



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Produksi Minyak dan Gas

Pedagogik : Pengembangan Kegiatan Ekstrakurikuler
**Profesional : Pengoperasian Peralatan di Permukaan
dan di Bawah Sumur**

**KELOMPOK
KOMPETENSI**





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Produksi Minyak dan Gas

Penyusun :

**Suratno, ST
SMKN 3 Mandau
suratno_rheno@yahoo.com
081392073326**

Reviewer :

**Ira Herawati, ST. MT
T. Minyak UIR Riau
iraherawati.amrul@yahoo.com
085271987687**

**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 Guru Pembelajar.

Pedoman Penyusunan Modul Diklat Guru Pembelajar 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 Guru Pembelajar 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 GP.

Jakarta, Maret 2016
Direktur Jenderal Guru dan Tenaga
Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Saran Cara Penggunaan Modul	3
BAB II	4
Kompetensi Pedagogik.....	4
A. Tujuan	4
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	4
C. Uraian Materi.....	4
D. Aktivitas Pembelajaran.....	14
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	14
F. Rangkuman.....	14
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	15
G. Kunci Jawaban.....	17
BAB III	29
Kompetensi Profesional	29
Kegiatan Pembelajaran 1.....	29
A. Tujuan	29
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	29

C. Uraian Materi.....	29
D. Aktivitas Pembelajaran.....	73
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	86
F. Rangkuman.....	86
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	86
Kegiatan Pembelajaran 2.....	90
A. Tujuan.....	90
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	90
C. Uraian Materi.....	90
D. Aktivitas Pembelajaran.....	116
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	124
F. Rangkuman.....	124
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	125
Kunci Jawaban.....	128
Evaluasi	130
PENUTUP.....	131
DAFTAR PUSTAKA	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
1	Konfigurasi dari peralatan ESP	33
2	Pompa ESP	35
3	Peralatan transformer	36
4	Transformator 3 fasa belitan delta – wye.	37
5	Transformer	40
6	Switchboard	40
7	Recording Ammeter	44
8	Junction Box	45
9	Kepala sumur	47
10	<i>Power cable</i>	49
11	Kurva Kelakuan Pompa Benam Listrik	50
12	Skema dari sistem komponen TDH	51
13	Diagram Moody	56
14	Faktor Gesekan Versus Kekasaran Relatif Pipa	56
15	Kehilangan Head Karena Friksi	57
16	Static Fluid Level	60
17	Working (Producing) Fluid Level	61
18	Kedalaman Pompa Minimum	62
19	Kedalaman Pompa Maksimum	63
20	Typical Pump Performance Curve	64
21	Kemungkinan Posisi Impeller	67
22	<i>Typical API sucker rod</i>	91
23	Conventional Pumping Unit	94

24	Low Torque Unit (Mark II unitorque Sucker Rod Pump)	95
25	Komponen <i>pumping unit</i>	97
26	Prime Mover	98
27	Gear Reducer	98
28	Crank Arm	99
29	Pitman	101
30	Walking Beam	101
31	Horse Head	102
32	Wire line	102
33	Carrier Bar	103
34	Counter Weight	103
35	Stuffing Box	104
36	Brake (Rem)	105
37	Skema Sucker Road Pump dengan bagian-bagiannya	107
38	Soft Packed Plungers (Oil Well)	108
39	Plain and Grooved Metal Plunger (Oil Well)	109
40	Tubing Pump	110
41	Insert Pump	111

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
1	Perbandingan antara voltage dan winding	39
2	Pompa Angguk	100

DAFTAR LAMPIRAN

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 Guru Pembelajar (GP) adalah pengembangan kompetensi Guru dan Tenaga Kependidikan yang dilaksanakan sesuai dengan kebutuhan, bertahap, dan berkelanjutan untuk meningkatkan profesionalitasnya.

Guru Pembelajar 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 GP akan mengurangi kesenjangan antara kompetensi yang dimiliki guru dan tenaga kependidikan dengan tuntutan profesional yang dipersyaratkan.

Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan GP baik secara mandiri maupun kelompok. Khusus untuk GP dalam bentuk diklat dilakukan oleh lembaga pelatihan sesuai dengan jenis kegiatan dan kebutuhan guru. Penyelenggaraan GP 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 Guru Pembelajaran Mata Pelajaran Teknik Produksi Migas Kelompok Kompetensi F bagi guru dan tenaga kependidikan pasca UKG untuk Sekolah Menengah Kejuruan dalam bidang Keahlian Teknik Produksi Migas. Modul ini dibuat untuk dijadikan bahan pembelajaran yang diperlukan oleh guru Teknik Produksi Migas pasca UKG dalam melaksanakan kegiatan GP. Selain itu modul ini juga dijadikan sebagai bahan belajar oleh para guru maupun tenaga kependidikan Teknik Produksi Migas untuk meningkatkan kompetensi dalam bidang Produksi Migas.

B. Tujuan

Tujuan disusunnya Modul Guru Pembelajaran Mata Pelajaran Teknik Produksi Migas Kelompok Kompetensi F adalah memberikan pemahaman bagi para guru maupun tenaga kependidikan sekolah kejuruan pasca UKG bidang keahlian Teknik Produksi Migas.

C. Peta Kompetensi

Manfaat disusunnya Modul Guru Pembelajaran Mata Pelajaran Teknik Produksi Migas Kelompok Kompetensi F adalah untuk dijadikan acuan bagi instansi penyelenggara pembelajaran 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 Produksi Migas
2. Menjadi acuan dalam menyusun dan mengembangkan tingkat kemampuan guru Teknik Produksi Migas untuk kegiatan UKG berikutnya.
3. Menghasilkan guru –guru yang memiliki keprofesionalan dalam bidang Teknik Produksi Migas yang diampuh.

D. Ruang Lingkup

Ruang Lingkup penyusunan Modul Guru Pembelajaran Mata Pelajaran Teknik Produksi Migas Kelompok Kompetensi F 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 Produksi Migas pasca UKG untuk meningkatkan kemampuannya.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Saran Cara Penggunaan Modul Guru Pembelajaran Mata Pelajaran Teknik Produksi Migas Kelompok Kompetensi F 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.

Semoga dengan mempelajari modul ini ilmu saudara akan semakin bertambah dan ilmu saudara bermanfaat bagi orang lain.

BAB II

PEDAGOGIK

MEFASILITASI PENGEMBANGAN POTENSI PESERTA DIDIK

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 :BAKAT DAN KECERDASAN PESERTA DIDIK.

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti sesi ini, peserta diklat dapat mengidentifikasi bakat dan kecerdasan peserta didik melalui ceramah, diskusi kelompok, brainstorming, dan penugasan mandiri.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Berbagai kegiatan pembelajaran melalui program ekstrakurikuler dirancang untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi siswa secara optimal..

C. Uraian materi

Bakat dan kecerdasan merupakan dua hal yang berbeda, namun saling terkait. Bakat adalah kemampuan yang merupakan sesuatu yang melekat (*inherent*) dalam diri seseorang. Bakat peserta didik dibawa sejak lahir dan terkait dengan struktur otaknya. Secara genetis struktur otak telah terbentuk sejak lahir, tetapi berfungsinya otak sangat ditentukan oleh cara peserta didik berinteraksi dengan lingkungannya. Biasanya kemampuan itu dikaitkan dengan intelegensi atau kecerdasan, dimana kecerdasan atau intelegensi (*Intelligence Quotient*) merupakan modal awal untuk bakat tertentu.

Potensi bawaan peserta didik sampai menjadi bakat berkaitan dengan kecerdasan intelektual (IQ) peserta didik. Tingkat intelektualitas peserta didik berbakat biasanya cenderung di atas rata-rata. Namun peserta didik yang intelektualitasnya tinggi tidak selalu menunjukkan peserta didik berbakat. Bakat seni dan olahraga misalnya, keduanya memerlukan strategi, taktik, dan logika yang berhubungan dengan kecerdasan. Dengan demikian, umumnya peserta didik berbakat memang memiliki tingkat intelegensi di atas rata-rata.

Peserta didik berbakat adalah peserta didik yang mampu mencapai prestasi yang tinggi karena mempunyai kemampuan-kemampuan yang unggul. Kemampuan-kemampuan tersebut meliputi :

1. kemampuan intelektual umum (kecerdasan atau intelegensi)
2. kemampuan akademik khusus
3. kemampuan berpikir kreatif-produktif
4. kemampuan memimpin
5. kemampuan dalam salah satu bidang seni
6. kemampuan psikomotor (seperti dalam olah raga).

Selain itu masih ada faktor lain yang juga turut menentukan perkembangan potensi peserta didik menjadi bakat, yakni kecerdasan emosi (*Emotional Quetient*). Peserta didik yang kontrol emosinya bagus akan lebih baik dalam mengembangkan bakat yang ia miliki. Misalnya, ketika ia memiliki bakat menyanyi, maka saat harus naik pentas ia akan menyanyi dengan penuh percaya diri. Artinya baik IQ dan EQ berperan menunjang keberhasilan peserta didik dalam mengembangkan potensinya menjadi bakat. Namun demikian selama ini orang tua lebih terpaku pada upaya peningkatan intelektualitas semata, sehingga peserta didik hanya diberikan konsumsi untuk daya pikirnya, EQ-nya tidak dikembangkan.

Bakat yang dimiliki peserta didik tidak terbatas pada satu keahlian. Jika bakat tersebut dikembangkan bisa menjadi lebih dari dua keahlian yang saling berkaitan. Misalnya jika peserta didik suka menyanyi tak jarang pula ia akan berbakat menari. Jika peserta didik suka baca puisi biasanya peserta didik akan punya bakat seni peran, dsb.

Bakat peserta didik juga berkaitan dengan bakat orangtua. Sekitar 60% bakat peserta didik diturunkan dari orangtua, selebihnya dipengaruhi faktor lingkungan. Bakat turunan bisa dideteksi dengan cara membandingkan peserta didik dengan peserta didik lain. Peserta didik berbakat lebih cepat berkembang ketimbang peserta didik lain seusianya, misalnya mereka lebih cepat dalam hal berhitung soal matematik, menari, atau menghafal lagu jika dibandingkan dengan peserta didik lainnya.

A. Tanda-tanda Bakat Peserta Didik

Berikut ini tanda-tanda bakat yang bisa tampak sejak dini padapeserta didik.

1. Mempunyai ingatan yang kuat.

Contoh: sanggup mengingat letak benda-benda, tempat-tempat penyimpanan, lokasi-lokasi, dsb.

2. Mempunyai logika dan keterampilan analitis yang kuat.

Contoh: sanggup menyimpulkan, menghubungkan satu kejadian dengan kejadian lain.

3. Mampu berpikir abstrak.

Contoh: membayangkan sesuatu yang tidak tampak, kemampuan berimajinasi dan asosiasi. Misal, membayangkan keadaan di bulan, di luar angkasa, atau tempat lain yang belum pernah dikunjungi.

4. Mampu membaca tata letak (ruang).

Contoh: menguasai rute jalan, ke mana harus berbelok, menyebutkan bentuk ruang.

5. Mempunyai keterampilan mekanis.

Contoh: pintar bongkar pasang benda yang rumit.

6. Mempunyai bakat musik dan seni.

7. Luwes dalam atletik dan menari.

8. Pintar bersosialisasi.

Contoh: mudah bergaul, mudah beradaptasi.

9. Mampu memahami perasaan manusia.

Contoh: pandai berempati, baik dan peduli pada orang lain.

10. Mampu memikat dan merayu.

Contoh: penampilannya selalu membuat orang tertarik, mampu membuat orang mengikuti kemauannya, dsb.

Selain memiliki tanda-tanda keunggulan di atas peserta didik berbakat mempunyai karakteristik negatifdiantaranya :

1. Mampu mengaktualisasikan pernyataan secara fisik berdasarkan pemahaman pengetahuan yang sedikit
2. Dapat mendominasi diskusi
3. Tidak sabar untuk segera maju ke tingkat berikutnya
4. Suka ribut
5. Memilih kegiatan membaca dari pada berpartisipasi aktif dalam kegiatan masyarakat, atau kegiatan fisik
6. Suka melawan aturan, petunjuk-petunjuk atau prosedur tertentu
7. Frustrasi disebabkan tidak jalannya aktivitas sehari-hari
8. Menjadi bosan karena banyak hal yang diulang-ulang
9. Menggunakan humor untuk memanipulasi sesuatu
10. Melawan jadwal yang (hanya) didasarkan atas pertimbangan waktu saja bukan atas pertimbangan tugas

Peserta didik yang unggul dalam bidang tertentu belum tentu unggul di bidang yang lain. Misalnya ada peserta didik yang unggul di bidang matematika, namun ia kurang mampu menyanyi di depan kelas atau menggambar. Sebaliknya peserta didik yang sudah sering tampil menyanyi di layar televisi, mungkin kurang tangkas bila harus memecahkan soal-soal matematika yang rumit di kelas. Kondisi semacam ini harus dipahami oleh guru. Kelebihan dan kelemahan yang ada pada peserta didik hendaknya diperlakukan secara seimbang. Dengan demikian potensi yang dipunyai peserta didik akan tumbuh

dan berkembang selaras dengan perkembangan ilmu yang mereka terima melalui pembelajaran di sekolah maupun di lingkungannya.

Keberhasilan pendidikan terkait dengan kemampuan orang tua dan guru dalam hal memahami peserta didik sebagai individu yang unik. Peserta didik harus dilihat sebagai individu yang memiliki berbagai potensi yang berbeda satu sama lain, namun saling melengkapi dan berharga. Mungkin dapat diibaratkan sebagai bunga-bunga aneka warna di suatu taman yang indah, mereka akan tumbuh dan merekah dengan keelokannya masing-masing.

