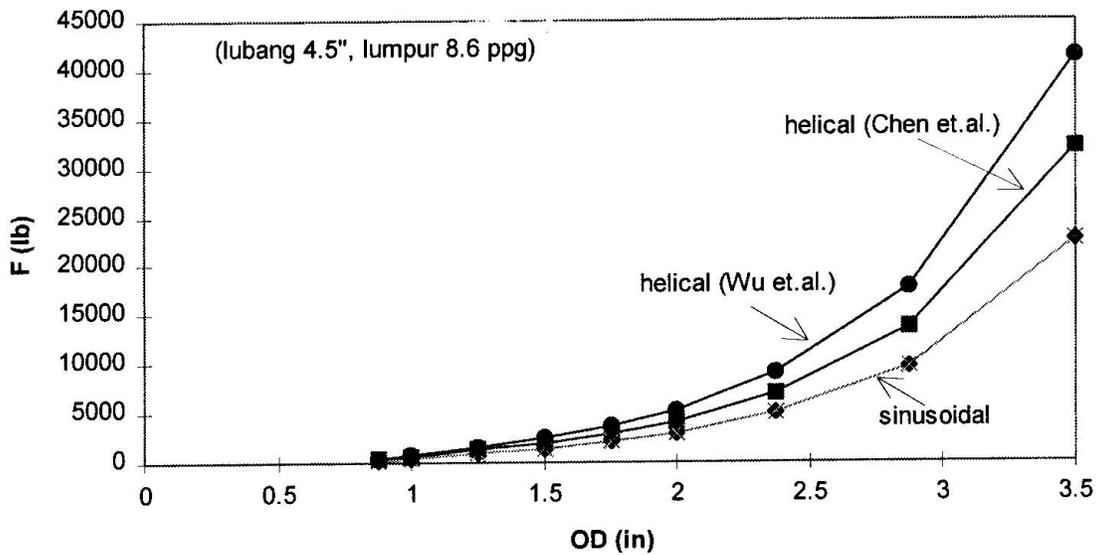
Besarnya helical buckling load adalah 1.4 kali lebih besar daripada sinusoidal buckling load. Beban ini adalah beban aksial kompresif rata-rata dari onset sinusoidal buckling sampai terbentuknya helical buckling yang lengkap.

Tabel table nanti memberikan perhitungan sinusoidal buckling load dan helical buckling load dengan menggunakan rumus di atas untuk lubang horizontal 4.5 in. pada berbagai jenis ukuran coiled tubing, sedangkan Tabel 2 untuk lubang horizontal 6 in. Dengan bertambahnya diameter coiled tubing, maka buckling load (baik sinusoidal maupun helical) akan meningkat karena ketahanan coiled tubing semakin meningkat. Helical buckling load selalu lebih besar daripada sinusoidal buckling load. Peningkatan buckling load yang cukup tajam terlihat pada coiled tubing yang berukuran lebih dari 2.375 in. Dari Gambar ditunjukkan bahwa ukuran lubang yang lebih besar akan memberikan helical buckling load yang lebih kecil. Hal ini berarti bahwa coiled tubing lebih mudah tertekuk pada lubang 6 in. Untuk coiled tubing berdiameter lebih dari 2.375 in., peningkatan helical buckling load lubang 6 in. juga tidak setajam pada lubang 4.5 in.

Tabel 5. Buckling Load Untuk Lubang Horizontal 4.5 in

Dimensi			Berat W	Sinusoidal	Helical	
OD	WT	ID		Dawson-Pasley Fcr	Wu et.al. Fhel	Chen et al Fhel
(in)	(in)	(in)	(lb/ft)	(lb)	(lb)	(lb)
0.875	0.087	0.701	0.737	245	447	346
1	0.109	0.782	1.037	398	727	563
1.25	0.156	0.938	1.840	897	1641	1269
1.5	0.156	1.188	2.245	1400	2560	1980
1.75	0.156	1.438	2.660	2052	3752	2902
2	0.156	1.688	3.072	2874	5256	4065
2.375	0.175	2.025	4.112	4977	9099	7038
2.875	0.203	2.469	5.793	9735	17800	13768
3.5	0.250	3.000	8.678	22613	41346	31979

**Buckling Load
Lubang Horizontal**



Gambar 64 Buckling Load Untuk Lubang Horizontal 4.5 in

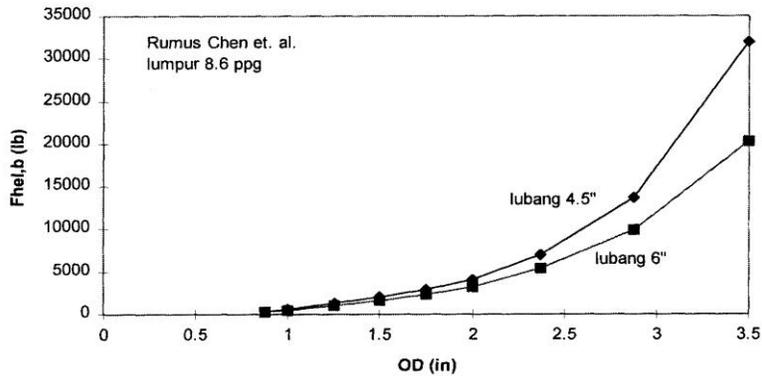
Tabel 6. Buckling Load untuk Lubang Horizontal 6 in.

Dimensi			Berat	Sinusoidal	Helical	
OD	WT	ID	W	Dawson-Pasley	Wu et.al.	Chen et al
				Fcr	Fhel	Fhel
(in)	(in)	(in)	(lb/ft)	(lb)	(lb)	(lb)
0.875	0.087	0.701	0.737	206	376	291
1	0.109	0.782	1.037	333	609	471
1.25	0.156	0.938	1.840	742	1357	1050
1.5	0.156	1.188	2.245	1143	2090	1617
1.75	0.156	1.438	2.660	1651	3018	2335
2	0.156	1.688	3.072	2272	4155	3214
2.375	0.175	2.025	4.112	3810	6967	5389
2.875	0.203	2.469	5.793	7020	12836	9928
3.5	0.250	3.000	8.678	14302	26149	20225

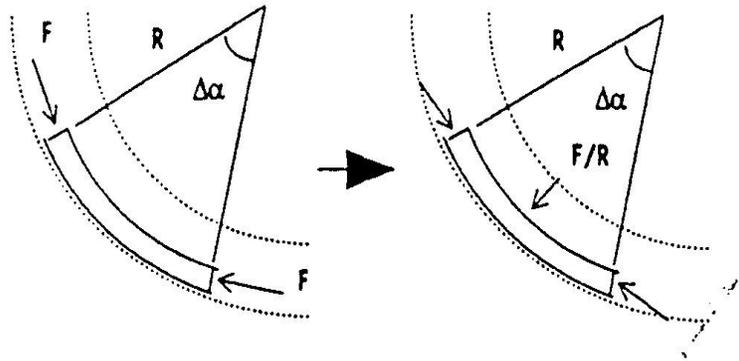
7.6.7.2. Pada Bagian Pertambahan Sudut

Pada bagian pertambahan sudut, coiled tubing mengalami kompresi karena didorong melawan bagian bawah lubang bor (lower side atau outer curve side). Coiled tubing pada bagian pertambahan sudut tidak mudah mengalami buckling. Hal ini disebabkan adanya dua efek yang hanya terjadi pada bagian ini. Pertama, komponen lateral dari beban aksial kompresif akan memberikan gaya lateral F/R yang terdistribusi sepanjang bagian pertambahan sudut. Gaya ini akan mendorong coiled tubing melawan sisi luar kurva. Kedua, bentuk kurva bagian pertambahan sudut juga mempengaruhi terjadinya buckling. Sisi luar kurva merupakan bagian yang lebih panjang daripada sisi dalam kurva. Akibatnya coiled tubing lebih sukar mengalami buckling karena harus terjadi dari sisi luar kurva ke sisi dalam kurva yang berbeda panjangnya. Diperlukan gaya yang sangat besar untuk mengkompensasi perbedaan panjang ini.

**Helical Buckling Load
Lubang Horizontal**



Gambar 65 Helical Buckling Load untuk Lubang Horizontal 4.5in & 6 in.



Gambar 66 Gaya yang bekerja pada Bagian Pertambahan Sudut 15°

Buckling load pada bagian pertambahan sudut diteliti oleh Jiang Wu15). Persamaan untuk sinusoidal buckling load dapat dituliskan sebagai:

$$F_{cr} = [4EI/(rR)] \{1 + [1 + rR^2W_e \sin q/(4EI)]^{0.5}\} \dots\dots (24-6)$$

di mana

F_{cr} = sinusoidal buckling load untuk pertambahan sudut (lb)

R = radius kelengkungan kurva (in)

Persamaan untuk helical buckling load dapat dituliskan sebagai :

$$F_{hel} = [12EI/(rR)] \{1 + [1 + rR^2W_e \sin q/(8EI)]^{0.5}\} \dots\dots (24-7)$$

di mana

F_{hel} = helical buckling load untuk bagian pertambahan sudut, lb

Hasil perhitungan buckling load dengan menggunakan persamaan di atas ditunjukkan oleh Tabel 8 untuk lubang 4.5 in. dengan BUR 8°/100 ft, Tabel 9 untuk lubang 4.5 in., BUR 15 °/100

ft, Tabel 4.5 untuk lubang 6 in., BUR 8°/100 ft, dan semuanya menggunakan 2.375 in. OD coiled tubing. Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan untuk coiled tubing 1.75 in. pada lubang 4.5 in. dengan BUR 8°/100 ft.

Tabel 7. Buckling Load pada 2.375 in.CT, lubang 4.5 in., BUR 8°/100 ft

Dimensi			Berat	Momen Inersia	Sudut	Sinusoidal	Helical
OD	WT	ID	W	I	derajat	Fcr	Fhel
(in)	(in)	(in)	(lb/ft)	(in ⁴)	(°)	(lb)	(lb)
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	0	232326	696978
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	10	232344	697006
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	20	232362	697033
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	30	232379	697058
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	40	232394	697081
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	50	232408	697100
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	60	232418	697116
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	70	232426	697128
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	80	232431	697135
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	90	232433	697138

Tabel 8. Buckling Load pada 2.375 in.CT, lubang 4.5 in., BUR 15°/100 ft

Dimensi			Berat	Momen Inersia	Sudut	Sinusoidal	Helical
OD	WT	ID	W	I	derajat	Fcr	Fhel
(in)	(in)	(in)	(lb/ft)	(in ⁴)	(°)	(lb)	(lb)
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	0	435611	1306834
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	10	435621	1306848
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	20	435631	1306863
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	30	435640	1306876
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	40	435648	1306888
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	50	435655	1306899
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	60	435660	1306907
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	70	435665	1306914
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	80	435667	1306918
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	90	435668	1306919

Tabel 9. Buckling Load pada 2.375 in.CT, lubang 6 in., BUR 8 °/100 ft

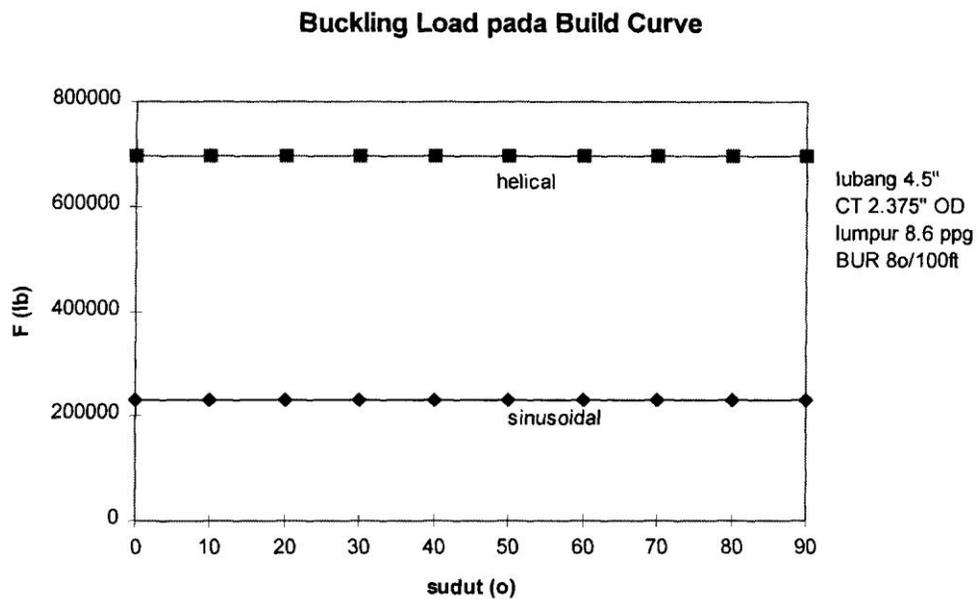
Dimensi			Berat	Momen Inersia	Sudut	Sinusoidal	Helical
OD	WT	ID	W	I	derajat	Fcr	Fhel
(in)	(in)	(in)	(lb/ft)	(in ⁴)	(°)	(lb)	(lb)
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	0	136191	408573
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	10	136210	408601
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	20	136228	408628
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	30	136244	408653
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	40	136260	408676
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	50	136273	408696
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	60	136283	408712
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	70	136291	408723
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	80	136296	408731
2.375	0.175	2.025	4.112	0.737	90	136298	408733

Tabel 10 Buckling Load pada 1.75 in.CT, lubang 4.5 in., BUR 8 °/100 ft

Dimensi			Berat	Momen Inersia	Sudut	Sinusoidal	Helical
OD	WT	ID	W	I	derajat	Fcr	Fhel
(in)	(in)	(in)	(lb/ft)	(in ⁴)	(°)	(lb)	(lb)
1.75	0.156	1.438	2.660	0.251	0	61067	183202
1.75	0.156	1.438	2.660	0.251	10	61079	183220
1.75	0.156	1.438	2.660	0.251	20	61091	183237
1.75	0.156	1.438	2.660	0.251	30	61102	183253
1.75	0.156	1.438	2.660	0.251	40	61112	183268
1.75	0.156	1.438	2.660	0.251	50	61120	183281
1.75	0.156	1.438	2.660	0.251	60	61127	183291
1.75	0.156	1.438	2.660	0.251	70	61132	183299
1.75	0.156	1.438	2.660	0.251	80	61135	183303
1.75	0.156	1.438	2.660	0.251	90	61136	183305

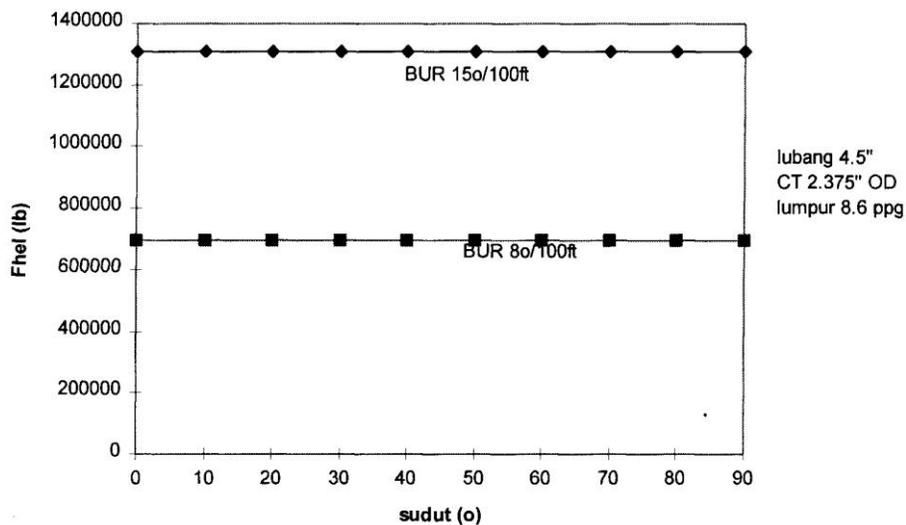
Secara umum, besarnya helical buckling load adalah kurang lebih 3 kali lebih besar daripada sinusoidal buckling load. Buckling load (sinusoidal maupun helical) hanya sedikit meningkat dengan pe-ningkatan sudut kemiringan. Pertambahan build up rate akan meningkatkan helical

buckling load. Hal ini terjadi karena radius kelengkungannya semakin pendek sehingga beban yang diperlukan untuk menyebabkan coiled tubing tertekuk juga meningkat. Pada lubang yang semakin besar, helical buckling load semakin mengecil dan coiled tubing lebih mudah tertekuk. Coiled tubing berdiameter lebih besar mempunyai helical buckling load yang lebih besar. Buckling load pada bagian pertambahan sudut adalah lebih besar daripada buckling load pada bagian lurus, baik lubang vertikal maupun horizontal. Karena buckling load yang besar inilah maka coiled tubing tidak akan tertekuk pada bagian pertambahan sudut.



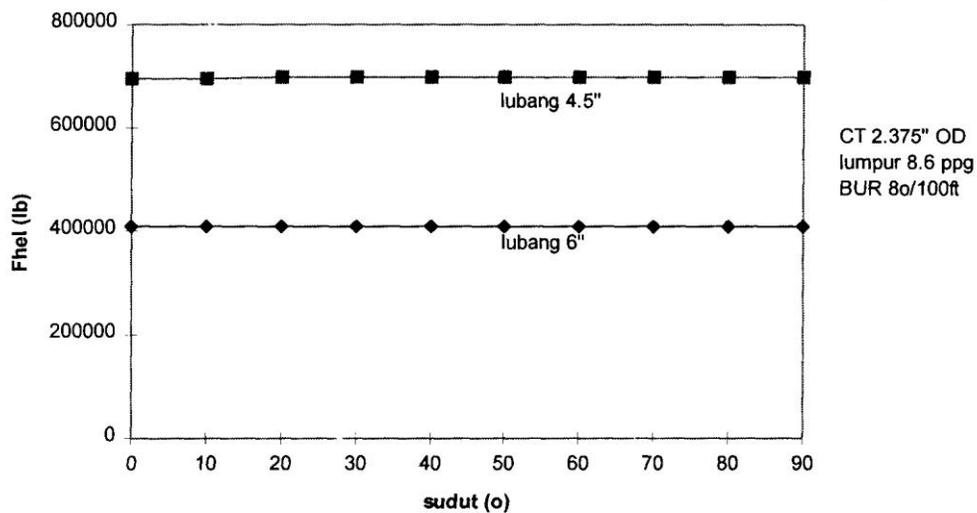
Gambar 67. Buckling Load pada Build Curve

Helical Buckling Load pada Build Curve

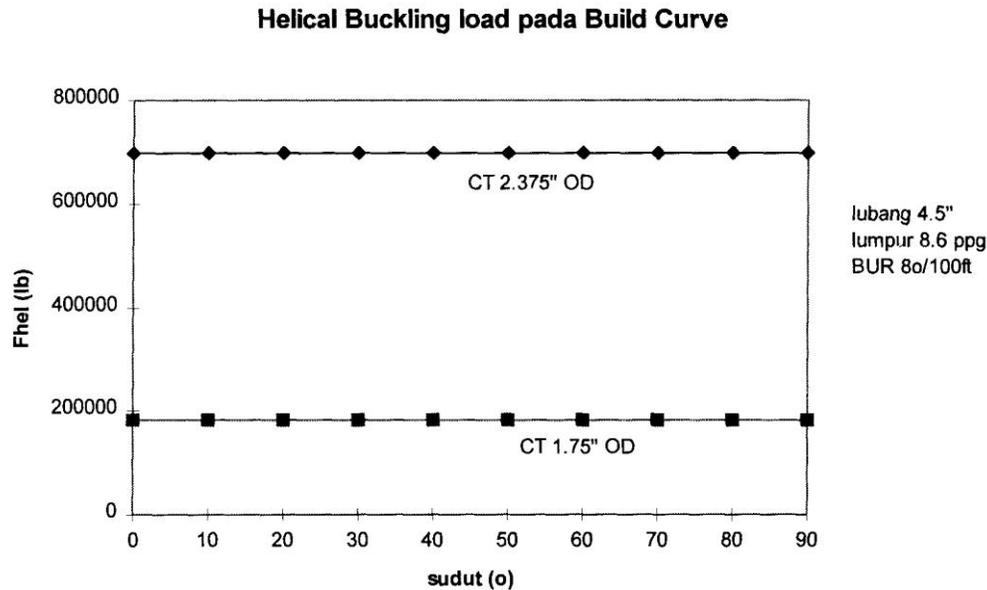


Gambar 68. Helical Buckling Load pada Build Curve

Helical Buckling Load pada Build Curve



Gambar 69. Helical Buckling Load pada Build Curve



Gambar 70. Helical Buckling Load pada Build Curve

13.7.2.3. Pada Lubang Vertikal

Pada lubang vertikal, coiled tubing akan mengalami buckling saat diberikan beban di permukaan (slack off) ke bagian dasar coiled tubing. Pemberian berat dilakukan untuk memberikan beban, baik berat bit (bit weight) atau beban packer (packer load), yang digunakan untuk mendorong coiled tubing pada bagian horizontal.

Besarnya sinusoidal buckling load didapatkan dari Lubinski dan dari Jiang Wu dengan analisa energi. Keduanya menurunkan persamaan untuk terjadinya sinusoidal buckling pada bagian bawah tubing pada lubang vertikal. Menurut Lubinski persamaan sinusoidal buckling load adalah :

$$F_{cr,b} = 1.94 (EIWe^2)^{1/3} \dots\dots\dots(13.8)$$

di mana

$F_{cr,b}$ = sinusoidal buckling load untuk lubang vertikal (lb)

sedangkan menurut Jiang Wu :

$$F_{cr,b} = 2.55 (EIWe^2)^{1/3} \dots\dots\dots(13.9)$$

Kedua persamaan ini mempunyai format yang sama, tetapi analisa energi memberikan harga sinusoidal buckling load yang 31% lebih besar daripada Lubinski. Perbedaan kedua persamaan ini tidaklah terlalu berarti untuk operasi coiled tubing.

Besarnya helical buckling load dapat ditentukan dengan analisa energi yang mempertimbangkan berat coiled tubing 15). Persamaannya dapat dituliskan sebagai:

$$F_{hel,b} = 5.55 (EIWe^2)^{1/3} \dots\dots\dots(10)$$

di mana

$F_{hel,b}$ = helical buckling load untuk lubang vertical (lb)

Besarnya helical buckling load adalah kurang lebih 2.2 kali lebih besar daripada sinusoidal buckling load. Persamaan ini berlaku untuk terjadinya helical buckling pada bagian bawah tubing pada lubang vertikal dan memprediksikan terjadinya satu pitch helical buckling. Bagian atas coiled tubing berada dalam keadaan tension dan tetap lurus. Semakin lama jumlah bagian coiled tubing yang tertekuk secara helical (pitch) semakin meningkat karena pemberian beban dari permukaan semakin bertambah. Jika terdapat lebih dari satu pitch, maka persamaan di atas berlaku untuk pitch paling puncak (top helical pitch).

Selain persamaan helical buckling load pada bagian bawah coiled tubing, terdapat juga persamaan untuk menentukan helical buckling load pada bagian puncak dari coiled tubing yang tertekuk (bagian ujung top helical pitch). Besarnya beban dapat diperoleh dengan mengurangkan helical buckling load dengan berat dari satu pitch coiled tubing. Persamaannya dituliskan sebagai:

$$F_{hel,t} = 5.55 (EIWe^2)^{1/3} - We L_{p,hel} \dots\dots\dots(13.11)$$

di mana

$F_{hel,t}$ = helical buckling load untuk lubang vertikal pada puncak helical buckling (lb)

$L_{p,hel}$ = panjang satu pitch helical buckling, in

Panjang satu pitch helical buckling adalah :

$$L_{p,hel} = \left(\frac{16 p^2 WEI}{We} \right)^{1/3} \dots\dots\dots(13.12)$$

sehingga

$$F_{hel,t} = 0.14 (EIWe^2)^{1/3} \dots\dots\dots(13.13)$$

Hasil perhitungan buckling load dengan menggunakan persamaan di atas untuk lubang vertikal 4.5 in. ditunjukkan oleh Tabel.