B. Kecerdasan Peserta Didik

Howard Gardner (1993) menegaskan bahwa skala kecerdasan yang selama ini dipakai, ternyata memiliki banyak keterbatasan sehingga kurang dapat meramalkan kinerja yang sukses untuk masa depan seseorang. Menurut Gardner, kecerdasan seseorang meliputi unsur-unsur kecerdasan matematika logika, kecerdasan bahasa, kecerdasan musikal, kecerdasan visual spasial, kecerdasan kinestetik, kecerdasan interpersonal, kecerdasan intrapersonal, dan kecerdasan naturalis. Secara rinci masing-masing kecerdasan tersebut dijelaskan sebagai berikut.

1. Kecerdasan matematika-logika

Kecerdasan matematika-logika menunjukkan kemampuan seseorang dalam berpikir secara induktif dan deduktif, berpikir menurut aturan logika, memahami dan menganalisis pola angka-angka, serta memecahkan masalah dengan menggunakan kemampuan berpikir. Peserta didik dengan kecerdasan matematika-logika tinggi cenderung menyukai kegiatan menganalisis dan mempelajari sebab akibat terjadinya sesuatu. Ia menyukai berpikir secara konseptual, misalnya menyusun hipotesis dan mengadakan kategorisasi dan klasifikasi terhadap apa yang dihadapinya. Peserta didik semacam ini cenderung menyukai aktivitas berhitung dan memiliki kecepatan tinggi dalam menyelesaikan problem matematika. Apabila kurang memahami, mereka akan cenderung berusaha untuk bertanya dan mencari jawaban atas hal yang kurang dipahaminya tersebut. Peserta didik ini juga sangat menyukai berbagai

permainan yang banyak melibatkan kegiatan berpikir aktif, seperti catur dan bermain teka-teki.

2. Kecerdasan bahasa

Kecerdasan bahasa menunjukkan kemampuan seseorang untuk menggunakan bahasa dan kata-kata, baik secara tertulis maupun lisan, dalam berbagai bentuk yang berbeda untuk mengekspresikan gagasan-gagasannya. Peserta didik dengan kecerdasan bahasa yang tinggi umumnya ditandai dengan kesenangannya pada kegiatan yang berkaitan dengan penggunaan suatu bahasa seperti membaca, menulis karangan, membuat puisi, menyusun kata-kata mutiara, dan sebagainya. Peserta didik seperti ini juga cenderung memiliki daya ingat yang kuat, misalnya terhadap nama-nama orang, istilah-istilah baru, maupun hal-hal yang sifatnya detail. Mereka cenderung lebih mudah belajar dengan cara mendengarkan dan verbalisasi. Dalam hal penguasaan suatu bahasa baru, peserta didik ini umumnya memiliki kemampuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan peserta didik lainnya.

3. Kecerdasan musikal

Kecerdasan musikal menunjukkan kemampuan seseorang untuk peka terhadap suara-suara nonverbal yang berada di sekelilingnya, termasuk dalam hal ini adalah nada dan irama. Peserta didik jenis ini cenderung senang sekali mendengarkan nada dan irama yang indah, entah melalui senandung yang dilagukannya sendiri, mendengarkan *tape recorder*, radio, pertunjukan orkestra, atau alat musik dimainkannya sendiri. Mereka juga lebih mudah mengingat sesuatu dan mengekspresikan gagasan-gagasan apabila dikaitkan dengan musik.

4. Kecerdasan visual-spasial

Kecerdasan visual-spasial menunjukkan kemampuan seseorang untuk memahami secara lebih mendalam hubungan antara objek dan ruang. Peserta didik ini memiliki kemampuan, misalnya, untuk menciptakan imajinasi bentuk

dalam pikirannya atau kemampuan untuk menciptakan bentuk-bentuk tiga dimensi seperti dijumpai pada orang dewasa yang menjadi pemahat patung atau arsitek suatu bangunan. Kemampuan membayangkan suatu bentuk nyata dan kemudian memecahkan berbagai masalah sehubungan dengan kemampuan ini adalah hal yang menonjol pada jenis kecerdasan visual-spasial ini. Peserta didik demikian akan unggul, misalnya dalam permainan mencari jejak pada suatu kegiatan di kepramukaan.

5. Kecerdasan kinestetik

Kecerdasan kinestetik menunjukkan kemampuan seseorang untuk secara aktif menggunakan bagian-bagian atau seluruh tubuhnya untuk berkomunikasi dan memecahkan berbagai masalah. Hal ini dapat dijumpai pada peserta didik yang unggul pada salah satu cabang olahraga, seperti bulu tangkis, sepakbola, tenis, renang, dan sebagainya, atau bisa pula dijumpai pada peserta didik yang pandai menari, terampil bermain akrobat, atau unggul dalam bermain sulap.

6. Kecerdasan interpersonal

Kecerdasan interpersonal menunjukkan kemampuan seseorang untuk peka terhadap perasaan orang lain. Mereka cenderung untuk memahami dan berinteraksi dengan orang lain sehingga mudah bersosialisasi dengan lingkungan di sekelilingnya. Kecerdasan semacam ini juga sering disebut sebagai *kecerdasan sosial*, yang selain kemampuan menjalin persahabatan yang akrab dengan teman, juga mencakup kemampuan seperti memimpin, mengorganisir, menangani perselisihan antar teman, memperoleh simpati dari peserta didik yang lain, dan sebagainya.

7. Kecerdasan intrapersonal

Kecerdasan intrapersonal menunjukkan kemampuan seseorang untuk peka terhadap perasaan dirinya sendiri. Ia cenderung mampu untuk mengenali berbagai kekuatan maupun kelemahan yang ada pada dirinya sendiri. Peserta didik semacam ini senang melakukan introspeksi diri, mengoreksi kekurangan

maupun kelemahannya, kemudian mencoba untuk memperbaiki diri. Beberapa diantaranya cenderung menyukai kesunyian dan kesendirian, merenung, dan berdialog dengan dirinya sendiri.

8. Kecerdasan naturalis

Kecerdasan naturalis menunjukkan kemampuan seseorang untuk peka terhadap lingkungan alam, misalnya senang berada di lingkungan alam yang terbuka seperti pantai, gunung, cagar alam, atau hutan. Peserta didik dengan kecerdasan seperti ini cenderung suka mengobservasi lingkungan alam seperti aneka macam bebatuan, jenis-jenis lapisan tanah, aneka macam flora dan fauna, benda-benda angkasa, dan sebagainya.

Melalui konsepnya mengenai *multiple intelligences* atau kecerdasan ganda ini Gardner mengoreksi keterbatasan cara berpikir yang konvensional mengenai kecerdasan dari tunggal menjadi jamak. Kecerdasan tidak terbatas pada kecerdasan intelektual yang diukur dengan menggunakan beberapa tes inteligensi yang sempit saja, atau sekadar melihat prestasi yang ditampilkan seorang peserta didik melalui ulangan maupun ujian di sekolah belaka, tetapi kecerdasan juga menggambarkan kemampuan peserta didik pada bidang seni, spasial, olah-raga, berkomunikasi, dan cinta akan lingkungan.

Teori Gardner ini selanjutnya dikembangkan dan dilengkapi oleh para ahli lain. Diantaranya adalah Daniel Goleman (1995) melalui bukunya yang terkenal, *Emotional Intelligence* atau Kecerdasan Emosional.

Dari kedelapan spektrum kecerdasan yang dikemukakan oleh Gardner di atas, Goleman mencoba memberi tekanan pada aspek kecerdasan interpersonal atau antarpribadi. Inti sari kecerdasan ini mencakup kemampuan untuk membedakan dan menanggapi dengan tepat suasana hati, temperamen, motivasi, dan hasrat keinginan orang lain. Namun menurut Gardner, kecerdasan antarpribadi ini lebih menekankan pada aspek kognisi atau pemahaman, sementara faktor emosi atau perasaan kurang diperhatikan. Menurut Goleman faktor emosi ini sangat penting dan memberikan suatu warna yang kaya dalam kecerdasan antarpribadi ini. Ada lima wilayah kecerdasan pribadi dalam bentuk

kecerdasan emosional. Lima wilayah tersebut adalah kemampuan mengenali emosi diri, kemampuan mengelola emosi, kemampuan memotivasi diri, kemampuan mengenali emosi orang lain, dan kemampuan membina hubungan. Secara rinci lima wilayah kecerdasan tersebut dijelaskan sebagai berikut.

1. Kemampuan mengenali emosi diri

Kemampuan mengenali emosi diri adalah kemampuan seseorang dalam mengenali perasaannya sendiri sewaktu perasaan atau emosi itu muncul. Ini sering dikatakan sebagai dasar dari kecerdasan emosional. Seseorang yang mengenali emosinya sendiri adalah bila ia memiliki kepekaan yang tajam atas perasaan mereka yang sesungguhnya dan kemudian mengambil keputusan-keputusan secara mantap, dalam hal ini misalnya sikap yang diambil dalam menentukan berbagai pilihan seperti memilih sekolah, sahabat, pekerjaan, sampai soal pasangan hidup.

2. Kemampuan mengelola emosi

Kemampuan mengelola emosi adalah kemampuan seseorang untuk mengendalikan perasaannya sendiri sehingga tidak meledak dan akhirnya dapat mempengaruhi perilakunya secara salah. Mungkin dapat diibaratkan sebagai seorang pilot pesawat yang dapat membawa pesawatnya ke suatu kota tujuan kemudian mendaratkannya secara mulus. Misalnya, seseorang yang sedang marah dapat mengendalikan kemarahannya secara baik tanpa harus menimbulkan akibat yang akhirnya disesalinya di kemudian hari.

3. Kemampuan memotivasi diri

Kemampuan memotivasi diri adalah kemampuan memberikan semangat kepada diri sendiri untuk melakukan sesuatu yang baik dan bermanfaat. Dalam hal ini terkandung unsur harapan dan optimisme yang tinggi sehingga seseorang memiliki kekuatan semangat untuk melakukan aktivitas tertentu, misalnya dalam hal belajar, bekerja, menolong orang lain, dan sebagainya.

4. Kemampuan mengenali emosi orang lain

Kemampuan mengenali emosi orang lain adalah kemampuan untuk mengerti perasaan dan kebutuhan orang lain sehingga orang lain akan merasa senang karena dimengerti perasaannya. Kemampuan ini sering pula disebut sebagai kemampuan berempati, mampu menangkap pesan nonverbal dari orang lain. Dengan demikian, peserta didik-peserta didik ini akan cenderung disukai orang.

5. Kemampuan membina hubungan

Kemampuan membina hubungan adalah kemampuan untuk mengelola emosi orang lain sehingga tercipta keterampilan sosial yang tinggi dan membuat pergaulan seseorang menjadi lebih luas. Peserta didik dengan kemampuan ini cenderung mempunyai banyak teman, pandai bergaul, dan menjadi lebih populer.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan betapa pentingnya kecerdasan emosional dikembangkan pada diri peserta didik. Banyak dijumpai peserta didik yang begitu cerdas di sekolah, begitu cemerlang prestasi akademiknya, namun tidak mampu mengelola emosinya, seperti mudah marah, mudah putus asa, atau angkuh dan sombong, sehingga prestasi tersebut tidak banyak bermanfaat untuk dirinya. Ternyata kecerdasan emosional perlu lebih dihargai dan dikembangkan pada peserta didik sejak usia dini karena hal inilah yang mendasari keterampilan seseorang di tengah masyarakat kelak sehingga akan membuat seluruh potensinya dapat berkembang secara lebih optimal.

Hal lain dikemukakan oleh Robert Coles (1997) dalam bukunya yang berjudul *The Moral Intelligence of Children*. Dalam buku tersebut disebutkan bahwa di samping IQ (*Intelligence Quotient*) ada suatu jenis kecerdasan yang disebut sebagai *kecerdasan moral* yang juga memegang peranan amat penting bagi kesuksesan seseorang dalam hidupnya. Hal ini ditandai dengan kemampuan seorang peserta didik untuk bisa menghargai dirinya sendiri maupun diri orang lain, memahami perasaan terdalam orang-orang di sekelilingnya, dan mengikuti aturan-aturan yang berlaku, yang semuanya ini merupakan kunci keberhasilan bagi seorang peserta didik di masa depan. Sebagai individu, peserta didik yang

berada dalam komunitas sekolah selalu berkomunikasi dengan sesama teman, guru, dan orang lain. Namun sebagai makhluk Tuhan peserta didik mempunyai kewajiban untuk selalu taat menjalankan perintah agamanya (*Emotionally and Spiritual Quotient*). Oleh karena itu harus dijaga hubungan yang seimbang antara diri individu (IQ), sosial (EQ), dan hubungan dengan Tuhan (ESQ).

D. Aktivitas Pembelajaran

➤ Tugas Kelompok

Topik :Mengidentifikasi potensi peserta didik

Petunjuk :

1. Bentuk kelompok dengan 4 anggota.
 - Bagaimana cara anda mengidentifikasi bakat dan kecerdasan peserta didik anda?
 - Masalah-masalah apakah yang anda temukan dalam mengidentifikasi bakat dan kecerdasan peserta didik anda, dan temukan solusinya.
2. Hasil diskusi dipresentasikan di depan kelas dengan waktu 30 menit sekaligus memberikan reaksi terhadap tanggapan-tanggapan dari kelompok lain

E. Latihan/Kasus/Tugas

Berdasarkan bacaan di atas, jawablah pertanyaan berikut !

1. Bagaimanakah pemahaman Anda tentang bakat dan kecerdasan peserta didik anda ?
2. Jelaskan cara anda melakukan identifikasi bakat dan kecerdasan peserta didik anda !