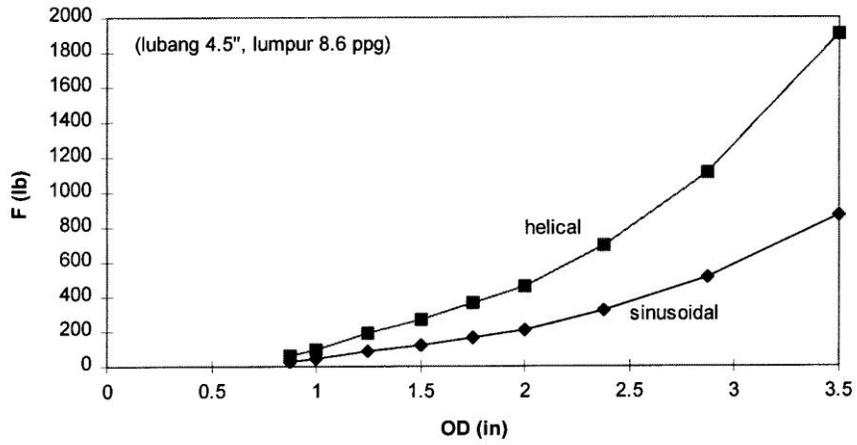
Tabel 11. Buckling Load pada Lubang Vertikal

Dimensi			Berat	Sinusoidal		Helical	
OD	WT	ID	W	Jiang Wu	Lubinski	Jiang Wu	Jiang Wu
				Fcr,b	Fcr,b	Fhel,b	Fhel,t
(in)	(in)	(in)	(lb/ft)	(lb)	(lb)	(lb)	(lb)
0.875	0.087	0.701	0.737	29	22	63	2
1	0.109	0.782	1.037	44	34	96	2
1.25	0.156	0.938	1.840	90	68	195	5
1.5	0.156	1.188	2.245	126	96	273	7
1.75	0.156	1.438	2.660	167	127	363	9
2	0.156	1.688	3.072	212	161	461	12
2.375	0.175	2.025	4.112	319	243	694	18
2.875	0.203	2.469	5.793	512	389	1113	28
3.5	0.250	3.000	8.678	873	664	1901	48

Coiled tubing mudah sekali mengalami buckling pada lubang vertikal karena mempunyai sinusoidal dan helical buckling load yang kecil. Jika dibandingkan dengan lubang horizontal, helical buckling load untuk lubang vertikal bahkan lebih kecil daripada sinusoidal buckling load untuk lubang horizontal. Sinusoidal buckling load menurut Lubinski dan analisa energi, dan selanjutnya helical buckling load

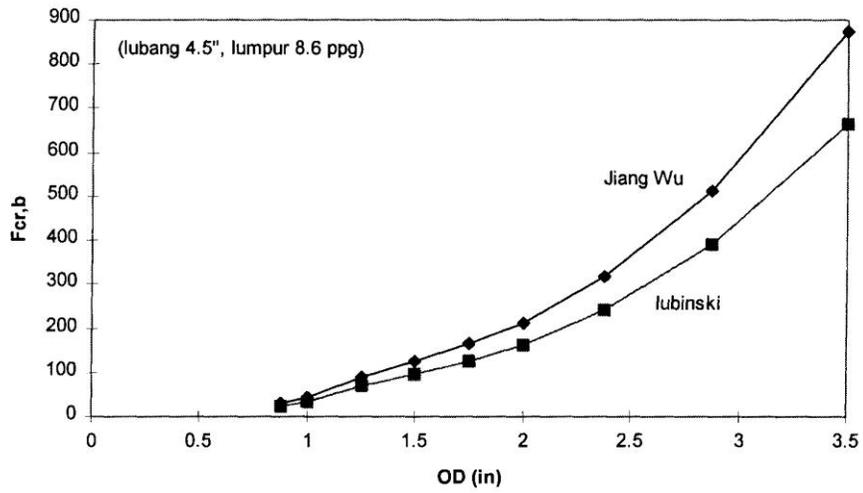
Nilai top helical buckling load kecil sekali dan mendekati nol. Titik ini diasumsikan sebagai titik netral (neutral point) dengan anggapan bahwa titik netral selalu berada pada bagian puncak bagian yang mengalami buckling. Titik netral mempunyai beban aksial kompresif nol dan asumsi ini dapat berlaku untuk helical buckling. Tetapi pada sinusoidal buckling, titik netral berada jauh di bawah dari puncak bagian yang mengalami buckling. menunjukkan skema terjadinya helical buckling saat diberikan beban di permukaan.

**Buckling Load
Lubang Vertikal**

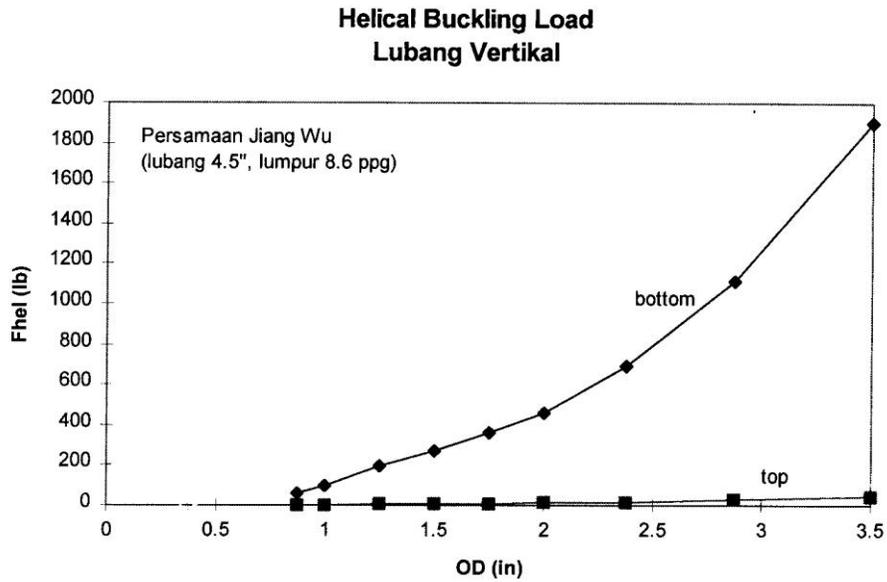


Gambar 71 Buckling Load untuk Lubang Vertikal

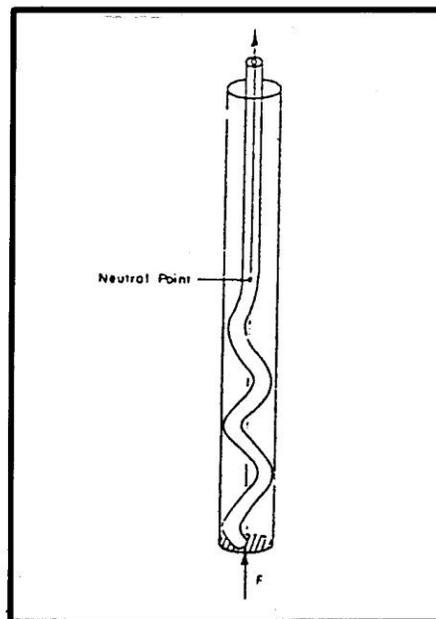
**Sinusoidal Buckling Load
Lubang Vertikal**



Gambar 72. Sinusoidal Buckling Load untuk Lubang Vertikal



Gambar 73. Helical Buckling Load untuk Lubang Vertikal



Gambar 74. Skema Helical Buckling pada Lubang Vertikal

7.6.8. Distribusi Beban Aksial

Distribusi beban aksial pada coiled tubing, baik pada bagian yang tertekuk maupun tidak tertekuk, perlu dipelajari untuk mengetahui beberapa hal. Pertama, untuk mengetahui tambahan gaya gesekan yang ditimbulkan. Kedua, untuk memprediksikan berat bit pada saat pemboran

atau beban packer pada saat memasang packer. Ketiga, untuk mengetahui panjang maksimum bagian horizontal yang dapat dicapai sebelum coiled tubing terkunci (lock up).

7.7.3.1. Pada Lubang Horizontal

Jika coiled tubing tidak mengalami buckling sepanjang lubang horizontal, maka beban aksialnya akan meningkat secara linier. Hal ini disebabkan karena adanya gaya gesekan akibat seretan (drag) yang ditimbulkan oleh berat coiled tubing. Persamaan distribusi beban aksialnya adalah:

$$F(x) = F_0 + m W_e x \dots\dots\dots (13.14)$$

di mana,

- $F(x)$ = beban aksial kompresif pada jarak x (lb)
- F_0 = beban aksial kompresif pada titik pengukuran (lb)
- m = koefisien gesekan
- W_e = berat tubing dalam lumpur (lb/ft)
- x = jarak pengukuran (ft)

Perhitungan x adalah koordinat sepanjang sumbu lubang horizontal yang diukur dari bagian ujung akhir coiled tubing. F_0 adalah beban aksial pada saat permulaan ($x=0$). Sinusoidal buckling hanya memberikan tambahan gaya gesekan yang sangat kecil, sehingga diabaikan dalam perhitungan.

Setelah coiled tubing mengalami helical buckling, gaya gesekan mulai diperhitungkan. Gaya gesekan terjadi karena adanya tambahan gaya kontak yang ditimbulkan oleh lubang bor dengan coiled tubing sebesar:

$$N = \frac{r F^2}{(AEI)} \dots\dots\dots (13.15)$$

di mana,

- N = gaya kontak terhadap dinding lubang (lb)
- F = beban kompresi aksial (lb)

Tambahan gaya kontak ini meningkat dengan laju kuadrat dari beban aksial dan menimbulkan gaya gesekan yang sangat besar. Distribusi beban aksial menjadi tidak linier dan dihitung dengan:

$$F(x) = 2 (EIW_e/r)^{0.5} \tan (mx [r W_e/(4EI)]^{0.5} + \arctan \{F_0 [r/(4EIW_e)]^{0.5} \}) \dots\dots\dots (13.16)$$

di mana x sekarang dihitung dari bagian coiled tubing yang tertekuk secara helical.

Jika bagian coiled tubing yang mengalami helical buckling panjang sekali, maka kenaikan beban aksial kompresif ini dapat menjadi besar sekali sampai tak terbatas. Pada saat ini, coiled

tubing tidak dapat didorong lebih jauh lagi ke lubang horizontal dan berat bit/ beban packer juga tidak dapat dinaikkan dengan melakukan pemberian beban di permukaan. Kondisi coiled tubing terkunci (lock up) ini terjadi apabila (15) :

$$\frac{1}{2} \times [rWe/(4EI)]^{0.5} + \arctan \{Fo[r/(4EIWe)]^{0.5}\} = p/2 \dots\dots\dots(13.17)$$

7.7.3.2. Pada Bagian Pertambahan Sudut

Coiled tubing biasanya tidak mengalami buckling pada bagian pertambahan sudut sehingga tidak ada tambahan gaya gesekan akibat helical buckling. Hubungan antara beban aksial kompresif pada titik belok pertama (kick off point) dengan pada titik akhir kurva (end of curve) adalah:

$$FKOP = [FEOC - We R (1 - m^2)/(1 + m^2)] \exp/2 + We R (2m)/(1 + m^2) \dots\dots(13.18)$$

di mana

FKOP = beban aksial kompresif pada kick off point (lb)

FEOC = beban aksial kompresif pada end of curve (lb)

R = radius kelengkungan kurva (ft)

We = berat tubing dalam Lumpur (lb/FT)

m = koefisien gesekan

Persamaan di atas dapat dituliskan sebagai:

$$FEOC = [FKOP - We R (2m)/(1 + m^2)] e^{-mp/2} + We R (1 - m^2)/(1 + m^2) \quad (13.19)$$

7.7.3.3. Pada Lubang Vertikal

Jika tidak terjadi helical buckling, maka pada lubang vertikal tidak terjadi seretan (drag) dan besarnya beban aksial kompresif adalah:

$$F(x) = Fo - We x \dots\dots\dots(13.20)$$

di mana

F(x) = beban aksial kompresif pada jarak x (lb)

Fo = beban aksial kompresif pada titik pertama perhitungan (lb)

x = jarak pengukuran (ft)

We = berat tubing dalam lumpur (lb/ft)

di mana x diukur sepanjang sumbu lubang bor dan naik ke atas.

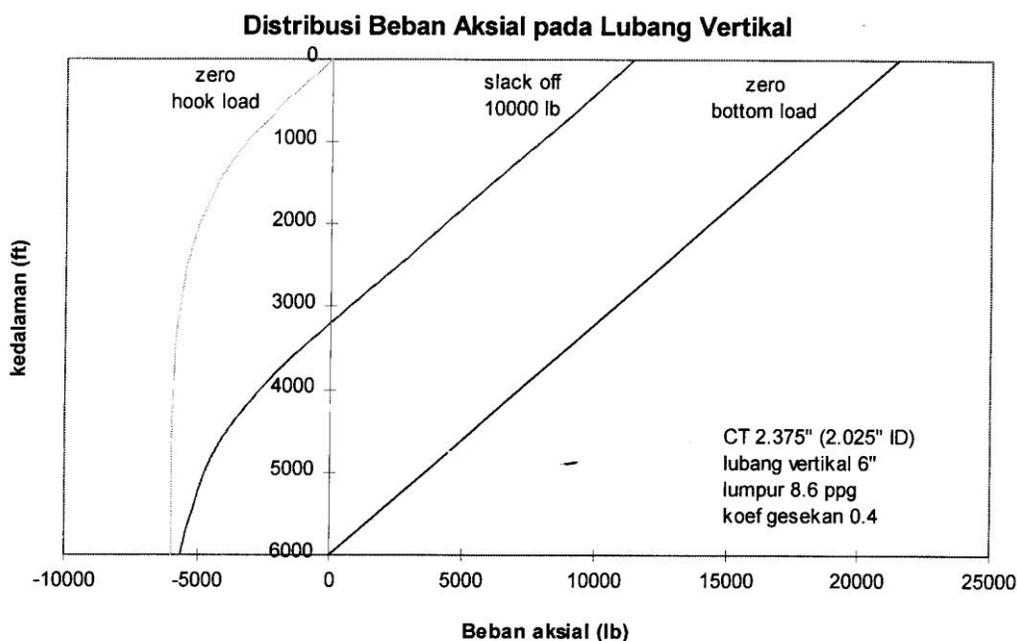
Pada saat terjadi helical buckling, beban aksial menjadi non linier akibat adanya gaya gesekan dari helical buckling. Persamaan beban aksialnya adalah:

$$F(x) = 2 [EI We/(mr)]^{0.5} \tan h(-x [m r We/(4EI)]^{0.5} + \arctan h$$

$$\{F_o[m r/(4EIWe)]^{0.5}\} \dots \dots \dots (13.21)$$

di mana x diukur dari bagian coiled tubing yang mengalami helical buckling. Karena helical buckling load adalah kecil untuk lubang vertikal, maka coiled tubing mudah mengalami helical buckling dan berat yang diberikan di permukaan tidak seluruhnya dapat ditransmisikan sampai ke bawah lubang.

Gambar diatas menunjukkan contoh distribusi beban aksial pada lubang vertikal yang dihitung dengan menggunakan persamaan (13.20) dan (13.21). Pada saat tubing tertekuk, maka beban $F(x)$ adalah nol. Coiled tubing yang digunakan berukuran 2.375 in. (2.025 in. ID) dengan berat 4.112 lb/ft pada lubang 6 in. sedalam 6000 ft. Mula-mula tubing tidak mempunyai beban di dasar lubang (zero bottom load) sehingga tubing berada dalam keadaan tension dengan beban 21432 lb. Saat diberikan beban di permukaan sebesar 10002 lb, maka bagian bawah tubing tertekuk pada kedalaman 3200 ft dan beban yang dapat ditransmisikan ke dasar lubang adalah 5604 lb. Penambahan beban akan menyebabkan bagian tubing yang tertekuk semakin panjang. Pada saat seluruh berat tubing diberikan di permukaan (zero hook load), maka tubing tertekuk seluruhnya dan beban yang ditransmisikan hanyalah 6015 lb.



Gambar 75. Distribusi Beban Aksial pada Lubang Vertikal

Beban aksial yang ditransmisikan ke bawah lubang vertikal akan merupakan fungsi non linier dari beban yang diberikan di permukaan saat terjadi helical buckling. Karena bagian bawah lubang vertikal adalah merupakan titik belok pertama (kick off point) untuk sumur horizontal, maka dengan merubah $F_o = FKOP$ pada persamaan di atas diperoleh :

$$FKOP = 2 [EIWe/(m r)]^{0.5} \tan h \{x [m rWe/(4EI)]^{0.5} + \text{arc tan } h \{F(x) [m r/(4EIWe)]^{0.5}\} \dots\dots\dots(13.22)$$

di mana

FKOP = beban aksial kompresif pada kick off point (lb)

Dengan beban aksial pada dasar coiled tubing sama dengan nol sebagai kondisi mula-mula, maka setiap pemberian beban di permukaan sebesar Fs akan membawa titik netral naik ke lokasi baru sejauh x dari dasar:

$$x = Fs/We \dots\dots\dots(13.23)$$

di mana

Fs = beban di permukaan (lb)

Karena titik titik netral dapat dianggap sebagai puncak helical buckling pada coiled tubing, maka bagian bawah coiled tubing (dari 0 sampai x) berada dalam keadaan tertekuk secara helical. Hubungan antara beban yang diberikan di permukaan (Fs) dengan beban aksial yang ditransmisikan ke dasar (FKOP) pada lubang vertikal dapat diberikan sebagai:

$$FKOP = 2 [EIWe/(mr)]^{0.5} \tan h \{Fs [m r/(4EIWe)]^{0.5} \} \dots\dots\dots(13.24)$$

Berat yang diberikan di permukaan tidak dapat seluruhnya ditransmisikan ke dasar karena adanya helical buckling dan gaya gesekan yang ditimbulkannya. Beban aksial maksimum yang ditransmisikan ke dasar lubang dapat didefinisikan dengan kondisi beban pada hook adalah nol (zero hook load). Untuk lubang bor vertikal sedalam D maka beban slack off pada kondisi zero hook load adalah:

$$Fs = D We \dots\dots\dots(13.25)$$

di mana

D = kedalaman lubang vertikal (ft)

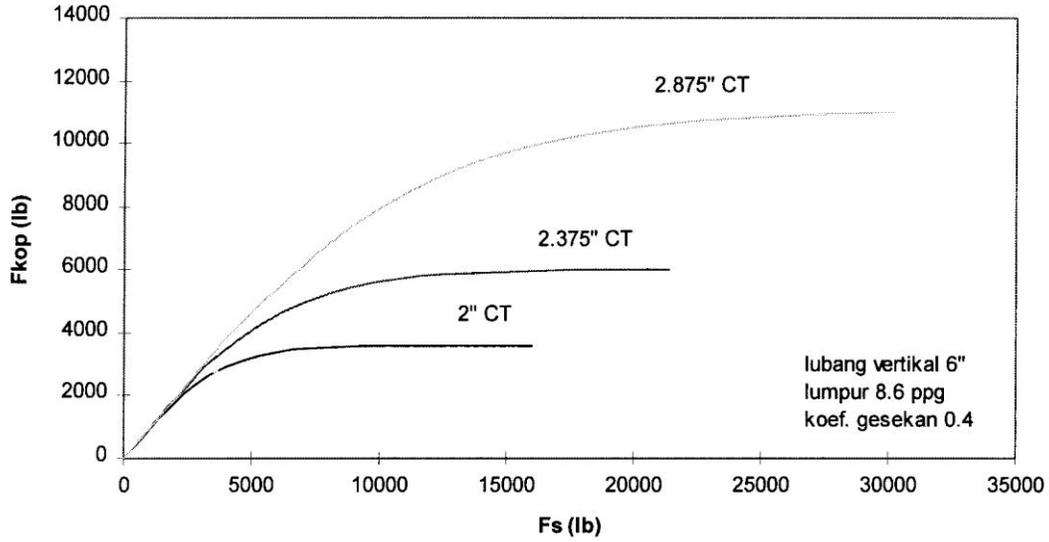
Tabel 8 memberikan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (13.24) dan (13.25) untuk tubing berukuran 2 in., 2.375 in., dan 2.875 in. pada lubang 6 in. Beban yang ditransmisikan ke dasar lubang selalu lebih kecil daripada beban yang diberikan di permukaan. Pemberian beban yang besar di permukaan tidak selalu memberikan beban yang besar pula di dasar lubang.

Tabel 12. Perhitungan Beban Slack-Off

OD	D	Fs	Fkop
(in)	ft	lb	lb
2	0	0	0
	1000	2669	2266
	2000	5337	3242
	3000	8006	3510
	4000	10675	3574
	5000	13343	3588
	6000	16012	3591
2.375	0	0	0
	1000	3572	3205
	2000	7144	4996
	3000	10716	5690
	4000	14288	5920
	5000	17861	5992
	6000	21433	6015
2.875	0	0	0
	1000	5032	4714
	2000	10065	7986
	3000	15097	9727
	4000	20130	10523
	5000	25162	10862
	6000	30194	11002

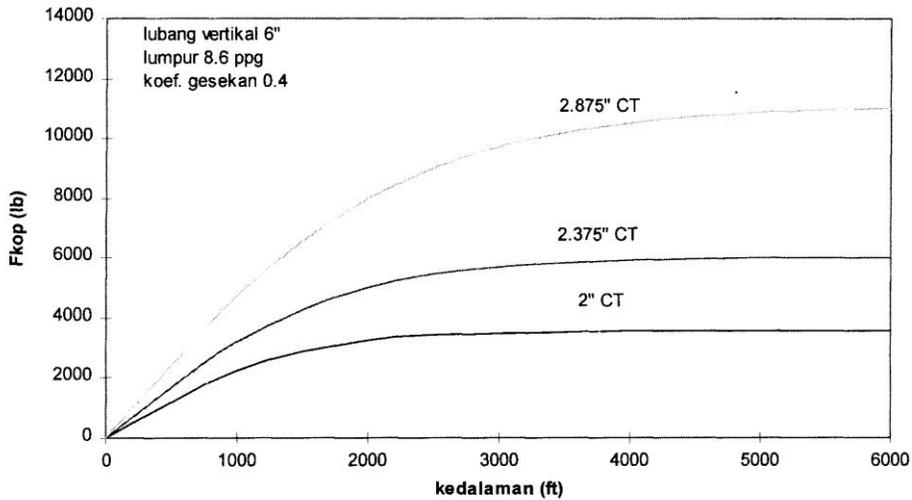
Dari grafik slack off yang dibuat berdasarkan Tabel di atas (Gambar 13.21), diketahui bahwa semakin besar ukuran tubing, maka beban yang dapat diberikan di permukaan semakin besar pula. Beban di dasar lubang mula-mula meningkat cukup tajam dengan pemberian beban di permukaan, tetapi akan mencapai suatu batas yang konstan. Gambar 13.22 menunjukkan distribusi beban yang ditransmisikan sepanjang lubang vertikal. Mula-mula beban di dasar lubang meningkat dengan bertambahnya kedalaman lubang, tetapi kemudian mencapai harga yang konstan. Pada tubing berukuran besar, peningkatan ini lebih tajam dan kedalaman lubang yang diperlukan untuk memberikan beban di dasar lubang yang konstan adalah lebih besar. Pada tubing 2.875 in. beban di dasar lubang konstan pada kedalaman vertikal sekitar 5500 ft, sedangkan pada 2 in. tubing hanya 3000 ft.

Grafik Slack-Off



Gambar 76. Grafik Slack Off

Beban yang Ditransmisikan pada Sumur Vertikal



Gambar 77. Beban pada Sumur Vertikal

Dengan substitusi persamaan (13.-25) ke persamaan (13.-24), diperoleh beban aksial maksimum yang dapat ditransmisikan ke dasar lubang sebagai fungsi kedalaman

$$F_b, \max = 2 [EI We / (m r)]^{0.5} \tan h \{D We [m r / (4EI We)]^{0.5}\} \dots\dots\dots 13.26)$$

di mana:

F_{b,max} = beban aksial kompresif maksimum pada dasar lubang vertikal (lb)

Beban aksial akan terus meningkat sejalan dengan bertambahnya kedalaman lubang vertikal, tetapi mempunyai nilai batas untuk setiap ukuran coiled tubing. Nilai batas ini diperoleh dengan memberikan harga kedalaman mendekati tak terhingga pada persamaan (13.26) sehingga:

$$F_{lim} = 2 [EI W_e / (m r)]^{0.5} \dots\dots\dots(13.27)$$

di mana

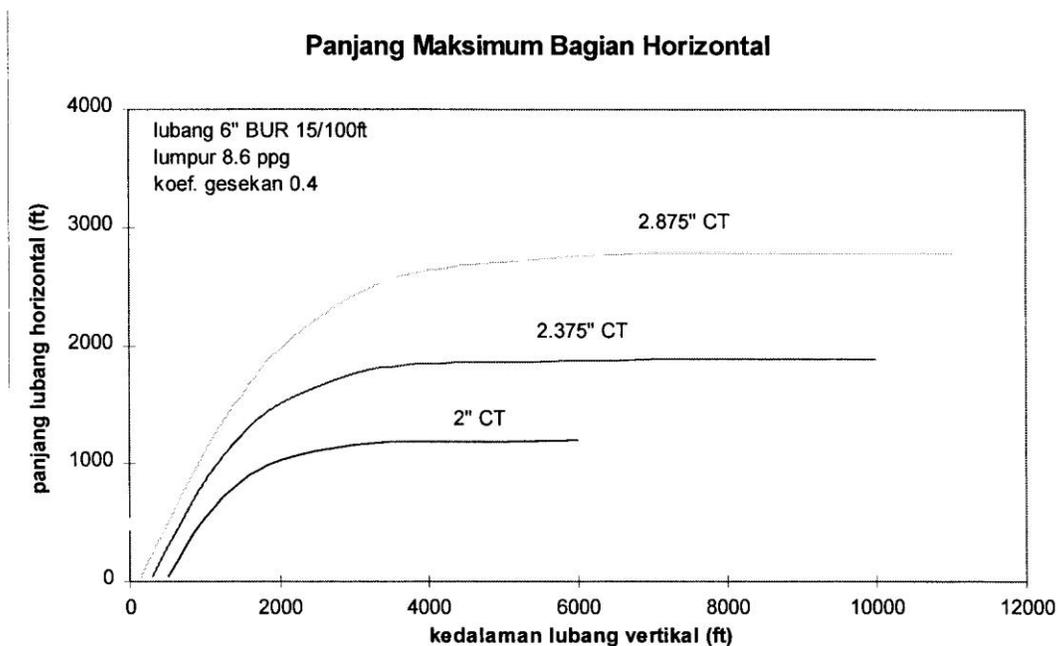
F_{lim} = batas beban aksial kompresif di dasar lubang vertikal dengan melakukan slack off di permukaan (lb)

Dengan menggunakan persamaan (13.14), (13.19), dan (13.26) maka dapat dibuat hubungan antara panjang lubang horizontal yang dapat dibor dengan kedalaman lubang vertikal. Beban yang diberikan di bit adalah 1000 lb. Perhitungan ditunjukkan oleh Tabel 13.9 untuk lubang 6 in.