F. Rangkuman

Bakat dan kecerdasan merupakan dua hal yang berbeda, namun saling terkait. Bakat adalah kemampuan yang merupakan sesuatu yang melekat

(*inherent*) dalam diri seseorang. Bakat peserta didik dibawa sejak lahir dan terkait dengan struktur otaknya. Secara genetik struktur otak telah terbentuk sejak lahir, tetapi berfungsinya otak sangat ditentukan oleh cara peserta didik berinteraksi dengan lingkungannya. Biasanya kemampuan itu dikaitkan dengan intelegensi atau kecerdasan, dimana kecerdasan atau intelegensi (*Intelligence Quotient*) merupakan modal awal untuk bakat tertentu.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mohon untuk mengisi pertanyaan ini berdasarkan materi yang sudah Anda pelajari, pada selembar kertas.

Nama :

Tanggal :

- Apa saja yang sudah saya lakukan berkaitan dengan bakat dan kecerdasan peserta didik?
- Bagaimanakah pikiran/perasaan saya tentang materi kegiatan belajar ini ?

H. Evaluasi

1. Kemampuan yang merupakan sesuatu yang melekat (*inherent*) dalam diri seseorang di sebut ...
 - a. bakat
 - b. potensi
 - c. watak
 - d. kecerdasan
2. Yang merupakan modal awal untuk membentuk bakat adalah ...

- a. tabiat
 - b. potensi
 - c. kecerdasan
 - d. watak.
3. Peserta didik berbakat adalah...
- a. yang mampu mencapai prestasi yang tinggi karena mempunyai kemampuan-kemampuan yang unggul
 - b. yang mampu mencapai prestasi pada rata-rata karena mempunyai kemampuan-kemampuan yang unggul
 - c. yang mampu mencapai prestasi yang rendah karena tidak mempunyai kemampuan-kemampuan yang unggul
 - d. yang mampu mencapai prestasi pada rata-rata dan tidak mempunyai kemampuan-kemampuan yang unggul
4. Jika peserta didik membayangkan keadaan di bulan, di luar angkasa, atau tempat lain yang belum pernah dikunjunginya, maka hal ini menunjukkan bahwa peserta didik tersebut memiliki tanda bakat ...
- a. Mempunyai logika dan keterampilan analisis yang kuat
 - b. Mampu membaca tata letak
 - c. Mempunyai keterampilan mekanis
 - d. Mampu berpikir abstrak
5. Kemampuan seseorang dalam berpikir secara induktif dan deduktif, berpikir menurut aturan logika, memahami dan menganalisis pola angka-angka, serta memecahkan masalah dengan menggunakan kemampuan berpikir merupakan kecerdasan ...
- a. Matematika-logika
 - b. Bahasa
 - c. Visual spasial
 - d. Interpersonal

I. Kunci Jawaban

1. A
2. C
3. A
4. D
5. A

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 :IDENTIFIKASI POTENSI PESERTA DIDIK

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini, peserta diklat dapat mengidentifikasi potensi peserta didik melalui ceramah, diskusi kelompok, brainstorming, dan penugasan mandiri.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Berbagai kegiatan pembelajaran melalui program ekstrakurikuler dirancang untuk mendorong peserta didik mencapai prestasi secara optimal.

C. Uraian materi

Ciri-Ciri (indikator) Keberbakatan peserta didik

Untuk menyelesaikan pendidikan di SLTP, peserta didik diharuskan menempuh sejumlah mata pelajaran yang secara garis besar dapat dikelompokkan dalam empat bidang, yaitu Matematika, Sains, Pengetahuan Sosial, dan Bahasa. Selain itu peserta didik juga harus menempuh beberapa mata pelajaran pilihan yang sesuai dengan bakat dan minatnya.

Bakat peserta didik dapat mengarah pada kemampuan numerik, mekanik, berpikir abstrak, relasi ruang (spasial), dan berpikir verbal. Minat seseorang secara vokasional dapat berupa minat profesional, minat komersial, dan minat kegiatan fisik. Minat profesional mencakup minat-minat keilmuan dan sosial. Minat komersial adalah minat yang mengarah pada kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan bisnis. Minat fisik mencakup minat mekanik, minat kegiatan luar, dan minat navigasi (kedirgantaraan/ penerbangan).

Bakat dan minat berpengaruh pada prestasi mata pelajaran tertentu. Dalam satu kelas, bakat dan minat peserta didik yang satu berbeda dengan bakat dan minat peserta didik yang lainnya. Namun setiap peserta didik diharapkan dapat

menguasai semua materi pelajaran yang diajarkan oleh guru di sekolah. Dengan bakat dan minat masing-masing, prestasi peserta didik pada mata pelajaran tertentu akan berbeda dengan prestasi belajar peserta didik yang lain pada mata pelajaran yang sama. Selain itu, prestasi peserta didik pada mata pelajaran yang satu bisa berbeda dengan prestasinya pada pelajaran yang lain.

Ada tiga kelompok ciri keberbakatan, yaitu: (1) kemampuan umum yang tergolong di atas rata-rata (*above average ability*), (2) kreativitas (*creativity*) tergolong tinggi, (3) komitmen terhadap tugas (*task commitment*) tergolong tinggi. Lebih lanjut Yaumul (1991) menjelaskan bahwa: (1) Kemampuan umum di atas rata-rata merujuk pada kenyataan antara lain bahwa peserta didik berbakat memiliki perbendaharaan kata-kata yang lebih banyak dan lebih maju dibandingkan peserta didik biasa; cepat menangkap hubungan sebab akibat; cepat memahami prinsip dasar dari suatu konsep; seorang pengamat yang tekun dan waspada; mengingat dengan tepat serta memiliki informasi aktual; selalu bertanya-tanya; cepat sampai pada kesimpulan yang tepat mengenai kejadian, fakta, orang atau benda. (2) Ciri-ciri kreativitas antara lain: menunjukkan rasa ingin tahu yang luar biasa; menciptakan berbagai ragam dan jumlah gagasan guna memecahkan persoalan; sering mengajukan tanggapan yang unik dan pintar; tidak terhambat mengemukakan pendapat; berani mengambil resiko; suka mencoba; peka terhadap keindahan dan segi-segi estetika dari lingkungannya. (3) komitmen terhadap tugas sering dikaitkan dengan motivasi intrinsik untuk berprestasi, ciri-cirinya mudah terbenam dan benar-benar terlibat dalam suatu tugas; sangat tangguh dan ulet menyelesaikan masalah; bosan menghadapi tugas rutin; mendambakan dan mengejar hasil sempurna; lebih suka bekerja secara mandiri; sangat terikat pada nilai-nilai baik dan menjauhi nilai-nilai buruk; bertanggung jawab, berdisiplin; sulit mengubah pendapat yang telah diyakininya. Munandar (1992) mengungkapkan ciri-ciri (indikator) peserta didik berbakat sebagai berikut :

1. Indikator Intelektual/belajar

- a. mudah menangkap pelajaran
- b. mudah mengingat kembali

- c. memiliki perbendaharaan kata yang luas
- d. penalaran tajam (berpikir logis, kritis, memahami hubungan sebab akibat)
- e. daya konsentrasi baik (perhatian tidak mudah teralihkan)
- f. menguasai banyak bahan tentang macam-macam topik
- g. senang dan sering membaca
- h. mampu mengungkapkan pikiran, perasaan atau pendapat secara lisan/tertulis dengan lancar dan jelas
- i. mampu mengamati secara cermat
- j. senang mempelajari kamus, peta dan ensiklopedi
- k. cepat memecahkan soal
- l. cepat menemukan kekeliruan atau kesalahan
- m. cepat menemukan asas dalam suatu uraian
- n. mampu membaca pada usia lebih muda
- o. daya abstraksi cukup tinggi
- p. selalu sibuk menangani berbagai hal

2. Indikator kreativitas

- a. memiliki rasa ingin tahu yang besar
- b. sering mengajukan pertanyaan yang berbobot
- c. memberikan banyak gagasan dan usul terhadap suatu masalah
- d. mampu menyatakan pendapat secara spontan dan tidak malu-malu
- e. mempunyai/menghargai rasa keindahan
- f. mempunyai pendapat sendiri dan dapat mengungkapkannya, tidak mudah terpengaruh orang lain
- g. memiliki rasa humor tinggi
- h. mempunyai daya imajinasi yang kuat
- i. mampu mengajukan pemikiran, gagasan pemecahan masalah yang berbeda dari orang lain
- j. dapat bekerja sendiri
- k. senang mencoba hal-hal baru
- l. mampu mengembangkan atau merinci suatu gagasan (kemampuan elaborasi)

3. Indikator motivasi

- a. tekun menghadapi tugas (dapat bekerja terus menerus dalam waktu yang lama, tidak berhenti sebelum selesai)
- b. ulet menghadapi kesulitan (tidak lekas putus asa)
- c. tidak memerlukan dorongan dari luar untuk berprestasi
- d. ingin mendalami bahan/bidang pengetahuan yang diberikan
- e. selalu berusaha berprestasi sebaik mungkin (tidak cepat puas dengan prestasinya)
- f. menunjukkan minat terhadap macam-macam masalah “orang dewasa” (misalnya terhadap pembangunan, korupsi, keadilan dan sebagainya)
- g. senang dan rajin belajar, penuh semangat, cepat bosan dengan tugas-tugas rutin dapat mempertahankan pendapat-pendapatnya (kalau sudah yakin akan sesuatu, tidak mudah melepaskan hal yang diyakini tersebut)
- h. mengejar tujuan-tujuan jangka panjang (dapat menunda pemuasan kebutuhan sesaat yang ingin dicapai kemudian)
- i. senang mencari dan memecahkan soal-soal

➤ **Kecenderungan Minat Jabatan peserta didik**

Kecenderungan minat jabatan peserta didik dapat dikenali dari tipe kepribadiannya. Holland (1985) mengidentifikasikan tipe kepribadian seseorang berikut ciri-cirinya. Dari identifikasi kepribadian peserta didik menunjukkan bahwa tidak semua jabatan cocok untuk semua orang. Setiap tipe kepribadian tertentu mempunyai kecenderungan terhadap minat jabatan tertentu pula. Berikut disajikan kecenderungan tipe kepribadian dan ciri-cirinya.

1. Realistik (*realistic*), yaitu kecenderungan untuk bersikap apa adanya atau realistik. Ciri-ciri kecenderungan ini adalah : rapi, terus terang, keras kepala, tidak suka berkhayal, tidak suka kerja keras.

2. Penyelidik (*investigative*), yaitu kecenderungan sebagai penyelidik. Ciri-ciri kecenderungan ini meliputi : analitis, hati-hati, kritis, suka yang rumit, rasa ingin tahu besar.
3. Seni (*artistic*), yaitu kecenderungan suka terhadap seni. Ciri-ciri kecenderungan ini adalah: tidak teratur, emosi, idealis, imajinatif, terbuka.
4. Sosial (*social*), yaitu kecenderungan suka terhadap kegiatan-kegiatan yang bersifat sosial. Ciri-cirinya : melakukan kerjasama, sabar, bersahabat, rendah hati, menolong, dan hangat.
5. Suka usaha (*enterprising*), yaitu kecenderungan menyukai bidang usaha. Ciri-cirinya : ambisius, energik, optimis, percaya diri, dan suka bicara.
6. Tidak mau berubah (*conventional*), yaitu kecenderungan untuk mempertahankan hal-hal yang sudah ada, enggan terhadap perubahan. Ciri-cirinya : hati-hati, bertahan, kaku, tertutup, patuh konsisten.

➤ **Proses Identifikasi Pontensi Peserta Didik**

Potensi peserta didik dapat dideteksi dari keberbakatan intelektual pada peserta didik. Ada dua cara pengumpulan informasi untuk mengidentifikasi anak berbakat, yaitu dengan menggunakan data objektif dan data subjektif. Identifikasi melalui penggunaan data objektif diperoleh melalui antara lain :

1. skor tes inteligensi individual
2. skor tes inteligensi kelompok
3. skor tes akademik
4. skor tes kreativitas

Sedangkan identifikasi melalui penggunaan data subjektif diperoleh dari :

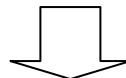
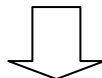
1. ceklis perilaku
2. nominasi oleh guru
3. nominasi oleh orang tua
4. nominasi oleh teman sebaya dan
5. nominasi oleh diri sendiri

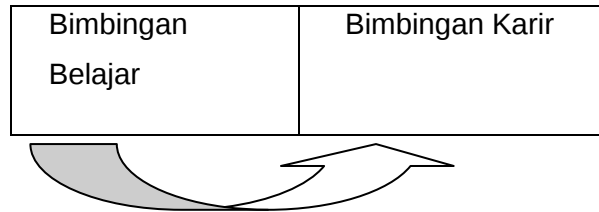
Untuk melakukan identifikasi dengan menggunakan data objektif seperti tes inteligensi individual, tes inteligensi kelompok dan tes kreativitas, pihak sekolah

dapat menghubungi Fakultas Psikologi yang ada di kota masing-masing maupun Kantor Konsultan Psikologi. Sedangkan untuk memperoleh skor tes akademik, sekolah dapat melakukannya sendiri. Biasanya prestasi akademik yang dilihat dari anak berbakat intelektual adalah dalam mata pelajaran : Bahasa Indonesia, bahasa Inggris, Matematika, Pengetahuan Sosial, Sains (Fisika, Biologi, dan Kimia). Untuk pengumpulan informasi melalui data subjektif, sekolah dapat mengembangkan sendiri dengan mengacu pada konsepsi dan ciri (indikator) keberbakatan yang terkait.