Tabel 13. Perhitungan Panjang Lubang Horizontal

OD (in)	D ft	F _s lb	F _{b, max} lb	F _{ec} lb	L _{horz} ft
2	500	1334	1276	1044	41
	1000	2669	2266	1572	536
	1500	4003	2894	1907	850
	2000	5337	3242	2093	1024
	3000	8006	3510	2236	1158
	4000	10675	3574	2270	1189
	5000	13343	3588	2277	1197
	6000	16012	3591	2279	1198
2.375	300	1072	1060	1052	36
	1000	3572	3205	2196	837
	1500	5358	4284	2771	1240
	2000	7144	4996	3151	1506
	3000	10716	5690	3522	1765
	4000	14288	5920	3644	1851
	8000	28577	6023	3699	1889
	10000	35721	6024	3700	1890
2.875	150	755	754	1087	43
	1000	5032	4714	3199	1093
	1500	7549	6566	4188	1584
	2000	10065	7986	4945	1960
	3000	15097	9727	5874	2421
	4000	20130	10523	6299	2632
	6000	30194	11002	6554	2759
	8000	40259	11082	6597	2780
	10000	50324	11095	6604	2784
	11000	55356	11097	6605	2784

Gambar dibuat berdasarkan Tabel dan menunjukkan bahwa tubing yang lebih besar akan memberikan lubang horizontal yang lebih panjang. Hal ini disebabkan karena beban yang dapat ditransmisikan ke dasar lubang vertikal juga lebih besar. Tampak pula bahwa kedalaman lubang vertikal dapat berpengaruh pada panjang tertentu dari lubang horizontal. Jika telah mencapai panjang lubang horizontal yang maksimum, maka penambahan kedalaman lubang vertikal tidak berpengaruh. Hal ini disebabkan karena beban yang diberikan ke dasar lubang vertikal (dan berpengaruh terhadap beban di end of curve) tidak dapat bertambah lagi.



Gambar 78. Panjang Maksimum Lubang Horizontal

7.7.3.4. Kondisi Lock-up

Lock up pada coiled tubing menggambarkan situasi di mana berat bit atau beban packer tidak dapat ditingkatkan dengan pemberian beban di permukaan; atau situasi di mana coiled tubing tidak bisa di dorong lebih jauh lagi ke lubang horizontal. Perkembangan helical buckling dan gaya gesekan adalah berbeda untuk setiap bagian pada sumur horizontal. Pada lubang horizontal, helical buckling dimulai dari tempat memulai lubang horizontal, yaitu dekat end of curve. Pada lubang vertikal, helical buckling dimulai dari bagian dasar lubang, yaitu dekat kick off point. Jika hanya mempertimbangkan lubang horizontal, maka coiled tubing tidak pernah mengalami lock up. Tetapi karena beban aksial pada lubang vertikal dibatasi oleh persamaan (13.23), maka lock up dapat terjadi.

7.8. Prediksi Penetrasi Pada Sumur Horizontal

7.8.1. Hubungan Indikator Berat Dan Kedalaman Terukur

Prediksi penetrasi coiled tubing pada sumur horizontal dikembangkan oleh Dowell Schlumberger. Prediksi ini dilakukan dengan membuat hubungan antara beban pada indikator berat (weight indicator load) dengan kedalaman yang terukur (measured depth).

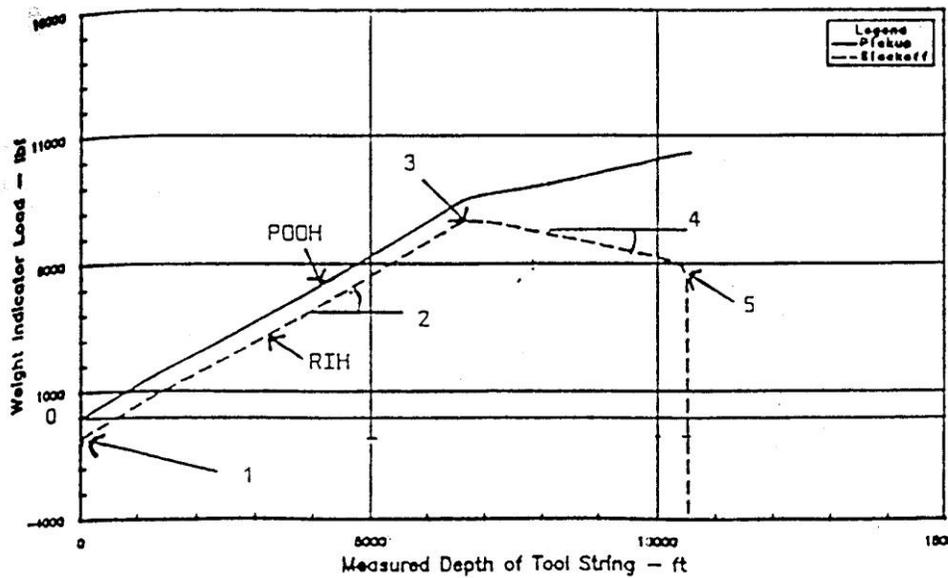
Input yang dimasukkan dalam prediksi penetrasi coiled tubing adalah:

- Geometri lubang (inklinasi dan azimuth)
- Geometri sumur (ukuran tubing, casing, open hole, dan koefisien gesekan untuk setiap bagian)
- Geometri coiled tubing (outside dan inside diameter, densitas material, ukuran dan berat kabel)
- Fluida (sifat fluida baik di dalam dan di luar tubing)
- Tekanan kepala sumur dan tekanan sirkulasi
- Stripper friction dan reel back tension
- Compressive dan tensile load pada peralatan

Koefisien gesekan adalah input yang sangat penting karena dapat berubah untuk setiap bagian sumur, tergantung jenis kompleksnya. Diasumsikan bahwa setiap bagian coiled tubing bergerak pada waktu yang sedikit berbeda dari bagian lainnya, sehingga menyebabkan koefisien gesekan statik tidak penting. Karena itulah hanya koefisien gesekan dinamik yang diperhitungkan.

Prediksi ini dapat menghitung bentuk coiled tubing (mengalami buckling atau tidak), dan gaya-gaya yang bekerja pada coiled tubing dengan dimulai dari bagian akhir coiled tubing sampai ke permukaan.

Output yang dihasilkan (Gambar 13.25) menunjukkan pembacaan weight indicator pada suatu kedalaman. Ada dua kejadian yang dilakukan. Pertama adalah pada saat memasukkan coiled tubing ke lubang (run in hole) dan kedua adalah saat menarik coiled tubing keluar dari lubang (pulling out of hole). Beban yang terbaca saat pulling out of hole selalu lebih besar daripada saat run in hole. Tidak akan terjadi buckling pada saat menarik coiled tubing karena coiled tubing akan mengalami stabilisasi gravitasi.



Gambar 79 Prediksi Penetrasi Coiled Tubing

Titik-titik yang berada pada Gambar tersebut adalah:

1. Saat coiled tubing akan memasuki lubang (zero depth), weight indicator menunjukkan nilai negatif. Ini menunjukkan bahwa injector harus mendorong coiled tubing masuk ke dalam sumur. Nilai negatif disebabkan oleh tekanan kepala sumur, stripper friction, dan reel back tension.
2. Sudut kemiringan ditentukan oleh inklinasi, koefisien gesekan, dan berat coiled tubing dalam fluida sumur (bouyant weight).
3. Saat coiled tubing memasuki bagian miring, berat RIH menurun karena sebagian beratnya digunakan untuk mendorong bagian ujung coiled tubing.
4. Weight indicator semakin turun karena coiled tubing memasuki bagian open hole dengan kenaikan koefisien gesekan, dan/atau peningkatan gaya kontak dengan lubang karena coiled tubing mengalami helical buckling.
5. Saat terjadi helical lock up, pemberian beban di permukaan tidak akan menambah jauh penetrasi. Penurunan berat secara tiba-tiba sebelum bentuknya menjadi vertikal adalah indikasi bahwa lock up akan terjadi.

Kondisi lubang dan perbandingan ukuran lubang terhadap coiled tubing mempengaruhi jarak maksimum yang dapat dicapai. Jangkauan maksimum diperoleh juga jika coiled tubing tetap bergerak dalam bagian horizontal. Jika ingin mendapatkan tambahan jarak pada saat tubing tidak bergerak maju, maka tubing harus ditarik dahulu ke bagian yang rata dan kemudian

dimasukkan kembali. Untuk mencegah banyak masalah dengan buckling juga disarankan menggunakan peralatan tension/compression sub.

Laju sirkulasi yang tinggi dapat mempengaruhi panjang coiled tubing pada bagian horizontal. Laju alir menahan coiled tubing saat melakukan run in hole dan mengurangi berat efektif bagian vertikal di bawah lubang. Akibatnya adalah mengurangi panjang bagian horizontal yang dapat dicapai.

7.8.2. Pengaruh Disain Bagian Pertambahan Sudut

Bagian pertambahan sudut merupakan karakteristik sumur horizontal yang cukup menonjol. Diperlukan disain bagian pertambahan sudut yang tepat untuk mendapatkan panjang horizontal yang dikehendaki. Disain bagian pertambahan sudut yang baik adalah yang tidak banyak memerlukan pergantian bottomhole assembly. Menurut Schuh terdapat empat macam bentuk disain bagian pertambahan sudut, yaitu: single build, simple tangent, complex tangent, dan ideal build.

Telah dilakukan perhitungan dengan menggunakan Tubing Forces Model 1 untuk mengetahui pengaruh bagian pertambahan sudut terhadap prediksi penetrasi coiled tubing. Pemboran direncanakan untuk menembus zona produktif pada kedalaman 8000 ft. Laju pertambahan sudut adalah antara 8 sampai 15o/100 ft. Dipasang casing 6.5 in (6.37 in. ID) sampai pada kedalaman 5135 ft. Pemboran selanjutnya dilakukan dalam kondisi open hole dengan bit 4.5 in. dan beban pada bit sebesar 2000 lb. Tekanan sirkulasi dalam coiled tubing adalah 3000 psi. Lumpur pemboran mempunyai berat 8.6 ppg. Coiled tubing yang digunakan adalah berdiameter 2.375 in. (2.025 in. ID) dengan berat 4.112 lb/ft. Bottomhole assembly yang digunakan berdiameter 3.5 in. (2.8 in. ID) dengan berat 11.776 lb/ft sepanjang 60 ft dan diasumsikan sebagai bagian dari coiled tubing. Hasil prediksi dengan Tubing Forces Model ditunjukkan pada lampiran A sampai F. Panjang horizontal yang dapat dicapai pada masing-masing bentuk bagian pertambahan sudut dapat diringkaskan dalam Tabel berikut

Tabel 14. Pengaruh Bagian Pertambahan Sudut

Disain Build Curve	BUR1	BUR2	L tan	KOP	EOC	L _{CT}	L horz
	(^o /100ft)	(^o /100ft)	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)
Single Build	8	-	-	7284	8409	11900	3491
Single Build (tapered)	8	-	-	7284	8409	12300	3891
Simple Tangent	10	120	10	7350	8370	10100	1730
Complex Tangent	8	120	15	7285	8296	10400	2104
Complex tangent	8	500	15	7041	8433	11800	3367
Ideal Build	8	-	15	7362	8254	10300	2046

Berdasarkan panjang lubang horizontal yang dibor, maka lubang terpanjang diperoleh dengan single build yang dilakukan 'tapered'. Bagian ujung coiled tubing diberi coiled tubing yang lebih tipis (0.135 in wall thickness) sepanjang 2000 ft. Coiled tubing ini menghasilkan lubang 400 ft lebih panjang daripada bentuk konvensional. Adanya bagian yang ringan pada ujung tubing menyebabkan tubing mudah mengapung dalam lumpur dan mengurangi gaya kontak dengan dinding lubang, sehingga tubing lebih dapat didorong masuk ke bagian horizontal. Single build merupakan bentuk yang paling sederhana sehingga merupakan bentuk yang paling efisien, baik dalam hal perencanaan, jumlah pergantian bottomhole assembly, maupun panjang horizontal yang dapat dicapai. Panjang horizontal terpendek diperoleh dengan bentuk simple tangent. Pada bentuk complex tangent, pengaruh panjang tangensial adalah besar sekali. Dengan selisih panjang tangensial sebesar 380 ft (dari 120 ft menjadi 500 ft) maka diperoleh penambahan panjang horizontal sebesar 1263 ft (dari 2104 ft menjadi 3367 ft). Panjang horizontal untuk bentuk complex tangent pada panjang tangensial 500 ft ini mendekati hasil untuk bentuk single build.