Laporan hasil penjaringan potensi peserta didik dapat dimanfaatkan sebagai masukan dalam memberikan layanan bimbingan dan konseling, terutama dalam program pelayanan bimbingan belajar dan bimbingan karir. Program bimbingan belajar terutama diberikan kepada peserta didik yang mempunyai prestasi dibawah rata-rata agar dapat memperoleh prestasi yang lebih tinggi. Program bimbingan karir diberikan kepada semua peserta didik dalam rangka mempersiapkan mereka untuk melanjutkan studi dan menyiapkan karirnya. Secara diagram, pemanfaatan hasil penjaringan potensi peserta didik ditunjukkan dalam gambar sebagai berikut :

Mata Pelajaran/Kelompok Mata Pelajaran	Skala Prestasi	
	0 10	Rata-rata
Matematika	*	
Sains		*
Pengetahuan Sosial		*
Bahasa	*	





➤ **Peranan Guru Dalam Mengembangkan Potensi Peserta Didik**

Dalam Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional pasal 39 ayat (2) menyebutkan pendidik merupakan tenaga profesional yang bertugas merencanakan dan melaksanakan proses pembelajaran, menilai hasil pembelajaran, melakukan pembimbingan dan pelatihan, serta melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, terutama bagi pendidik pada perguruan tinggi. Sedangkan dalam pasal 32 ayat (1) disebutkan bahwa pendidikan khusus merupakan pendidikan bagi peserta didik yang memiliki tingkat kesulitan dalam mengikuti proses pembelajaran karena kelainan fisik, emosional, mental, sosial, dan/atau memiliki potensi kecerdasan dan bakat istimewa.

Dalam pembelajaran guru sebagai pendidik berinteraksi dengan peserta didik yang mempunyai potensi beragam. Untuk itu pembelajaran hendaknya lebih diarahkan kepada proses belajar kreatif dengan menggunakan proses berpikir divergen (proses berpikir ke macam-macam arah dan menghasilkan banyak alternatif penyelesaian) maupun proses berpikir konvergen (proses berpikir mencari jawaban tunggal yang paling tepat). Dalam konteks ini guru lebih banyak berperan sebagai fasilitator dari pada pengarah yang menentukan segala-galanya bagi peserta didik. Sebagai fasilitator guru lebih banyak mendorong peserta didik (motivator) untuk mengembangkan inisiatif dalam menjajagi tugas-tugas baru. Guru harus lebih terbuka menerima gagasan-gagasan peserta didik dan lebih berusaha menghilangkan ketakutan dan kecemasan peserta didik yang menghambat pemikiran dan pemecahan masalah secara kreatif.

Bagaimana hal ini dapat diwujudkan pada suasana pembelajaran yang dapat dinikmati oleh peserta didik? Jawabannya adalah pembelajaran menggunakan pendekatan kompetensi, antara lain dalam proses pembelajaran guru :

1. memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk bermain dan berkreaitivitas,
2. memberi suasana aman dan bebas secara psikologis,
3. disiplin yang tidak kaku, peserta didik boleh mempunyai gagasan sendiri dan dapat berpartisipasi secara aktif
4. memberi kebebasan berpikir kreatif dan partisipasi secara aktif.

Semua ini akan memungkinkan peserta didik mengembangkan seluruh potensi kecerdasannya secara optimal. Suasana kegiatan belajar-mengajar yang menarik, interaktif, merangsang kedua belahan otak peserta didik secara seimbang, memperhatikan keunikan tiap individu, serta melibatkan partisipasi aktif setiap peserta didik akan membuat seluruh potensi peserta didik berkembang secara optimal. Selanjutnya tugas guru adalah mengembangkan potensi peserta didik menjadi kemampuan yang maksimal.

D. Aktivitas Pembelajaran

➤ Tugas Kelompok

1. Bentuk kelompok dengan 4 anggota, diskusikanlah :
 - Bagaimana cara anda mengidentifikasi potensi peserta didik anda?
 - Masalah-masalah apakah yang anda temukan dalam mengidentifikasi potensi peserta didik anda, dan temukan solusinya.
3. Hasil diskusi dipresentasikan di depan kelas dengan waktu 30 menit sekaligus memberikan reaksi terhadap tanggapan-tanggapan dari kelompok lain

E. Latihan/Kasus/Tugas

Berdasarkan bacaan di atas, jawablah pertanyaan berikut !

1. Bagaimanakah pemahaman Anda tentang potensi peserta didik anda ?
2. Jelaskan cara anda melakukan idetifikasi potensi peserta didik anda !

F. Rangkuman

Potensi peserta didik dapat dideteksi dari keberbakatan intelektual pada peserta didik. Ada dua cara pengumpulan informasi untuk mengidentifikasi anak berbakat, yaitu dengan menggunakan data objektif dan data subjektif. Identifikasi melalui penggunaan data objektif diperoleh melalui antara lain :

1. skor tes inteligensi individual
2. skor tes inteligensi kelompok
3. skor tes akademik
4. skor tes kreativitas

Sedangkan identifikasi melalui penggunaan data subjektif diperoleh dari :

1. ceklis perilaku
2. nominasi oleh guru
3. nominasi oleh orang tua
4. nominasi oleh teman sebaya dan
5. nominasi oleh diri sendiri

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mohon untuk mengisi pertanyaan ini berdasarkan materi yang sudah Anda pelajari, pada selemba kertas.

Nama :

Tanggal :

- Apa saja yang sudah anda lakukan berkaitan dengan potensi peserta didik?
- Bagaimanakah pikiran/perasaan anda tentang materi kegiatan belajar ini ?

H. Evaluasi

Pilihlah jawaban yang benar menurut Anda

1. Di bawah ini yang mempengaruhi prestasi peserta didik adalah ...
 - a. Bakat dan watak
 - b. Minat dan emosional

- c. Bakat dan emosional
 - d. Bakat dan minat
2. Peserta didik yang memiliki ciri-ciri kreativitas adalah ...
 - a. Menunjukkan rasa ingin tahu yang luar biasa
 - b. Cepat menangkap hubungan sebab akibat
 - c. Mudah terlibat dalam suatu tugas
 - d. Mendambakan dan mengejar hasil sempurna
 3. Indikator-indikator dibawah ini yang termasuk motivasi adalah...
 - a. Memiliki rasa ingin tahu yang tinggi
 - b. Memiliki rasa humor yang tinggi
 - c. Senang mencoba hal-hal baru
 - d. Ulet menghadapi kesulitan
 4. Kecenderungan minat jabatan peserta didik dapat dikenali dari tipe ...
 - a. Kompetensinya
 - b. Kepribadiannya
 - c. Kemampuannya
 - d. Kemauannya
 5. Rapi, terus terang, keras kepala, tidak suka berkhayal, tidak suka bekerja keras, merupakan tipe kepribadian ...
 - a. Realistik
 - b. Penyelidik
 - c. Seni
 - d. Sosial
 - a.

I. Kunci Jawaban

1. D
2. A
3. D
4. B
5. A

BAB III

PROFESIONAL

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

A. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Saudara dapat:

1. Mengoperasikan sesuai fungsi peralatan dipermukaan dan di bawah permukaan sumur ESP
2. Menganalisis perencanaan ESP

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menggunakan *Well head, Junction box, Switch board, Transformer, Protector, Intake separator, Kabel, Check valve dan Bleeder valve*)
2. Mengukur Diameter *Casing*
3. Mengukur Diameter *Tubing*
4. Menganalisis Kedalaman *Perforasi*
5. Menganalisis *Pump Setting Depth (PSD)*

C. Uraian Materi

C.3.A ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP

Electric Submersible Pump system adalah suatu metode dari *artificial lift* yang banyak digunakan untuk memompakan *reservoir fluid* dari formasi sumur yang cukup jauh dalam perut bumi ke permukaan.

Pompa jenis ini telah sukses digunakan sejak puluhan tahun yang lewat. Selama periode tersebut, banyak perbaikan yang sudah dilakukan agar ia dapat beroperasi dengan baik, dan mempunyai daya tahan yang lebih lama. Untuk meningkatkan kemampuan ESP system, maka ia dilengkapi dengan beberapa *accessories*.

Sistem pemasangan ESP terdiri dari dua bagian utama, yaitu : komponen permukaan (surface equipment) dan komponen bawah permukaan (down hole equipment). Surface equipment terdiri dari :

1. *Transformer*
2. *Switch board*
3. *Junction box*
4. *Well head.*

Sedangkan *down hole equipment* terdiri dari :

1. *Multistage centrifugal pump*
2. *Intake / gas separator*
3. *Protector*
4. *Electric motor*

Down hole equipment digantung dengan *tubing* di dalam *casing* (pipa selubung), arus listrik dialirkan dari permukaan melalui kabel listrik ke motor di dalam lobang sumur dan diikatkan ke *tubing*. ESP dibuat oleh beberapa perusahaan seperti : KOBE, TRW REDA, CENTRILIFT, ESP dan BAKER LIFT TRICO dengan kemampuan produksi yang berbeda-beda yaitu mulai 100 bbls/hari s/d 100.000 bbls/hari. Di daerah CPI yang paling banyak digunakan adalah TRW REDA, walaupun di beberapa daerah ada juga yang menggunakan KOBE, CENTRILIFT, BAKER LIFT TRICO.

Pompa *submersible* merupakan pompa jenis sentrifugal yang diciptakan oleh seorang sarjana kelahiran Rusia bernama Prof. Armais Arutunoff. Pada saat itu pompa ini digunakan untuk memompa air di tambang-tambang pada Perang Dunia I. Perkembangan selanjutnya memungkinkan untuk digunakan pada sumur-sumur minyak yang dalam dan dapat memberikan laju produksi yang besar.

Selain untuk sumur produksi, ESP juga dapat digunakan untuk proyek-proyek water flooding dan pressure maintenance, dimana ESP dipasang pada sumur-sumur injeksi. ESP dapat juga digunakan pada sumur-sumur yang tidak menggunakan *tubing* (*tubingless completion*) dan produksi dilakukan melalui

casing. Pada umumnya pompa jenis ESP ini digunakan pada sumur-sumur artificial lift dengan produksi besar dan GOR rendah.

Saat ini ada beberapa produsen ESP, yang terbesar adalah Reda (70% pasaran dunia), Centrilift (25% pasaran dunia), Oil Line, ODI, Weir dan lain-lain. Pada prinsipnya pompa-pompa ini sama saja, kecuali pada bentuk (disain) *impeller* dan *diffuser*nya.

Pada dasarnya *electric submersible pump* ini adalah merupakan pompa *sentrifugal* bertingkat banyak, dimana poros dari pompa *sentrifugal* dihubungkan langsung dengan penggerak. Motor penggerak ini menggunakan tenaga listrik, sedangkan sumber listriknya diambil dari *power plant*, dimana tenaga listrik untuk pompa disuplai dari *switch board* dan *transformator* (trafo) di permukaan dengan perantara kabel listrik yang di *clamp* pada *tubing* dengan jarak 15 hingga 20 ft.

Listrik bisa dari 220 – 240 volts, tergantung dari unitnya. Pompa ini bisa memproduksi 300 – 60,000 BFPD (pada 10" – 3/4" OD casing) dan kedalamannya ada yang sampai 15,000 ft³). Ukuran motornya bisa dari 1 – 700 HP dan ini lebih besar dari alat pompa manapun. Gambar 1 menunjukkan suatu ESP dan bagian-bagiannya.

C.3.A.1 Design Electric Submersible Pump

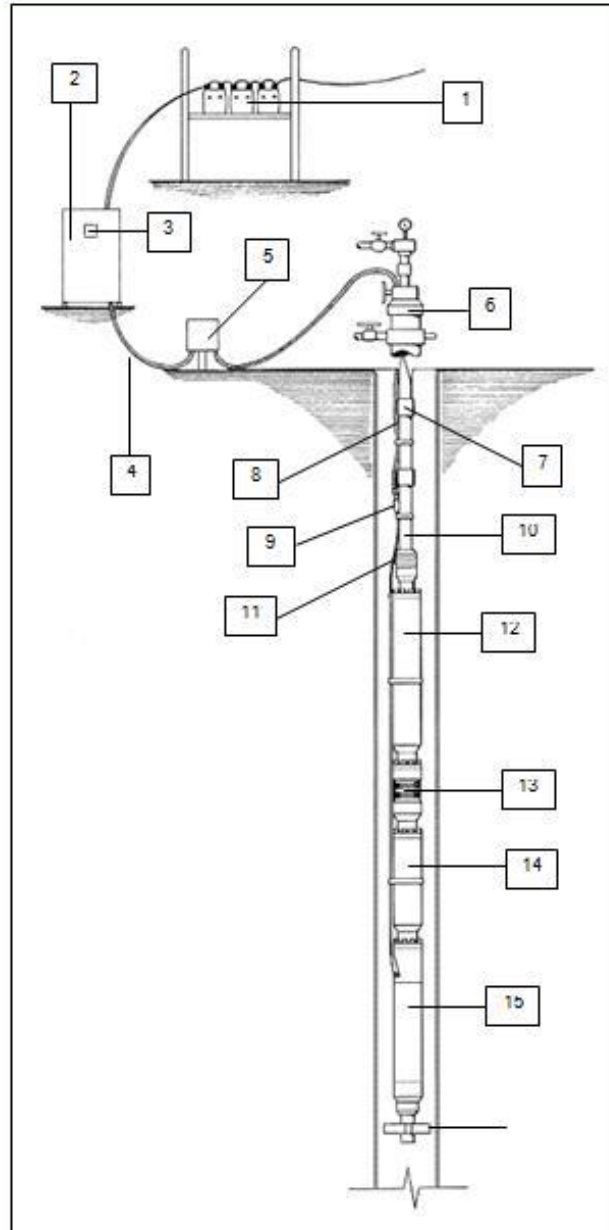
Jenis *artificial lift* ini sangat cocok jika aliran fluida dari *reservoir* ke dalam sumur bergerak dengan cepat dan *fluid level* cukup tinggi. ESP kurang cocok untuk formasi gas dan formasi yang berpasir atau *solid handling*.

Desain ESP tidak sesulit disain pompa yang lain, karena masing-masing komponen mempunyai banyak ukuran dan penentuan dari satu komponen dilanjutkan dengan penentuan komponen berikutnya.

Desain ESP akan rumit bilamana laju produksi q belum ditentukan dan masih menjadi fungsi dari indek produktivitas (PI) sumur TDH, atau bila viskositasnya tinggi dan bila GORnya tinggi, penggunaan VFD dan lain-lain.

Setiap tingkat dari pompa sentrifugal terdiri dari *impeller* (bagian yang berputar) dan *diffuser* (bagian yang diam). Tenaga dalam bentuk tekanan didapat dari

cairan yang dipompakan disekitar *impeller*. Gerakan berputar impeller mengakibatkan cairan ikut berputar, yaitu arah radial (akibat dari gaya sentrifugal) dan arah *tangensial*.



Gambar 1. Konfigurasi dari peralatan ESP

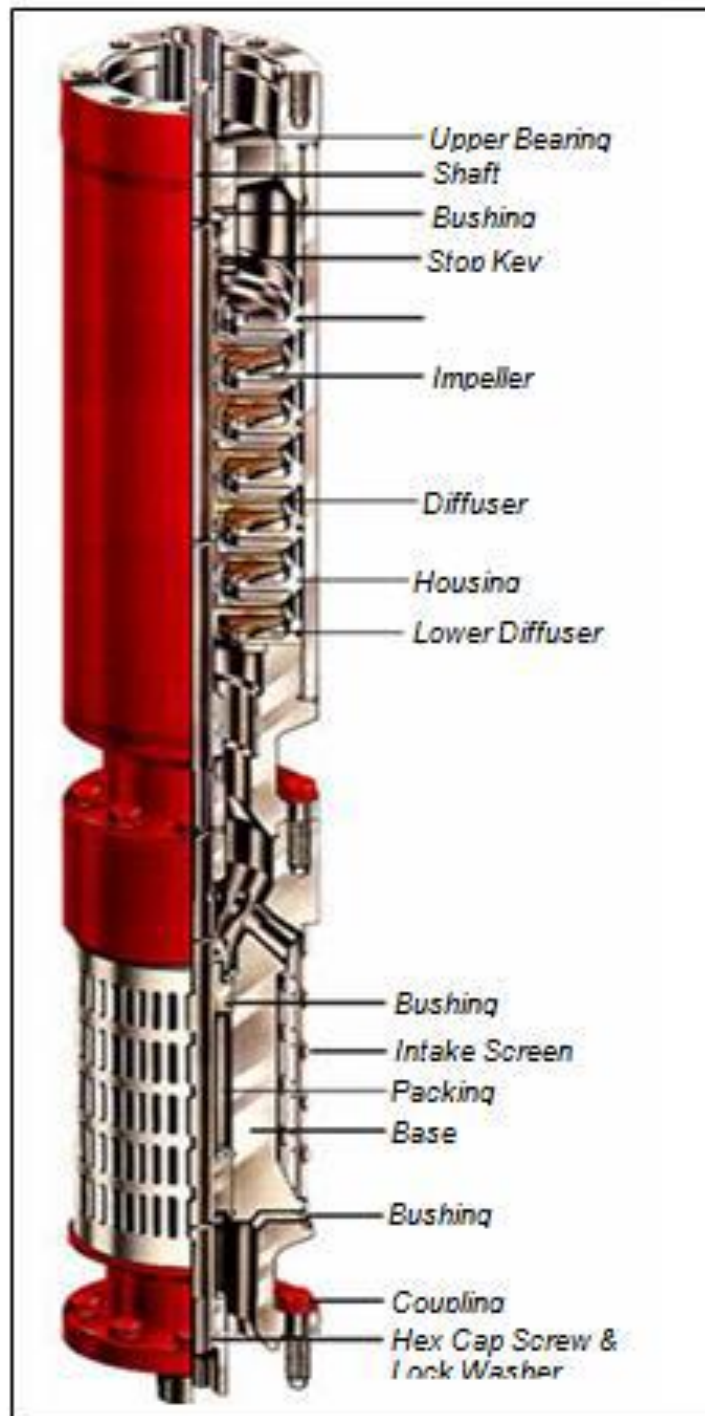
KONFIGURASI DARI ESP

1. *Transformator*
2. *Switchboard*
3. *Ammeter*
4. *Surface cable*
5. *Junction Box*
6. *Well head*
7. *Bleeder valve*
8. *Round cable*
9. *Splice*
10. *Tubing*
11. *Flat cable*
12. *Pump*
13. *Intake / Gas separator*
14. *Protector*
15. *Motor*
16. *Centralizer*

C.3.A.2 Prinsip Kerja *Electric Submersible Pump*

Prinsip kerja *Electric submersible pump* adalah berdasarkan pada prinsip kerja pompa *sentrifugal* dengan sumbu putarnya tegak lurus. Pompa *sentrifugal* adalah *motor hidrolis* dengan jalan memutar cairan yang melalui *impeller* pompa, cairan masuk ke dalam *impeller* pompa menuju poros pompa, dikumpulkan oleh *diffuser* kemudian akan dilempar ke luar. Oleh *impeller* tenaga mekanis motor dirubah menjadi tenaga hidrolis.

Impeller terdiri dari dua piringan yang didalamnya terdapat sudu-sudu, pada saat *impeller* diputar dengan kecepatan sudut ω , cairan dalam *impeller* dilemparkan keluar dengan tenaga potensial dan kinetik tertentu. Cairan yang ditampung dalam rumah pompa kemudian dievaluasikan melalui *diffuser*, sebagian tenaga kinetik dirubah menjadi tenaga potensial berupa tekanan. Karena cairan dilempar ke luar, maka terjadi proses penghisapan.



Gambar 2. Pompa ESP

C.3.A.3 Peralatan di permukaan dan di bawah permukaan sumur ESP

1. TRANSFORMATOR



Gambar 3. Peralatan *transformer*

Transformator atau *trafo* adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan AC. Beberapa komponen dasar *transformator* dan kegunaannya:

1. Kumparan *Primer*, yaitu sisi *input* dari *transformator*
2. Kumparan *Sekunder*, yaitu sisi *output* dari *transformator*
3. Inti besi, sebagai media perpindahan *fluks magnetik*

Untuk mengurangi rugi-rugi *eddy current* maka inti besi *transformer* dibuat berlapis-lapis dan masing-masing lapisan terisolasi secara magnetis

Berdasarkan keperluan di *Switchboard*, *transformer* ada 2 jenis:

1. *Control power transformer* 1 fasa dipakai untuk menurunkan *incoming high voltage* 960 / 480 volts menjadi 110 - 120 volts yang diperlukan untuk mengoperasikan *control circuits*.

2. Power transformer 3 phasa dipakai untuk menurunkan incoming high voltage 13800 volts menjadi 960 atau 480 volts yang diperlukan untuk mengoperasikan ESP unit sesuai dengan HP motor yang terpasang.

3. Prinsip Kerja *Transformer*

Prinsip kerja transformator berdasarkan induksi magnetik dimana jika suatu penghantar dialiri arus akan timbul medan listrik dan jika suatu penghantar mendapatkan medan listrik yang berubah-ubah akan muncul tegangan induksi (emf). Besarnya kenaikan atau penurunan tegangan suatu *transformator* tergantung pada perbandingan lilitan primer dan sekunder.

Prinsip perbandingan lilitan ini dirumuskan sbb:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

Tegangan yang ditimbulkan belitan sisi *sekunder* (V2) berbanding lurus dengan jumlah lilitan sekunder (N2) sedangkan arusnya berbanding terbalik. Sebagai contoh, misalkan diinginkan tegangan keluaran 110V dari listrik 220V. Berapakah perbandingan lilitan yang diperlukan?

Solusi:

$$V_1 = 220V$$

$$V_2 = 110V$$

Jadi, perbandingan lilitan primer dan *sekunder transformator* adalah:

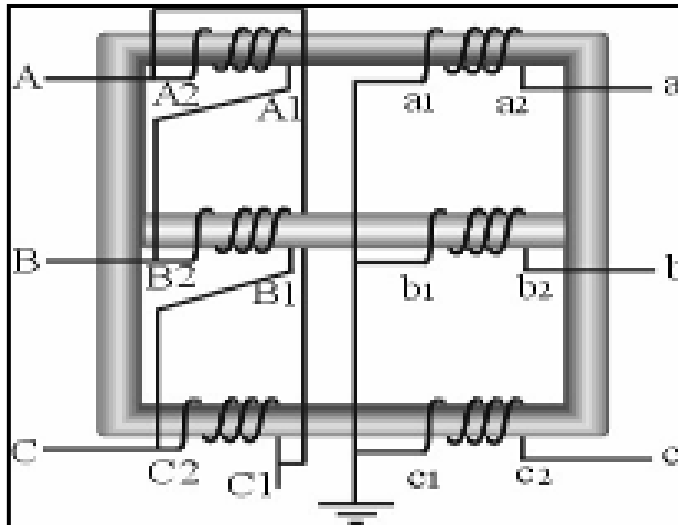
$$N_1 : N_2 = V_1 : V_2 = 2 : 1$$

Autotransformator

Autotransformator adalah *transformator* yang hanya memiliki 1 kumparan, kumparan primer dan kumparan sekunder berada dalam 1 lilitan.

Perbandingan tegangan *primer* dan *sekunder* tergantung pada jumlah belitan *primer* dan *sekunder*, sama dengan *transformator* biasa.

Transformator 3 Fasa



Gambar 4. Transformator 3 fasa belitan *delta – wye*.

Transformator 3 fasa digunakan pada sistem 3 fasa. Gambar disamping adalah gambar dari *transformator 3 fasa belitan delta – wye*.

ABC dikoneksikan secara *delta*

abc dikoneksikan secara *wye* yang netralnya di-*ground*-kan.

Apabila dilihat dari sistem pentanahannya, perbedaan belitan Y dan Delta adalah:

1. Pada belitan Y, apabila titik netral dihubungkan dengan *ground* maka sistem mempunyai titik netral ke *ground* sebagai referensi
2. Pada belitan Delta tidak memungkinkan adanya referensi titik netral pada *transformator* tersebut, sehingga jika perlu *referensi ground* perlu adanya peralatan lain atau sistem lain untuk mentanahkannya, misalkan dengan *transformator Zig-Zag*, atau dengan *transformator Delta-Wye* yang lain.

Sistem Pendinginan pada *Transformator*

Sistem pendinginan pada *transformator* merupakan sesuatu yang sangat penting, yang berfungsi untuk menjaga agar kondisi *transformator* tidak terlalu panas ketika memikul beban. Jika sistem pendinginannya cukup baik maka usia

transformator akan lebih lama. Namun jika sistem pendinginan mengalami gangguan, maka belitan/kumparan transformator menjadi panas, selanjutnya *isolasi transformator* dapat rusak dan menyebabkan *transformator short circuit*. Sistem pendinginan *transformator* dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. *Air Natural Cooling* (pendinginan dengan udara biasa)
2. *Oil immersed Natural Cooling* (pendinginan dengan direndam kedalam minyak)
3. *Oil Natural Air Natural* (pendinginan dengan udara dan minyak)
4. *Oil-immersed Forced-oil Circulation*. (Pendinginan dengan direndam ke dalam minyak yang dialirkan)

Tapping Transformer

Dalam beberapa hal transformer dirancang untuk menampung beban dari bermacam-macam *voltage* yang diperlukan. *Transformer* adakalanya mempunyai satu *winding* pada *primary* dan dua *winding* pada *secondary*. *Primary winding* mempunyai beberapa taps, sehingga *winding* dalam jumlah tertentu dapat digunakan. Jika suatu *voltage* tertentu digunakan ke 110 % dari *primary winding*, maka jumlah *volts* perputaran akan lebih sedikit, kalau dibandingkan dengan *voltage* yang digunakan pada 90 % dari *winding* tersebut.

Tabel 1. Perbandingan antara *voltage* dan *winding*

% <i>Primary Winding</i> yang digunakan	<i>Tap Setting</i>	<i>Input Voltage</i>	<i>Output Voltage</i>
110 %	A atau 1	12000	1080
105 %	B atau 2	12000	1140
100 %	C atau 3	12000	1200
95 %	D atau 4	12000	1260
90 %	E atau 5	12000	1320

Tabel di atas mewakili sebuah *transformer* dengan 12000 volt *primary* dan mempunyai perbandingan putaran (turn ratio) 10 : 1. Persentase rating-nya menunjukkan pada tap-nya. Distribusi *transformer* yang besar biasanya

diperengkapi dengan sebuah *selector switch* yang dapat membuat si pemakai merubah *persentase winding* yang dipakai tanpa harus merubah sistem sambungan kabelnya secara manual.



Gambar 5. *Transformer*

2. SWITCHBOARD

Switchboard adalah kombinasi dari motor starter, overload-underload protective device, time delay dan recording instrument.



Gambar 6. *Switchboard*

Switchboard dilengkapi dengan:

1. Pemutus arus secara *manual/Main Breaker* (manual switch)
2. *Bush fuse*
3. *Control fuse*
4. *Current transformer*
5. *Control power transformer*
6. *Lightning arrester*
7. *Magnetically operated*
8. *Motor controller*
9. *Recording Ammeter*

Electrical power yang masuk ke *switchboard* dihubungkan ke sebuah *manually operated disconnect switch*. Kalau *disconnect switch* menutup, *power* akan mengalir ke motor melalui *fuse*, terus ke *contactor* dan *downhole cable*.