Studi Kasus

Suatu perusahaan merencanakan melakukan pemboran lubang horizontal dengan menggunakan coiled tubing. Bagian lubang horizontal akan dibor dengan bit 3 7/8 in dan dibiarkan terbuka (open hole completion). Coiled tubing yang digunakan berukuran 2 in. (1.688 in ID) dengan berat 3.07 lb/ft. Beban di bit adalah 1000 lb. Densitas lumpur 8.6 ppg. Sudah terdapat casing 4.5 in (4.042 in ID) yang dipasang pada bagian lubang vertikal sedalam 6000 ft dan bagian pertambahan sudut dengan BUR 15°/100 ft. Koefisien gesekan adalah 0.3 pada semua bagian lubang. (Modulus Young untuk besi = 3×10^7 psi).

Berdasarkan data di atas akan ditentukan beberapa hal, yaitu:

1. Saat pertama kali terjadinya helical buckling pada coiled tubing.
2. Hook load saat membor bagian horizontal sepanjang 3000 ft
3. Panjang maksimum bagian horizontal yang dapat dibor
4. Beban bit jika membor bagian horizontal sepanjang 3700 ft dengan hook load sebesar 6000 lb.

8. Alat Pembelok Lubang

Untuk membelokkan lubang dari sumbu vertical, digunakan alat pembelok. Alat pembelok yang pernah digunakan adalah:

- a. Spud Bit

- b. Badger Bit
- c. Knuckle Joint
- d. Whipstock
- e. Downhole Motor

8.1. Spud Bit.

Spud Bit adalah pahat yang terbentuk sekop, pahatnya melengkung, spud bit ditumbukkan ke dasar lubang, kemudian di putar, kegiatan ini dilakukan dengan berulang-ulang, sehingga bentuk lubang yang miring sebagai lubang awal untuk pemboran berarah, selanjutnya rangkaian ini dicabut, dan selanjutnya pemboran dengan rotary drilling yang umum

Kelemahannya adalah :

- a. Diameter lubang tidak sesuai dengan yang diinginkan
- b. Alat ini digunakan untuk formasi yang lunak

8.2. Badger Bit

Badger bit adalah bit dengan satu buah nozzle. Atau memakai bit tiga nozzle, tapi dua yang lainnya ditutup. Rangkaian ini pemboran tidak diputar, nozzle diarahkan ke arah yang diinginkan. Kemudian pompakan lumpur, semprotkan lumpur akan membuat lubang miring, alat ini hanya digunakan untuk formasi yang lunak. Setelah dibentuk lubang yang awal pemboran berarah, selanjutnya rangkaian dicabut, selanjutnya pemboran dilakukan dengan rotary drilling yang umum.

8.3. Knuckle join

Knuckle Join dipasang dibawah drill pipe, knuckle join adalah sendi peluru yang dapat membentuk sudut. Dibawah knuckle join dipasang pilot reamer bit. Pemboran membuat rate hole terlebih dahulu, kemudian lubang diperbesar dengan reamer bit, pembelokan lubang juga hanya untuk formasi yang lunak

8.4. Whipstock.

Whipstock adalah alat pembelok yang diikatkan dengan rangkaian pemboran dengan shear pin. Whipstock diturunkan ke dasar lubang dengan rangkaian pemboran, dan diarahkan ke arah yang diinginkan.

Whipstock mempunyai alur yang sudah mempunyai sudut dengan sumbu vertical, bit yang digunakan adalah bit yang berukuran kecil, selanjutnya shear pin dipatahkan dengan cara

memberikan beban. Setelah shear pin patah, rangkaian pemboran meluncur kebawah. Lakukan pemboran, lubang yang dibentuk sudah bersudut terhadap sumbu vertical. Dan ukurannya kecil. Pemboran dilakukan sampai jarak tertentu, lubang ini disebut dengan rate hole.

Rate hole terbentuk pada kedalaman tertentu, rangkaian bersama dengan whipstock dicabut dari dalam lubang. Selanjutnya diturunkan pilot reamer bit bersama dengan rangkaian pemboran. Pilotnya masuk ke rate hole dan lubang diperbesar oleh reamer bit, pilot reamer bit disebut juga dengan hole opener.

Setelah rate hole diperbesar, rangkaian dicabut dari dalam lubang. Kemudian diturunkan rangkaian rotary drilling untuk melanjutkan pemboran, kelemahan cara ini adalah terlalu banyak dilakukan roun trip, sehingga banyak menghabiskan waktu.

8.5. Down Hole Opener

Down hole motor merupakan alat pembelok yang umum digunakan saat ini, sebuah motor dipasang diatas bit, disambung dengan bent sub, non magnetic drill collar, steel drill collar, dan selanjutnya ke permukaan adalah drill pipe. Diwaktu membelokkan lubang rangkaian pemboran tidak berputar, kecuali rotary bit sub dan bit. Motor digerakkan oleh dorongan atau tekanan yang diberikan lumpur.

8.6. Motor

Motor terdiri dari Rotor dan Stator. Rotor adalah batang yang terbentuk spiral yang dapat berputar. Dorongan lumpur akan membuat rotor berputar. Bagian yang diam di dalam motor disebut dengan stator. Torot berhubungan dengan rotary bit sub. Sehingga bila rotor berputar, rotary bit sub akan berputar. Bit berhubungan dengan rotary bit sub, sehingga bit akan berputar.

8.7. Bent Sub

Bent sub adalah sambungan pendek yang mempunyai sudut dengan sumbu vertical. Alat ini akan membuat lubang yang dihasilkan akan bersudut dengan sumbu vertical.

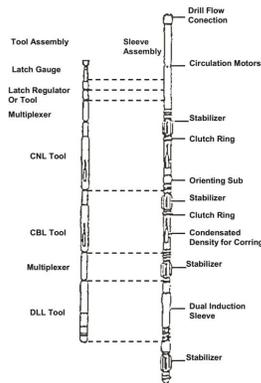
8.8. Non magnetic drill collar

Non magnetic drill collar adalah drill collar yang terbuat bukan dari besi baja, alat ini terbuat dari monel, sehingga alat ini disebut dengan dengan K monel collar. Didalam alat ini nantinya akan ditempatkan alat survey, alat survey mempunyai kompas didalam nya untuk mencatat arah lubang. Bila alat ini ditempatkan di dalam steel drill collar, maka kompasnya akan terpengaruh,

dan tidak akan mencatat arah lubang sebenarnya, oleh sebab itu alat survey diturunkan ke dalam non magnetic drill collar, supaya kompas memcatat arah lubang yang sebenarnya.

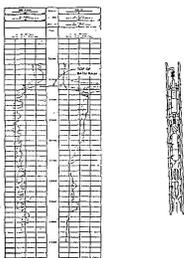
D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 1



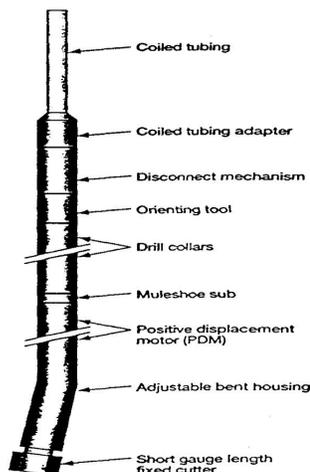
- Amati Pekerjaan mengenai Drill String pada gambar diatas dan cara kerja dari masing-masing fungsi yang berguna pada bagian tersebut
- Melakukan Pekerjaan Sesuai Prosedur yang diperintahkan oleh pembimbing selama melakukan praktek dilapangan
- Melakukan Pekerjaan selama proses menggantikan pipa pemboran dan mengamati permasalahan yang terjadi kemudian disampaikan apabila saat istirahat secara seksama
- Memberikan motifasi kepada peserta yang nantinya pekerjaan akan diselesaikan secara professional
- Melakukan target ketercapaian pekerjaan pada bidang tertentu saat melakukan pergantian Rangkaian Pipa Bor dan membuat laporan yang nantinya akan dilaporkan kepada pembimbing

Aktivitas 2



- Pekerjaan mengenai data Logging pada gambar diatas, dari masing-masing data setiap kolom nya apa yang terjadi dalam formasi tersebut
- Melakukan pekerjaan sesuai dengan prosedur yang diperintahkan
- Melakukan pekerjaan dan pengamatan selama lapisan tertentu
- Memberikan motivasi kepada pekerja yang akan dipekerjakan secara professional
- Melakukan target ketercapaian pekerjaan pada bidang tertentu saat melakukan pergantian Rangkaian Pipa Bor dan membuat laporan yang nantinya akan dilaporkan kepada pembimbing

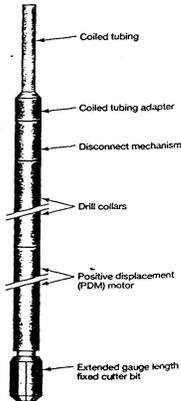
Aktivitas 3



- Amati Pekerjaan mengenai Pembelokan pada gambar diatas dan cara kerja diberikan stabilizer sebagai penyeimbangan dinding lubang bor
- Melakukan Pekerjaan Sesuai Prosedur yang diperintahkan oleh pembimbing selama melakukan praktek dilapangan
- Melakukan Pekerjaan selama proses menggantikan pipa pemboran dan mengamati permasalahan yang terjadi saat pemasangan peralatan Stabilizer kemudian disampaikan apabila saat istirahat secara seksama
- Memberikan motivasi kepada peserta yang nantinya pekerjaan akan diselesaikan secara professional

- Melakukan target ketercapaian pekerjaan pada bidang tertentu saat melakukan pergantian peralatan stabilizer dan membuat laporan yang nantinya akan dilaporkan kepada pembimbing

Aktifitas 4



- Amati Pekerjaan mengenai Bottom Hole Assembly pada gambar diatas dan cara kerja diberikan Bottom Hole Assembly sebagai khususnya peralatan bekerja
- Melakukan Pekerjaan Sesuai Prosedur yang diperintahkan oleh pembimbing selama melakukan praktek dilapangan
- Melakukan Pekerjaan selama proses menggantikan Peralatan bawah permukaan dan mengamati permasalahan yang terjadi saat pemasangan peralatan Pemasangan peralatan tersebut
- Memberikan motifasi kepada peserta yang nantinya pekerjaan akan diselesaikan secara professional
- Melakukan target ketercapaian pekerjaan pada bidang tertentu saat melakukan pergantian peralatan bawah permukaan dan membuat laporan yang nantinya akan dilaporkan kepada pembimbing

LEMBAR KERJA

A. Lembar Kerja Kegiatan Pembelajaran

LK 001

1. Apa yang saudara ketahui tentang dilakukannya pengamatan drill string ?

.....
.....
.....
.....
.....

LK 002

2. Menurut Saudara mengapa perlu dilakukan MWD pada data log serta manfaat dilakukan melakukan kegiatan ini ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

LK 003

3. Saudara menjelaskan tentang peralatan stabilizer, mengapa perlu dipasang peralatan tersebut dan apa manfaatnya ?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

LK 004

4. Jelaskan yang saudara kerjakan menggunakan peralatan bawah permukaan, dan manfaatnya

.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....

E. Latihan/ Kasus/ Tugas

1. Mengapa Perlu dilakukan pengeboran berarah?
2. Apa yang perlu diketahui tentang Drill String dan bagaimana konsep Pembelokan Pemboran?
3. Beberapa pertanyaan lain menjadi pemikiran pembaca dan menjadi dasar materi ini.

Jawabannya adalah:

Drill String dan pemboran berarah perlu dilakukan dengan alasan pemerintah dan alasan tertentu yang terjadi di dalam formasi.

F. Rangkuman

Penelitian tindakan adalah suatu bentuk penelitian refleksi diri yang dilakukan oleh para partisipan dalam situasi-situasi sosial (termasuk pendidikan) untuk memperbaiki praktik yang dilakukan sendiri. Dengan demikian, akan diperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai praktik dan situasi di mana praktik tersebut dilaksanakan. Terdapat dua hal pokok dalam penelitian tindakan yaitu perbaikan dan keterlibatan. Hal ini akan mengarahkan tujuan penelitian tindakan ke dalam tiga area yaitu; (1) untuk memperbaiki praktik; (2) untuk pengembangan profesional dalam arti meningkatkan pemahaman para praktisi terhadap praktik yang dilaksanakannya; serta (3) untuk memperbaiki keadaan atau situasi di mana praktik tersebut dilaksanakan.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Bagaimana cara saudara untuk meningkatkan kemampuan saudara dalam penguasaan materi pembelajaran? Jelaskan?
2. Apa yang saudara lakukan sebagai seorang guru kejuruan Teknik Pemboran Migas untuk dapat menambah pengetahuan saudara setelah membaca modul diklat ini? Jelaskan?