Switchboard dibagi menjadi dua bahagian yaitu:

- 1) Ruangan untuk voltage tinggi (high voltage compartment)
- 2) Ruangan untuk voltage rendah (low voltage compartment)

High voltage compartment terdiri dari empat element dasar yaitu :

- 1) *Surface power input cable*
- 2) *Disconnect switch* dan *contactor*
- 3) *Current transformer* dan *control power transformer*
- 4) *Downhole output cable*

Low voltage compartment yang sangat vital adalah *Motor Controller*, dimana berfungsi untuk :

1. Menghidupkan ESP unit dengan beberapa pengaman
2. Mencatat kinerja ESP unit
3. Melindungi ESP unit bekerja pada kondisi tidak normal

Jenis controller yang dipakai di daerah operasi CPI sekarang yaitu :

- a) *Conventional relay*

- b) *Kratos*
- c) *Reda alert*
- d) *Keltronic K095*
- e) *Vortex control system*

Contoh parameter setting untuk *Vortex Control* yang bisa dilihat di display adalah sebagian berikut:

1. *Running load* : pada meter *choice* # 1, 2, 3
2. *Running voltage* : pada meter *choice* # 4, 5, 6
3. *Over load* : 115 % dari running load motor ESP, *choice* # 11
4. *Under load* : 85 % kali running load pada meter *choice* # 12
5. *Over voltage* : 115 % kali voltage no load, pada meter *choice* # 13
6. *Under voltage* : 75 % kali voltage running, pada meter *choice* # 14

Note :

- Catat nilai *parameter setting*
- *Meter choice* adalah letak / posisi dimana urutan *setting* itu berada.

Setting seperti ini akan melindungi *electric motor* pada ESP unit dari *voltage unbalance*, *current unbalance*, *pump stuck*, *not pumping*, *gas lock* atau *pump intake* tersumbat.

Time delay pada *automatic restart timer* harus di set waktunya minimum 30 menit untuk memonitor well dan cukup 10 menit untuk *well* yang sudah dilengkapi dengan *check valve* di atas pompanya. Tujuannya adalah untuk mencegah motor tidak hidup diwaktu masih terjadi putaran terbalik setelah unit mati.

Switchboard dibuat dalam beberapa macam ukuran. Ukuran tersebut ditentukan oleh *surface voltage* yang diperlukan dan *horsepower motor*. *Surface voltage* yang diperlukan adalah *voltage motor* dan *voltage* yang hilang pada *power cable*. *Switchboard* ditempatkan minimum pada jarak 50 feet dari sumur dan diantaranya dipasang *junction box*. Tempat pemasangan *switchboard* harus diatur sedemikian rupa agar tidak mengganggu diwaktu sumur di *service*.

Fungsi *switchboard*:

- Menghidupkan dan mematikan SPS
- Memonitor kinerja SPS (recording chart)
- Mengontrol SPS terhadap overload dan underload
- Tempat melakukan troubleshooting
- Menghidupkan dan mematikan ESP unit
- Memonitor dan mencatat kinerja ESP unit
- Melindungi ESP unit bekerja pada kondisi tidak normal
- Berdasarkan tegangan, *switchboard* dibagi menjadi 2 bahagian:
 - Ruang untuk voltage tinggi (960 volts/480 volts)
 - Ruang untuk voltage rendah (120 volts)
- Setting yang benar pada controller akan melindungi motor listrik pada ESP unit dari gangguan sumber listrik, gangguan mekanik pada pompa dan gangguan *reservoir*
- Setiap terjadi perubahan arus listrik pada ESP unit, akan tercatat oleh *recording ammeter* pada *chart*

Jarak yang direkomendasikan untuk pemasangan *switchboard* adalah 100 feet dari *wellhead*.

Switchboard tersedia dengan range 440 – 2100 volts dan ditempatkan pada kotak tahan cuaca (Gambar 3.6). Switch board berfungsi untuk mengontrol kerja pompa. Peralatan yang ada pada switch board bermacam-macam, tergantung keperluan, tetapi yang paling utama adalah :

1. *Start stop panel*, yang berfungsi untuk menghidupkan atau mematikan motor secara manual maupun otomatis.
2. *Breaker*, sebagai pemutus aliran listrik saat dilakukan reparasi pompa.
3. *Sekering* (fuse), merupakan pengaman jika terjadi hubungan singkat pada arus listrik atau bila terjadi over voltage.
4. Anti petir dan recording ammeter (pencatat besarnya arus yang digunakan oleh motor).

Kadang-kadang terdapat lampu tanda bahaya, *timers* untuk pompa *intermittent* dan alat-alat kontrol otomatis seperti *float* dan tekanan.

3. RECORDING AMMETER

Amperage yang dialami motor akan dicatat dan dapat dilihat pada *recording ammeter*. Arus yang sudah diturunkan oleh *current transformer* tidak saja dipakai oleh *motor controller* dan *amperage measuring device*, melainkan juga oleh *recording ammeter* (RAM).

RAM dipasang pada sebuah jam (clock device) komplit dengan pena yang akan menuliskan banyak arus yang sedang dialami oleh motor. Setiap terjadi perubahan arus atau ESP mati, maka perubahan tersebut dicatat oleh RAM pada chart. Informasi yang sudah tercatat pada RAM chart berguna bagi *operator* atau *electrician* untuk menentukan tindakan apa selanjutnya yang perlu dilakukan.



Gambar 7. *Recording Ammeter*

4. VENTED JUNCTION BOX

Pada umumnya *cruide oil* yang diproduksi dari sumur-sumur minyak selalu bercampur gas yang sangat mudah terbakar. Sejalan dengan lama pemakaiannya, maka kemampuan *power cable* untuk menahan gas kepermukaan bisa menjadi berkurang. Jika gas mengalir melalui *cable* dan sampai ke *switchboard*, dimana *contactor* dapat menimbulkan percikan api yang dapat menyebabkan kebakaran. Untuk menghindari kemungkinan terjadinya

kebakaran, maka perlu memasang *vented junction box* pada setiap pemasangan ESP. Junction box dipasang diantara *wellhead* dan *switchboard*. Ia harus mampu membuang gas ke atmosphere sebelum mencapai *switchboard*, sehingga dapat menghindari bahaya ledakan dalam *switchboard*.

Kegunaan lain dari *junction box* adalah untuk memudahkan penyambungan *power cable* dan bisa juga tempat melakukan pengukuran *load motor* oleh *electrician* atau *pumper*. Jarak *junction box* dengan *wellhead* minimal 15 ft dan kira-kira 2 atau 3 ft di atas permukaan tanah.



Gambar 8. Junction Box

5. KEPALA SUMUR (WELL HEAD)

Well head (kepala sumur) adalah suatu alat yang terletak diatas *surface casing* yang berfungsi sebagai :

- Penyangga *casing* (tempat bergantungnya rangkaian casing).
- Penyangga *tubing* (tempat bergantungnya rangkaian tubing).
- Kedudukan dari BOP baik sewaktu pengeboran ataupun sewaktu kerja ulang.
- Penyekat (seal) antara *tubing* dan *casing*.

- *Flow passage* (jalan keluar) utama bagi cairan dari suatu sumur yang naik melalui *annulus* selama pengeboran & tempat untuk memonitor tekanan *casing*.

Well head juga dilengkapi dengan *flow out control* yang dipergunakan sewaktu pengeboran atau sewaktu kerja ulang.

Konfigurasi *Well Head*

- *Low Pressure Well Head*.

- Setiap sambungan mempergunakan ulir (thread connection).
- Dibuat untuk menahan tekanan tidak lebih dari 3000 psi tekanan kerja.

- *Medium Pressure Well Head*

- . Sambungan-sambungannya memakai baut (flange type).
- Sanggup menahan tekanan sampai dengan 5000 psi.

- *High Pressure Well Head*.

- Semua-sambungannya memakai baut (flange type).
- Hanya menggunakan BX *metal ring*.
- Mempunyai kesanggupan menahan tekanan diatas 5000 psi (pressure rating 10.000, 15.000 dan 20.000 psi).

Tubing head untuk ESP diperlengkapi dengan lobang tempat lewat *power cable* dan alat penyekat tekanan dari dalam sumur yang disebut ***doughnut***. Ada beberapa macam *design* yang digunakan untuk melewati *power cable* melalui *tubing hanger*. Masing-masing design mempunyai *rating pressure* yang berbeda-beda. Kalau *design* untuk melewati *power cable* menggunakan *mandrel*, biasanya mempunyai *rating pressure* yang lebih tinggi dari *rubber pack-off type*.

Electrical mandrel disambung dengan *system* drat ke dalam lobang kedua dalam *tubing hanger* dan *power cable* dengan *connector* disambung dengan *plug system* ke bagian bawah *mandrel*. *Surface cable* dengan *connector* yang sama digunakan di atas *tubing hanger*. Bentuk *wellhead* seperti ini dapat menahan gas agar jangan mengalir melalui *power cable* dari dalam lobang sumur ke permukaan.



Gambar 9. Kepala sumur

Kerusakan *Well Head*

Ada 3 (tiga) penyebab utama dari kebocoran/kerusakan pada *well head*.

1. Berkarat (corroded) yang disebabkan karena :
 - Sifat dari fluida yang diproduksi oleh sumur itu sendiri
 - *Chemical/additive* yang dipompakan sewaktu pekerjaan *workover*
2. Terkikis (wash out) yang terjadi :
 - Sewaktu sumur memproduksi
 - Sewaktu pekerjaan *workover* berlangsung
3. Terbentur oleh benda-benda lain yang bergerak disekitar sumur tersebut.

Pencegahan Kebocoran/Kerusakan

1. Karena berkarat.
 - Memompakan/menginjeksikan cairan anti karat (corrosion inhibitor) secara terus menerus atau berkala kedalam sumur.
 - Menukar *well head* dengan yang anti karat (stainless steel).

2. Karena terkikis.

- Memakai *well head* yang lebih tahan terhadap tekanan.
- Tidak melakukan pencekikan (*choking*) melalui kerangan pada *well head* sewaktu pengetesan sumur atau *kill well* (pergunakan *choke manifold*).

3. Karena terbentur.

- Setiap peralatan (*lifting equipment* ataupun alat angkut lainnya) harus selalu dipandu apabila melakukan pekerjaan disekitar sumur.
- Tidak diizinkan melakukan kegiatan pada *radius* tertentu dari sumur tanpa ada izin dari pengawas lapangan.
- Pekerjaan penggantian *well head* hanya boleh dilakukan pada saat tidak ada tekanan pada kepala sumur.

5. Power cable

Power cable gunanya untuk mengalirkan arus listrik dari *switchboard* ke *motor*. Kabel terbuat dari tembaga dengan rancangan yang disesuaikan dengan kondisi sumur serta besar/kecil *horse power* (HP) dari *motor*. Komponen *power cable*

- *Aarmor*, terbuat dari lapisan baja dan *galvanize*
- *Filler*, terbuat dari pelat tipis dari kuningan (*brass shim*)
- *Lead jacket*, terbuat dari timah
- *Insulation*, terbuat dari karet
- *Conductor*, terbuat dari tembaga sebagai penghantar arus

Cable clamp

Digunakan untuk mengikat *power cable* di sepanjang rangkaian pipa dan ESP dengan jarak dan jumlah yang tertentu. Panjang dari *clamp* tergantung dari ukuran pipa atau ESP tempat kabel diikatkan. *Clamp* terdiri dari: *strapping* yang terbuat dari *high tensile steel* dan *seal* atau *buckle* yang terbuat dari *galvanize*.

Alat yang digunakan untuk memasang atau membuka *cable clamp*:

- *Stretcher* sebagai *tensioner* atau penegang *clamp*
- *Sealer* sebagai penjepit *seal* atau *buckle* dari *strapping*
- *Tin cutter* sebagai pemotong

Cable guard

Terbuat dari baja yang dipasang bersama dengan *clamp* untuk mengikat kabel pada rangkaian SPS dengan tujuan melindungi kabel terhadap gesekan dengan *casing* sewaktu dimasukkan atau dicabut.

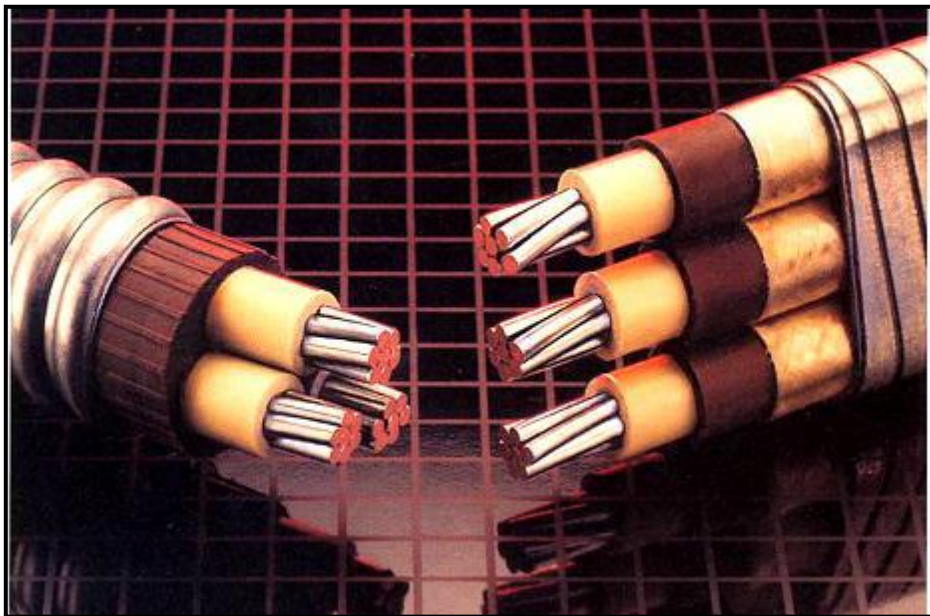
Peralatan Pelindung:

Check valve

- Dipasang 2 atau 3 joint di atas pompa pada rangkaian pipa (di atas SPS) dengan tujuan mencegah terjadinya *back pressure* terhadap SPS, sehingga tidak ada beban sewaktu akan dihidupkan.

Bleeder valve/Circulating sub

- Dipasang 1 – 2 joint di atas *check valve* dengan tujuan membuang fluida yang terperangkap mulai dari permukaan sampai dengan *check valve*.

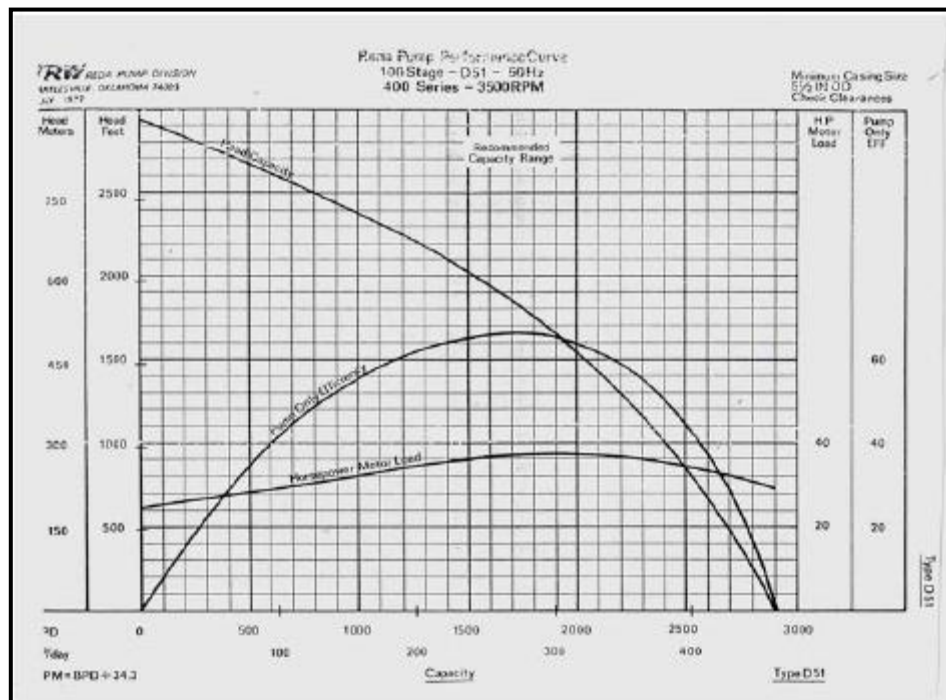


Gambar 10. *Power cable*

C.3.A.4 Dasar Perhitungan *Electrical Submersible Pump*

Pada prinsipnya perencanaan atau desain suatu unit pompa benam listrik untuk sumur-sumur dengan WC tinggi adalah sama seperti perencanaan unit pompa

benam listrik biasa, dimana dengan maksimalnya laju produksi yang diinginkan maka maksimal juga produksi air yang terproduksi. Kontrolnya dengan menghitung laju kritis dimana besarnya laju produksi minyak yang diinginkan lebih besar dari laju kritis sehingga terjadi *water coning*. Produksi tersebut terus dilakukan karena masih bernilai ekonomis dan terjadinya *water coning* bersifat wajar untuk sumur-sumur tua yang mempunyai *water cut* yang lebih besar dari 90%.

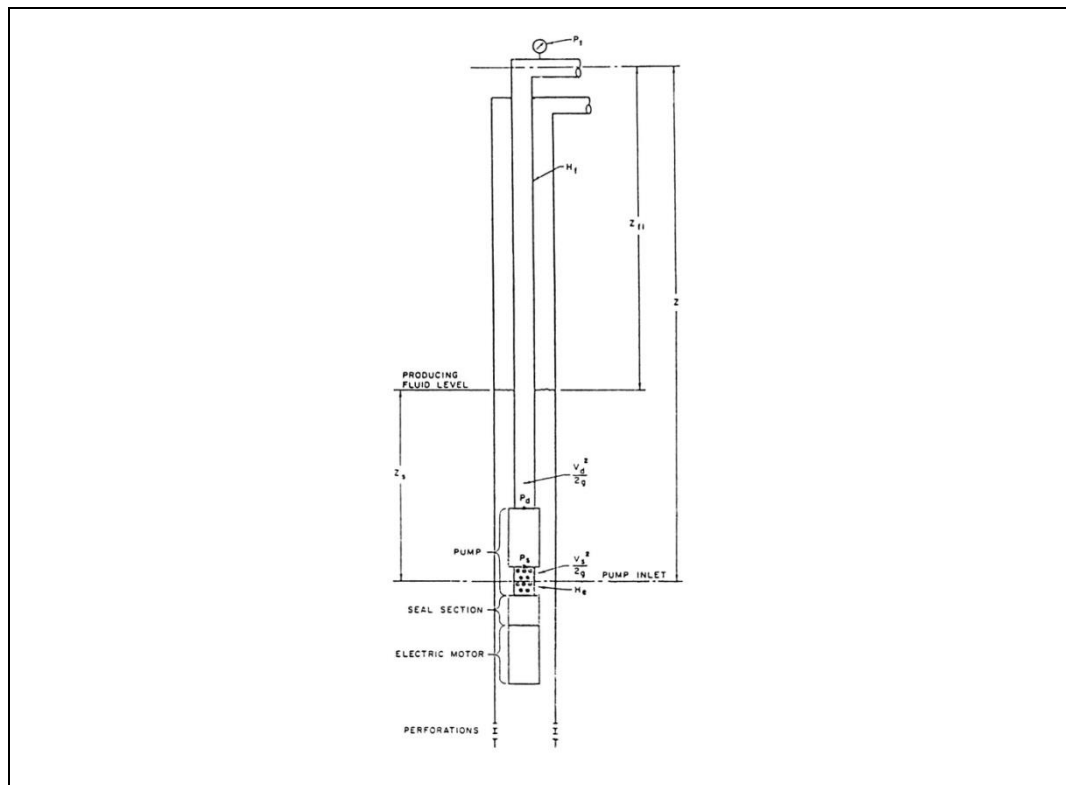


Gambar 11. Kurva Kelakuan Pompa Benam Listrik

Total Dynamic Head (TDH)

Total dynamic head adalah suatu istilah dalam dunia pompa yang menyatakan tekanan total dimana pompa beroperasi, dinyatakan sebagai *head* (ketinggian kolom cairan, ft). TDH juga dapat dinyatakan sebagai perbedaan tekanan (pressure differential) sepanjang pompa (outlet – inlet), atau sebagai kerja yang dilakukan oleh pompa pada cairan untuk menaikkan energi dari tingkat tertentu ke tingkat lainnya.

Energi disegala titik adalah jumlah *pressure head*, *elevation head* dan *velocity head* (atau tekanan, ketinggian dan kecepatan). *Pressure head* adalah *head* yang berhubungan dengan tekanan disuatu titik tertentu. *Velocity head* adalah ketinggian diatas suatu datum yang ditentukan. *Velocity head* adalah *head* *ekivalen* dimana cairan akan jatuh pada pada kecepatan yang sama. Gambar 12 memperlihatkan suatu skema dari sistem komponen TDH ini.



Gambar 12. Skema dari sistem komponen TDH

Faktor-Faktor yang Berpengaruh Pada TDH

Dengan mengabaikan selisih *elevasi inlet* dan *outlet* pompa, maka energi pada kedua titik ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$E_s = P_s + \frac{v_s^2}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

$$E_d = P_d + \frac{v_d^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

E_s = energi pada lubang masuk (suction) pompa

P_s = tekanan pada lubang masuk

$\frac{v_s^2}{2g}$ = kecepatan (dinyatakan dalam head) pada lubang masuk

E_d = energi pada lubang keluar (discharge) pompa

P_d = tekanan pada lubang keluar

$\frac{v_d^2}{2g}$ = kecepatan (dinyatakan dalam head) pada lubang keluar.

TDH adalah selisih energi antara kedua titik keluar dan masuk. Jadi :

$$TDH = E_d - E_s \dots\dots\dots (3)$$

atau :

$$TDH = P_d + \frac{v_d^2}{2g} - P_s - \frac{v_s^2}{2g} \dots\dots\dots (4)$$

Selanjutnya :

$$P_d = Z + \frac{P_t \times 2.31}{SG} + H_f \dots\dots\dots (5)$$

dan :

$$P_s = Z_s - \frac{v_s^2}{2g} - H_e \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

Z = kedalaman pompa (pump suction depth), ft

P_t = tekanan tubing di permukaan, psi

H_f = kehilangan tekanan karena friksi, ft

Z_s = kedalaman tenggelamnya pompa, ft

H_e = kehilangan tekanan waktu di lubang masuk, ft.

Jika persamaan diatas disubstitusikan, maka :

$$TDH = \left(Z + \frac{P_t \times 2.31}{SG} + H_f \right) + \frac{v_d^2}{2g} - \left(Z_s - \frac{v_s^2}{2g} - H_e \right) - \frac{v_s^2}{2g}$$

$$TDH = (Z - Z_s) + \frac{P_t \times 2.31}{SG} + H_f + \frac{v_d^2}{2g} + H_e$$

$$TDH = Z_{fl} + \frac{P_t \times 2.31}{SG} + H_f + \frac{v_d^2}{2g} + H_e \dots\dots\dots (7)$$

dimana :

Z_{fl} = kedalaman dari permukaan fluida di anulus pada saat sumur sedang berproduksi (producing fluid level), ft.

Kedua term yang terakhir pada persamaan ini dapat diabaikan. Kebanyakan ESP mempunyai kecepatan fluida dibawah 10 ft/sec dan cukup ruang untuk masuknya fluida. Jadi :

$$TDH = Z_{fl} + \frac{P_t \times 2.31}{SG} + H_f \dots\dots\dots (8)$$

atau :

$$TDH = Z_{fl} + \frac{P_t}{G_f} + H_f \dots\dots\dots (9)$$

dimana:

G_f = gradien tekanan fluida, psi/ft.

Banyak persamaan telah diusulkan untuk menghitung kehilangan energi (tekanan atau head) yang disebabkan oleh gesekan fluida yang mengalir dalam pipa. Persamaan yang paling umum digunakan adalah persamaan Darcy dan Weisbach, yaitu sebagai berikut :

$$H_f = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (10)$$

dimana:

f = friction factor

L = panjang pipa

v = kecepatan rata-rata fluida

d = diameter pipa

g = percepatan gravitasi.

Untuk aliran laminar, faktor gesekan ditentukan dengan menggunakan persamaan Moody sebagai berikut :

$$f = \frac{64\mu}{\rho v d} = \frac{64}{N_{Re}} \dots\dots\dots (11)$$

Pendekatan untuk penentuan faktor gesekan untuk aliran turbulen dimulai dari persoalan yang sederhana, yaitu untuk pipa halus (smooth pipe), kemudian untuk pipa kasar (rough wall pipe). Untuk pipa yang halus, telah banyak korelasi yang dikembangkan, dimana masing-masing berlaku untuk selang bilangan Reynold (N_{Re}) yang berbeda-beda. Persamaan yang umum digunakan, yang berlaku untuk selang harga N_{Re} yang luas, yaitu $3000 < N_{Re} < 3 \times 10^6$, dikembangkan oleh Drew, Koo dan Mc Adam (1932), yaitu sebagai berikut :

$$f = 0.0056 + 0.5N_{Re}^{-0.32} \dots\dots\dots (12)$$

Sedangkan untuk pipa yang kasar, ternyata kekasaran pipa tersebut sangat mempengaruhi faktor gesekan. Kekasaran pipa tersebut merupakan fungsi dari bahan dasar pembuat pipa, metoda pembuatan dan lingkungan dimana pipa tersebut berada. Sehubungan dengan penentuan faktor gesekan untuk pipa yang kasar, kekerasan dinyatakan sebagai kekerasan *absolut* (ϵ). Secara analisis dimensi dapat ditunjukkan bahwa pengaruh kekasaran tidak disebabkan oleh dimensi absolutnya, tetapi oleh dimensi relatifnya, yaitu perbandingan kekasaran absolut dengan diameter pipa (ϵ/d), yang disebut kekasaran relatif. Nikuradse berdasarkan percobaan dengan menggunakan butiran pasir, membuat korelasi penentuan faktor gesekan untuk pipa kasar sebagai berikut :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.74 - 2 \log \left(\frac{2\epsilon}{d} \right) \dots\dots\dots (13)$$

Persamaan (13) tersebut selanjutnya disempurnakan oleh Colebrook dan White (1939) menjadi :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.74 - 2 \log \left(\frac{2\epsilon}{d} + \frac{18.7}{N_{Re} \sqrt{f}} \right) \dots\dots\dots (14)$$

Untuk memudahkan, persamaan (14) dapat diubah menjadi :

$$f_c = \left\{ \frac{1}{1.74 - 2 \log \left(\frac{2\varepsilon}{d} + \frac{18.7}{N_{Re} \sqrt{f_g}} \right)} \right\}^2 \dots\dots\dots (15)$$

dimana :

f_g = faktor gesekan yang dimisalkan

f_c = faktor gesekan sebagai hasil perhitungan.

Dengan demikian pemecahan persamaan (15) adalah dengan *trial and error*, dimana harga f_g yang pertama ditentukan dengan menggunakan persamaan Drew, Koo dan Mc Adam, yaitu persamaan (12).