3. Sebutkan langkah – langkah yang saudara lakukan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat terkhusus dalam pengukuran pemboran berarah dan peralatan khusus bawah tanah? Jelaskan?
4. Dalam melakukan perhitungan pengukuran pemboran berarah dan peralatan khusus bawah tanah apa saja yang bisa saudara lakukan?
5. Saat saudara melakukan pengamatan tentang *pemboran berarah dan peralatan dibawah permukaan* apa saja yang bisa saudara lakukan agar saudara bisa lebih menguasai tentang *pemboran berarah dan peralatan dibawah permukaan*? Dan bagaimana proses pembentukannya?
6. Berdasarkan yang saudara amati tentang Pemboran berarah dan Peralatan dibawah permukaan, bagaimana proses terbentuknya?
7. Sebutkan tahapan – tahapan yang saudara lakukan untuk melakukan pengukuran Pemboran berarah dan peralatan dibawah permukaan?
8. Sebutkan macam – macam problema dalam pemboran berarah?
9. Apa saja yang saudara gunakan dalam melakukan pengukuran Pemboran berarah dan Peralatan dibawah permukaan? jelaskan?
10. Bagaimana saudara mencari persentase kesalahan dalam pengukuran Pemboran berarah? Jelaskan proses terjadinya?

F. Latihan Soal dan Kunci Jawaban

Soal Objektif :

1. Apabila pipa bor terjepit yang disebabkan karena caving (dinding lubang bor runtuh) maka gejala yang tampak sebelumnya antara lain :
 - a. Torsi naik, tekanan pompa tetap.
 - b. **Tekanan pompa naik ,serbuk bor (cuttings) bertambah banyak.**
 - c. Tekanan pompa naik, lumpur bertambah encer.
2. Apabila pipa bor terjepit karena differential pressure sticking, maka gejala yang tampak antara lain :
 - a. Lumpur semakin berat dan sewaktu ditarik terdapat overpull.
 - b. Tekanan pompa naik dan sewaktu ditarik terdapat overpull.
 - c. **Sirkulasi lumpur normal dan sewaktu ditarik terdapat overpull.**
3. Jika pipa bor terjepit karena caving (dinding bor runtuh) langkah pertama untuk melepaskan jepitan tersebut antara lain :

- a. **Pipa bor diputar lepas (back off) diatas titik jepit.**
 - b. Sirkulasi sambil dicoba angkat / turun dengan overpull dan diputar secara kurangi kekentalan lumpur.
 - c. Tempat jepitan direndam dengan surfactant (misalnya pipe lax).
4. Dalam operasi pemboran pipa bor terjepit karena "differential pressure sticking". Usaha untuk melepaskan antara lain :
- a. Pada lumpur harus ditambahkan bahan pelumas (bit lub) dan kurangi Ph.
 - b. Sirkulasi terus sambil dicoba angkat / turunkurangi water loss. turunkan berat lumpur.
 - c. **Sirkulasi terus tambahkan surfactant (misalnya pipe lax).**
5. Usaha pencegahan yang dilakukan dalam operasi yang sering terjadi differential pressure sticking antara lain :
- a. Lumpur ditambah dengan surfactant. misalnya pipe lax.
 - b. Lumpur ringan ,water loss rendah.
 - c. **Dipasang stabilizer diatas pahat.**
6. Dalam pemboran pipa bor terjepit lokasi titik jepit dapat diketahui dengan memakai :
- a. Pit level indicator.
 - b. **Free point indicator.**
 - c. Inclinator.
7. Pada pemboran pipa bor terjepit , bila pipa bor 4 1/2" - 16,60 lbs/ft, (ID = 3,826) , dan setelah ditarik dengan tarikan (overpull) 20 ton ternyata pipa bor memanjang 30 Cm. Maka pipa bor berarti terjepit pada kedalaman sekitar :
- a. 4250 ft.
 - b. 2250 ft.
 - c. **3250 ft.**
8. Dalam pemboran , pipa bor patah dan akan dipancing. Peralatan yang tersedia antara lain
- aa. Jar. bb. die collar. cc. Pipe spear. dd. overshot.
 - ee. Safety joint. ff. Bumper sub. gg. Junk basket.
 - hh. fishing magnet. kk. Drill pipe. ll. Drill collar.
 - mm. washover. nn. Washover shoe.
- Susunan rangkaian pipa untuk memancing dari bawah keatas :
- a. dd - ff - ee - ll - kk
 - b. bb - ee - aa - kk - ll

c. **dd - ee - aa - ll - kk**

9. Untuk mengontrol arah dan kemiringan lubang bor pada lubang terbuka (open hole) biasa dipakai :

- a. Eastmen whipstock.
- b. TOTCO inclinometer.
- c. **Eastmen single shot instrument.**

10. Untuk membor built-up section (menaikan sudut kemiringan) Maka susunan BHA yang dipakai pada umumnya adalah :

- a. Bit + Stb + Roller + 1 Joint DC + Stb + 30 Ft DC + Stb + DC
- b. Bit + 30 Ft DC + Stb (under gauge) + 30 Ft DC + Stb + DC
- c. **Bit + Stb + (under gauge) + 60 Ft DC + Stb + 30 Ft DC + Stb + DC**

11. Lubang bor sudah miring 35 derajat. maka bila kita ingin mengurangi dapat dilakukan dengan jalan :

- a. Harus dipasang stabilizer tepat diatas pahat.
- b. **Mengurangi beban pada pahat apabila BHA tetap.**
- c. Ganti drill collar dengan ukuran yang lebih kecil.

12. Pada pemboran sumur berarah, dog leg severity adalah pengisian menunjukkan :

- a. Besarnya kecepatan perubahan kemiringan lubang.
- b. Besarnya kecepatan perubahan arah lubang.
- c. **Besarnya kecepatan perubahan kemiringan dan arah lubang.**

13. Pada pemboran lurus (Vertikal Drilling) menembus lapisan yang mempunyai kemiringan sekitar 60 derajat dari lapisan keras. Pemboran mempunyai kecenderungan untuk :

- a. **Membelokkan ke arah sejajar terhadap kemiringan lapisan.**
- b. Tetap lurus / vertikal.
- c. Membelok ke arah tegak lurus terhadap lapisan.

14. Pemboran menembus formasi dengan kemiringan yang tidak beraturan, untuk memperoleh lubang bor yang lurus dapat dilakukan usaha antara lain :

- a. **Memakai packed hole assembly.**
- b. Memperbesar pendulum effect.
- c. Mengurangi kecepatan putaran pahat.

15. Untuk direction drilling, pada lapisan lunak penggunaan deflection tool yang tepat dan ekonomis :

- a. **Jet deflection bit (Badger Bit).**

- b. Bent - Sub - down hole hydrolic.
 - c. Whipstock.
16. Arah lubang dinyatakan dengan 130 Azimuth , maka apabila dinyatakan dalam bentuk kwadran, arah lubang adalah :
- a. N 130 E.
 - b. **S 40 E.**
 - c. S 50 E.
17. Titik lokasi permukaan dan target dinyatakan dengan salib sumbu X,Y . Titik lokasi (1000 , 1000 m) titik target (-500m , 300m).
Perkisaran mendatar (Horizontal deviation) adalah :
- a. 2385,8 m.
 - b. **1655,3 m.**
 - c. 1956,4 m.
18. Apabila kenaikan sudut kemiringan 2 / 100 ft. Panjang lubang yang terbentuk dari kick off point sampai mencapai sudut 30 adalah :
- a. 6000 ft.
 - b. **1500 ft.**
 - c. 1000 ft.
19. Arah dari lubang bor yang diperoleh dengan membaca dari disc film dari Eastmen single shot adalah :
- a. Arah inclinasi.
 - b. Arah sebenarnya seperti dalam peta (geografi).
 - c. **Arah magnetis.**
20. Kecepatan penembus (rate of penetration) Yang tertinggi apabila :
- a. WOB memberikan tekanan yang lebih besar dari intenal yield pressure.
 - b. WOB memberikan tekanan yang lebih kecil dari compressive strength batuan.
 - c. **WOB memberikan tekanan yang diberikan lebih besar dari compressive strength batuan.**
21. Pada rangkaian BHA tanpa stabilizer , maka lubang dapat menyimpang dari sumbu vertikal kalau :
- a. Menembus lapisan miring.
 - b. Kekerasan lapisan yang ditembus berubah dan lapisan tersebut miring.
 - c. **Jawaban a dan b betul.**

22. Dari survey didapat data :

	kedalaman feet	sudut kemiringan derajat	sudut arah derajat
Survey 1	700	8	S 30 derajat W
Survey 2	900	11	S 40 derajat W

Perkisan mendatar dari titik survey 1 ke 2 dihitung dengan metode rata rata (Average method) :

- a. 38,16 ft.
- b. 27,83 ft.
- c. **33 ft**

23. Dari survey didapat data :

	Kedalaman feet	sudut kemiringan derajat	sudut arah derajat
Survey 1	700	8	S 30 derajat W
Survey 2	900	11	S 40 derajat W

Jarak kedalaman tegak (true verticak depth) antara titik suvey ke 1 ke 2 dihitung dengan metode average adalah :

- a. **197,26 ft.**
- b. 198,05 ft.
- c. 196,33 ft.

24. Meyoda penggambaran penampang sumuer berarah (Directional drilling) dari pengukuran yang paling kecil faktor kesalaahannya adalah :

- a. Back ward method.
- b. Average method.
- c. **Radius curvature method.**

25. Pemakaian MWD (Measurement While Drilling) dimana data yang terjadi didasr lubang disampaikan ke permukaan melalui :

- a. **Drilling fluid dalam drilling string.**
- b. Drilling fluid di annulus.
- c. Wirs line khusus.

26. Didalam pengoperasian dyna drill / navy drill pada build-up section (memelihara kemiringan) maka rill stem selama member :
 a. Boleh sambil diputar pelan pelan dengan rotary table.
 b. **Tidak boleh diputar.**
 c. Hanya boleh diputar kalau untuk pembetulan arah.
27. Pada pemboran dengan dyna drill / navy drill dengan kecepatan pompa tetap , maka bila tekanan pompa bertambah tinggi, hal ini disebabkan oleh :
 a. **Rotor dyna drill macet atau tidak berputar.**
 b. Bearing dari pompa dyna drill / navy drill aus.
 c. Kedua jawaban benar.
28. Dump valve (By pass Valve) dari dyna drill perlu uji coba sebelum diturunkan karena dump valve tersebut berfungsi untuk :
 a. **Mempercepat putaran rotor.**
 b. Sirkulasi mengkondisikan lumpur, atau untuk mematikan kick.
 c. Untuk membuang lumpur dari drill stem sewaktu round trip drill stem.
29. Pemeriksaan dengan menggunakan drift mandrel (Sablon) pada casing yang akan diturunkan bertujuan untuk :
 a. **Pemeriksaan diameter dalam dan pemeriksaan terhadap casing yang cacat / collaps.**
 b. Membersihkan casing bagian dalam.
 c. Keduanya benar.
30. Grade dari API casing adalah data yang menunjukkan tentang :
 a. Jenis metalurgi yang digunakan.
 b. **Minimum yield strength dari casing tersebut dalam ribuan Psi.**
 c. Minimum yield strength dari casing tersebut dalam ribuan Lbs.
31. Didalam cara penyelesaian sumur (completion) adakalnya dilakukan pemasangan screen liner / gravel pack pada lapisan produksi, hal ini berfungsi untuk :
 a. Mempertinggi laju cairan produksi minyak.
 b. Memperkecil prosentase produksi air.
 c. **Menyaring pasir.**
32. Didalam sumur sering dipasang casing liner , yang kemudian disemen dan diperforasi. Pemakaian liner tersebut mempunyai tujuan :
 a. Memperbesar produksi minyak / gas.

- b. Untuk menyaring pasir agar tidak ikut terproduksi.
 - c. **Mengurangi pemakaian casing sampai permukaan.**
33. Pada sumur dual completion (Paralel tubing) dipasang sliding side door (SSD) yang letaknya dibawah dual packer, diantaranya adalah berfungsi untuk :
- a. Mencegah erosi tubing dari aliran cairan produktif.
 - b. **Tempat mengalirkan atau menutup produksi.**
 - c. Tempat untuk menyaring pasir.
34. Pada dual completion dipasang blast joint yang letaknya harus :
- a. Diatas perforasin untuk mencegah adanya turbulensi aliran dalam tubing.
 - b. Di bawah perforasi untuk menghindari adanya pengikisan pada SSD (Sliding Side door).
 - c. **Diletakkan didepan perforasi casing sampai beberapa Ft diatas dan dibawahnya.**
35. Dalam sumur sering dipasang production packer. Di atas production packer diisi cairan .sebaiknya yang mempunyai sifat :
- a. Mempunyai viskositas rendah dan specific gravity tinggi.
 - b. **Tidak bersifat korosif dan kadar butiran (solid)rendah.**
 - c. Jawab a dan b betul.
36. Tujuan penggunaan bantalan air saat melakukan drill stem test (UKL) adalah :
- a. Untuk menghindari tercampurnya hasil test dengan lumpur.
 - b. Sebagai keseimbangan tekanan agar tidak terjadi semburan waktu menurunkan alat test.
 - c. **Untuk menghindari terjadinya kejutan tekanan saat mulai test.**
37. Dalam operasi pemboran sering diadakan uji kandungan lapisan (UKL). Kegiatan ini diadakan di dalam :
- a. Lubang terbuka (open hole).
 - b. Casing (cased hole test).
 - c. **Dapat a maupun b.**
38. Pada operasi uji kandungan lapisan dipasang reverse circulating valve, hal tersebut :
- a. Jarang diperlukan.
 - b. **Sangat perlu.**
 - c. Sering sering perlu
39. Pada operasi uji kandungan lapisan (UEL) didalam casing (Casing Hole Test) Maka

jar dipasang :

- a. Tepat diatas tester valve.
- b. **Diatas safety joint.**
- c. Diatas drill collar.

40. Pada rangkaian uji kandungan lapisan ,By pass valve dipasang :

- a. Dibawah packer.
- b. Diatas tester valve.
- c. **Dibawah tester valve.**

41. Pada operasi uji kandungan lapisan dari dalam casing (cased hole test) ,dan ada beberapa lapisan yang harus diuji, maka pelaksanaanya dilakukan mulai :

- a. Dari atas atau dari bawah sama saja.
- b. **Dari formasi paling bawah.**
- c. Dari formasi paling atas.

42. Kapasitas setiap portable mast didalam menahan beban statis (diam) yang tertinggi disebut maximum static hook load, dimana besarnya :

- a. Tidak dipengaruhi oleh jumlah line yang dipasang maupun oleh kemiringan menara untuk telescopic mast.
- b. **Dipengaruhi oleh jumlah line yang dipasang.**
- c. Tergantung pada oleh kemiringan menara untuk telescopic mast.

43. Sebuah menara dipergunakan untuk mengangkat beban. Apabila 5 buah roda crown block assembly adalah 120000 Lbs. Maka beban yang diderta oleh masing masing line pada saat rangkaian pipa diam adalah :

- a. 10000 Lbs.
- b. **15000 Lbs.**
- c. 12000 Lbs.

44. Apabila sebuah menara dengan 4 buah travelling block dililiti drilling line sedang menarik beban sebesar block 12000 Lbs dan berat drill stem 108000 Lbs, maka berapa tegangan pada fast line saat sedang mencabut pipa apabila :

- ~ Dynamic a factor untuk 4 line = 0,2710.
- ~ Dynamic a factor untuk 6 line = 0,1882.
- ~ Dynamic a factor untuk 8 line = 0,1469.

- a. 15865 Lbs

- b. 29268 Lbs.
- c. **17628 Lbs.**

45. Titik titik pada drilling line yang paling cepat mengalami keausan / kerusakan adalah pada :

- a. Titik titik sepanjang fast line.
- b. **Tewkukan di travelling block, tekukan di crown block dan di crossover drum saat posisi terendah saat menarik beban**
- c. Jawaban a dan b salah.

46. Panjang penggeseran drilling line dan pemotongan drilling line pada operasi pemboran dipengaruhi oleh :

- a. Tinggi menara dan diameter drum.
- b. **Tinggi menara ,diameter drum dan type drum.**
- c. Tinggi menara, diameter drum dan jumlah line.

47. Besarnya daya / tenaga pengereman yang dihasilkan dari hydromatic brake dipengaruhi oleh :

- a. **Ukuran hydromatic brake, tinggi air dalam hydromatic brake dan kecepatan putaran poros dari drum.**
- b. Ukuran hydromatic brake, dan tinggi air di dalamnya.
- c. Ukuran hydromatic brake, dan kecepatan putaran dari poros drum.

48. Sistem pendinginan dari drum utama yang tidak baik atau panas berlebihan antara lain dapat disebabkan oleh :

- a. Tekanan pompa air yang kurang dari 150 Psi.
- b. Pemberian grease yang kurang.
- c. **Adanya kerak kerak didalam saluran air.**

49. Bagian dari brake lining (sepatu rem) yang paling cepat aus adalah :

- a. Ditengah tengah brake band.
- b. **Diujung mati (Dead end).**
- c. Diujung yang bergerak (Life end).

50. Diketahui ton mile round trip dari kedalaman B 52 to mile Apabila melakukan pemboran dari kedalaman A sampai B memerlukan waktu 20 jam.

Berapa ton mile yang dialami drilling line untuk membor dari kedalaman A sampai B dengan reaming 1 kali :

- a. 12 ton mile.

- b. **36 ton mile.**
- c. 240 ton mile.

51. Yang dimaksud dengan nominal derrick capacity dari suatu menara standard adalah :

- a. Beban statis / diam maximum yang diizinkan dibebankan di crown block.
- b. Beban statis / diam maximum yang diizinkan dibebankan di water table.
- c. **Beban dinamis / bergerak maximum yang diizinkan dibebankan di water table.**

52. Design faktor menara menurut standard API terhadap beban yang dibebankan adalah :

- a. 1,5
- b. **1,94.**
- c. 1,25.

53. Besarnya maximum static hook load capacity (kapasitas beban maximum keadaan diam yang digantung di hook) :

- a. Tidak dipengaruhi oleh jumlah line yang dipasang.
- b. **Dipengaruhi oleh jumlah line yang dipasang .**
- c. Jawaban a dan b tidak benar.

54. Apabila beban yang diangkat oleh drawwork 56,630 Lbs dengan kecepatan 90 ft/menit, efisiensi mekanic drawwork 85 %, maka input HP drawwork yang diperlukan adalah :

- a. 409.
- b. **566.**
- c. 481.

55. Sebelum menegakkan menara dengan hydraulic jack harus dilakukan pembuangan udara yang terperangkap, karena :

- a. Dapat terjadi gas locking.
- b. Dapat menyebabkan rusaknya seal seal jack.
- c. **Dapat menyebabkan timbul hentakan saat menegakkan menara.**

56. Setelah menara tegak maka pada hydraulic jack :

- a. **Tekanan hidrolis harus dibuang.(tekanan 0).**
- b. Tekanan hidrolis dipelihara sebesar tekanan saat menegakkan.
- c. Tekanan hidrolis tetap dipelihara sebesar yang diperlukan untuk menjaga posisi block tepat ditengah lubang rotary table.

57. Spesifikasi yang mempengaruhi besar kecilnya kekuatan putus (Breaking Strength)

dari drilling line adalah :

- a. **Ukuran nominal, grade baja dan core.**
- b. Ukuran nominal, grade baja dan konstruksi strand.
- c. Ukuran nominal, Konstruksi strand dan arah pintalan.

58. Wire rope yang berspesifikasi right lay regular lay berarti :

- a. Arah putaran wire (kawat) pada strand kekanan dan putaran strand ke kiri.
- b. Arah puntiran strand kekanan dan arah puntiran kawat (wire) kekanan.
- c. **Arah puntiran strand kekanan dan arah puntiran kawat (wire) ke kiri.**

59. Jumlah lilitan minimum drilling line yang harus ada pada drum tipe groove pada saat mulai menarik beban dengan travelling block terendah adalah :

- a. Satu lapisan ditambah 4 lilitan.
- b. **9 lilitan.**
- c. 19 lilitan.

60. Motor penggerak pompa sentrifugal yang dipergunakan untuk pendinginan rem drum drawwork dan hydromatic brake :

- a. **Harus berdiri sendiri (Independent).**
- b. Boleh dihubungkan dengan compound trans.
- c. Jawaban a dan b benar.

61. Ukuran nominal dari sebuah link diukur dari :

- a. Diameter dari mata atas link (upper eye).
- b. **Diameter dari mata bawah link (lower eye).**
- c. Diameter badan (tengah) batang link.

62. Kekuatan / kapasitas dari link akan menurun apabila :

- a. Diameter mata atas link berkurang.
- b. Diameter mata bawah link berkurang.
- c. **Diameter mata atas dan bawah link kedua-duanya berkurang.**

63. Untuk menentukan waktu drilling line harus dipotong adalah :

- a. Hanya ditetapkan berdasarkan jumlah ton mile yang telah dicapai oleh drilling line tersebut.
- b. Hanya berdasarkan dari pemeriksaan secara visual saja.
- c. **Berdasarkan jumlah ton mile yang dicapai dari pemeriksaan secara visual.**

64. Besarnya safety factor / service factor dari drilling line dihitung berdasarkan :

- a. **Breaking strength drilling line dibagi fast line load.**
- b. Breaking strength drilling line dibagi dead line load.
- c. Breaking strength drilling line dibagi dengan rata rata dead line dan fast line load.

65. Untuk safety factor / service factor yang lebih tinggi pada suatu operasi pemboran maka besarnya goal ton mile pemotong per feet adalah :

- a. Tetap tidak bertambah.
- b. Lebih rendah / turun.
- c. **Lebih besar / naik.**

Evaluasi

1. Tujuan penggunaan bantalan air saat melakukan drill stem test (UKL) adalah :
2. Apabila pipa bor terjepit yang disebabkan karena caving (dinding lubang bor runtuh) maka gejala yang tampak sebelumnya antara lain :
3. Untuk membor built-up section (menaikkan sudut kemiringan) Maka susunan BHA yang dipakai pada umumnya adalah :
4. Lubang bor sudah miring 35 derajat.maka bila kita ingin mengurangi dapat dilakukan dengan jalan :
5. Pada pemboran sumur berarah , dog leg severity adalah pengisian menunjukkan :
6. Pada pemboran lurus (Vertikal Drilling) menembus lapisan yang mempunyai kemiringan sekitar 60 derajat dari lapisan keras.Pemboran mempunyai kecenderungan untuk :
7. Pemboran menembus formasi dengan kemiringan yang tidakberaturan,untuk memperoleh lubang bor yang lurus dapat dilakukan usaha anrtara lain :
8. Untuk direction drilling ,pada lapisan lunak penggunaan deflection tool yang tepat dan ekonomis :
9. Arah lubang dinyatakan dengan 130 Azimuth ,maka apabila dinyatakan dalam bentuk kwadran, arah lubang adalah :
10. Titik lokasi permukaan dan target dinyatakan degan salib sumbu X,Y .Titik lokasi (1000 , 1000 m) titik target (-500m , 300m). Perkisaran mendatar (Horizontal deviation) adalah :

BAB IV

PENUTUP

Demikian Modul Diklat Pemboran Migas Grade 3 PKB bagi Guru pasca UKG ini disusun. Modul ini disusun sebagai acuan bagi semua pihak yang terkait dalam pelaksanaan kegiatan pelatihan dan PKB bagi guru dan tenaga kependidikan (GTK). Melalui modul Diklat Pemboran Migas Gade 3 ini selanjutnya semua pihak terkait dapat menemukan kemudahan dalam melaksanakan UKG kelanjutan dan menambah pengetahuan dan wawasan pada bidang dan tugas masing-masing.

Modul Diklat Pemboran Migas Grade 3 bagi Guru pasca UKG ini disusun ini merupakan bahan pelajaran atau materi yang harus dipelajari oleh guru pasca UKG. Semoga modul diklat Pemboran Migas Grade 3 bagi Guru pasca UKG ini dapat bermanfaat dan bias mengarahkan dan membimbing peserta diklat terutama para guru dan widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan diklat pengembangan keprofesian berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

1. B.R. Hergenhahn & Matthew H. Olson, *Theory of Learning*, Prenada Media Group, Jakarta 2008
2. Hasbullah, Dasar-dasar ilmu Pendidikan, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta 2006 H. Burton, *The Guidances of Learning Activities*, Appleton Century Crofts, New York, 1952
3. Paul Suparno, *Filsafat Konstruktivisme Dalam Pendidikan*, Kanisius, Yogyakarta, 1997
4. Sanjaya, Wina, *Perencanaan dan desain sistem pembelajaran*, Kencana Prenada Media Group, Jakarta 2008
5. Simanjuntak, B dan IL. Pasaribu, *Psikologi Perkembangan*, Tarsito, Bandung. 1981
6. Aguilera R., "Horizontal Wells: Formation Evaluation, Drilling, and Production, Including Heavy Oil Recovery", Gulf Publishing Company, Houston, 1991.
7. Short J., "Introduction to Directional And Horizontal Drilling", Penn Well Publishing Company, Tulsa, 1993.
8. nn., "Horizontal Drilling", SPE Reprint Series no.33, Society of Petroleum Engineers Inc., Richardson TX, 1991.
9. Pettus. D.S., "Horizontal Drilling: High-Angle and Extended-Reach", Southwest Geoservices, USA, 1992.
10. Joshi S.D., "Horizontal Well Technology", Penn Well Publishing Company, Tulsa-Oklahoma, 1991.
11. Pearson R.M., "Well Completion Design and Practices", IHRDC, USA, 1987.