Jain membuat korelasi, dimana tidak membutuhkan penyelesaian *trial error* seperti korelasi Colebrook dan White di atas. Persamaan korelasi Jain adalah sebagai berikut :

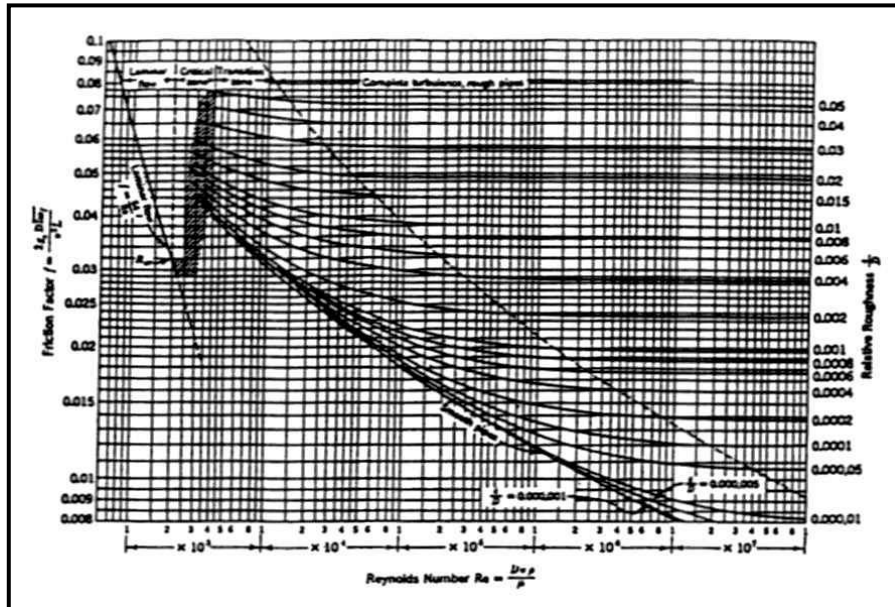
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2 \log \left(\frac{2\varepsilon}{d} + \frac{21.25}{N_{Re}^{0.9}} \right) \dots\dots\dots (16)$$

Dibandingkan dengan Colebrook dan White, korelasi Jain memberikan kesalahan kurang lebih 1% dalam range $10^{-6} \leq \varepsilon/d \leq 10^{-2}$ dan $5 \times 10^3 \leq N_{Re} \leq 10^8$. Kesalahan terbesar adalah 3% untuk bilangan Reynold kurang dari 2000.

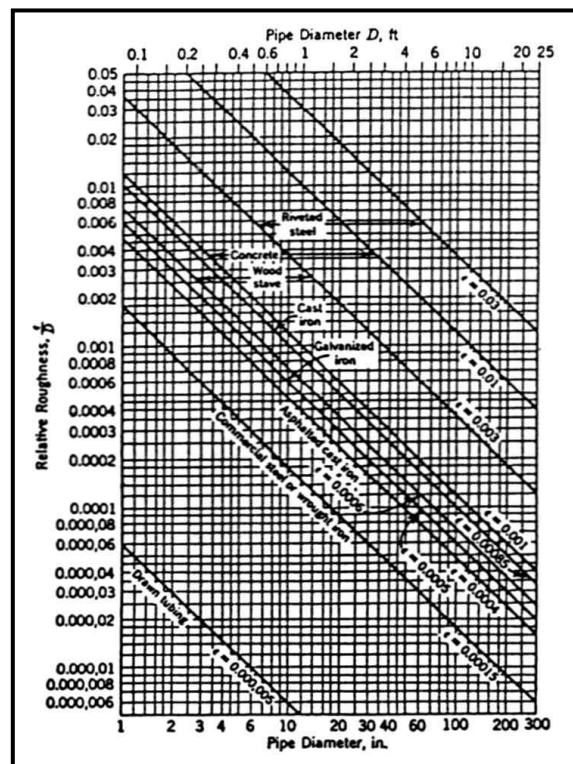
Perubahan faktor gesekan untuk aliran satu fasa terhadap bilangan Reynold dan kekasaran relatif diperlihatkan secara grafis dalam Gambar 13, yang dikenal dengan diagram Moody. Sedangkan hubungan faktor gesekan dengan kekasaran pipa diperlihatkan dalam Gambar 14.

William-Hazen menggambarkan friction loss (H_f) secara grafis untuk berbagai ukuran tubing dan laju produksi seperti pada Gambar 15. Persamaan yang digunakan oleh William-Hazen dalam mengembangkan kurva kehilangan *head* karena *friksi* tersebut adalah sebagai berikut :

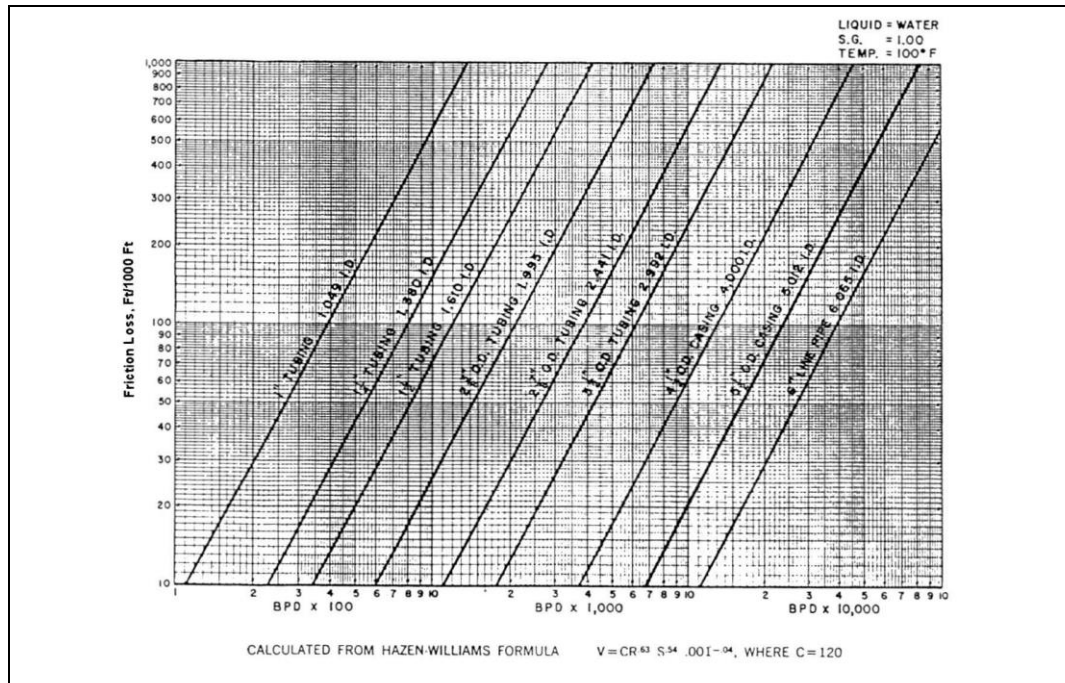
$$H_f = 0.2083 \left(\frac{100}{C} \right)^{1.85} \left(\frac{q}{d^{4.8655}} \right) \dots\dots\dots (17)$$



Gambar 13. Diagram Moody



Gambar 14. Faktor Gesekan Versus Kekasaran Relatif Pipa



Gambar 15. Kehilangan *Head* Karena *Friksi*

dimana :

H_f = friction head, ft/100 ft panjang pipa

q = laju aliran produksi total, gal/min

C = konstanta kekasaran permukaan pipa (umumnya 120), dimensionless

d = inside diameter pipa, in.

Daya Kuda (Horse Power) dan Efisiensi

Dengan mengetahui TDH dan rate (laju produksi), maka hydraulic horse power ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$HHP = \frac{q \times TDH \times SG}{C} \dots\dots\dots (18)$$

dimana :

HHP = *hydraulic horse power* yang diberikan oleh pompa

C = faktor konversi (135,770 jika q dalam BPD dan TDH dalam ft, dan 6,580 jika q dalam m^3 /hari dan TDH dalam m).

Untuk menyatakan *input brake horse power* dari permukaan ke pompa, maka digunakan term koreksi dengan efisiensi pompa, motor dan kehilangan di kabel (efisiensi kabel). Jadi :

$$BHP = \frac{HHP}{\eta} \dots\dots\dots (19)$$

dimana :

η = efisiensi total

atau :

$$BHP = \frac{HHP}{Efisiensi Pompa \times Efisiensi Motor \times Efisiensi Kabel} \dots\dots\dots (20)$$

Pada umumnya, efisiensi pompa berkisar antara 55 – 75 %, efisiensi motor sekitar 85 % dan efisiensi kabel berkisar antara 90 – 95 %.

Pada pompa, efisiensi tersebut menggambarkan terjadinya kehilangan *friksi* fluida pada *impeller* dan *diffuser*, pada lubang masuk, pusaran (eddy), belokan, separasi dan tercampur. Selain itu juga kehilangan pada sela-sela (clearance) *impeller/diffuser*nya, serta kehilangan mekanis di *bearing*-nya (thrust bearing).

C.3.A.5 Perkiraan Laju Produksi Maksimum

Laju produksi suatu sumur yang diinginkan harus sesuai dengan produktifitas sumur. Pada umumnya fluida yang mengalir dari formasi ke lubang sumur lebih dari satu fasa. Seperti yang telah dijelaskan dalam sub-bab sebelumnya, untuk aliran fluida dua fasa, Vogel membuat grafik kinerja aliran fluida dari formasi ke lubang sumur berdasarkan data uji produksi.

Sedangkan untuk aliran tiga fasa, yaitu gas, minyak dan air, maka dalam pengembangan kelakuan aliran tiga fasa dari formasi ke lubang sumur dapat menggunakan analisis *regresi* dari metode Pudjo Sukarno seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

C.3.A.6 Pemilihan Ukuran dan Tipe Pompa

Pada umumnya pemilihan tipe pompa didasarkan pada besarnya rate produksi yang diharapkan pada *rate* pengangkatan yang sesuai dan ukuran *casing*

(Check Clearances). Terproduksinya gas bersamam-sama dengan cairan memberikan pengaruh dalam pemilihan pompa, karena sifat kompresibilitas gas yang tinggi, menyebabkan perbedaan volume fluida yang cukup besar antara *intake* pompa dan discharge pompa. Hal ini akan mempengaruhi *efisiensi* pompa ESP itu sendiri

C.3.A.7 Perkiraan *Pump Setting Depth*.

Perkiraan *pump setting depth* merupakan suatu batasan umum untuk menentukan letak kedalaman pompa dalam suatu sumur adalah bahwa pompa harus ditenggelamkan didalam fluida sumur. Sebelum perhitungan perkiraan *setting depth* dilakukan, terlebih dahulu diketahui parameter yang menentukannya, yaitu *Static Fluid Level* (SFL) dan *Working Fluid Level* (WFL) dimana untuk menentukannya digunakan alat *sonolog* atau dengan operasi *wireline*, bila sumur tersebut tidak menggunakan *packer*.

Setting Depth Pompa

Sebelum menentukan kedalaman pompa, terlebih dahulu harus diketahui *static fluid dan working* (producing) fluid level. *Static fluid level* adalah ketinggian fluida sumur pada saat tidak diproduksi dan tekanan di depan perforasi sama dengan tekanan statik sumur (dalam waktu penutupan yang lama tekanan ini sama dengan tekanan reservoir), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 16. Bila fluida dalam *anulus casing* dalam keadaan seimbang, maka *static fluid level* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$S_{fl} = D - \frac{P_s + P_c}{G_f} \dots\dots\dots (21)$$

dimana :

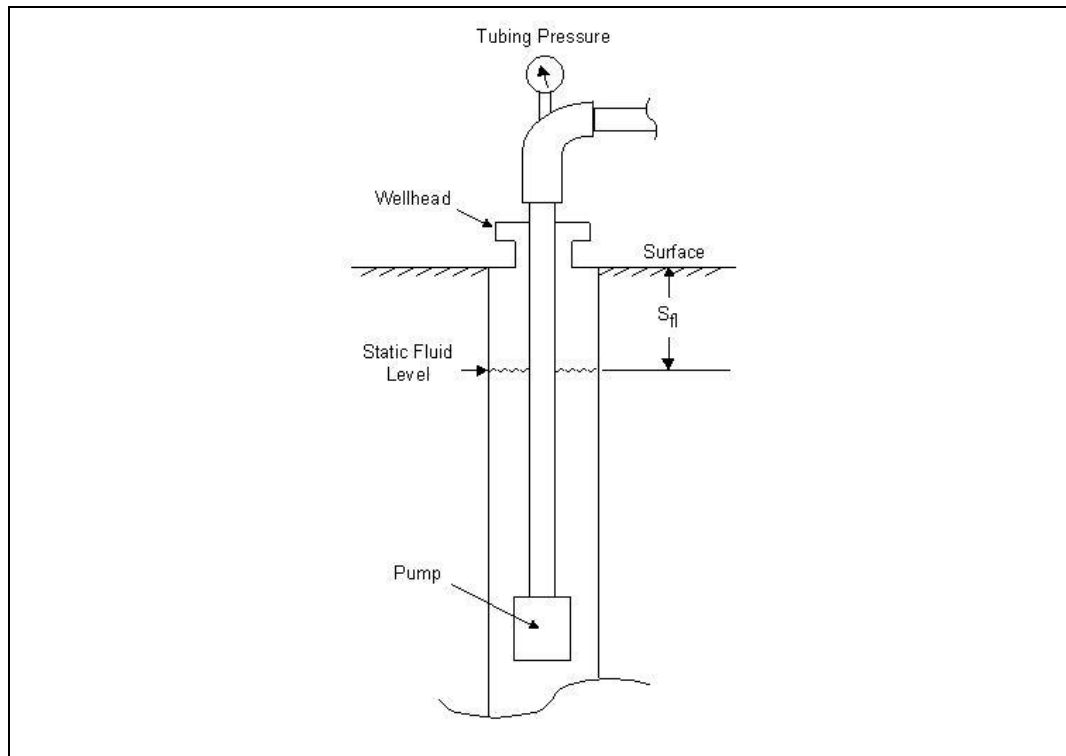
S_{fl} = *static fluid level*, ft

D = kedalaman sumur, ft

P_s = tekanan *static* sumur (dalam waktu penutupan sumur yang lama tekanan ini sama dengan tekanan reservoir, P_r), psi

P_c = tekanan *casing head*, psi

G_f = *gradien* tekanan fluida, psi/ft.



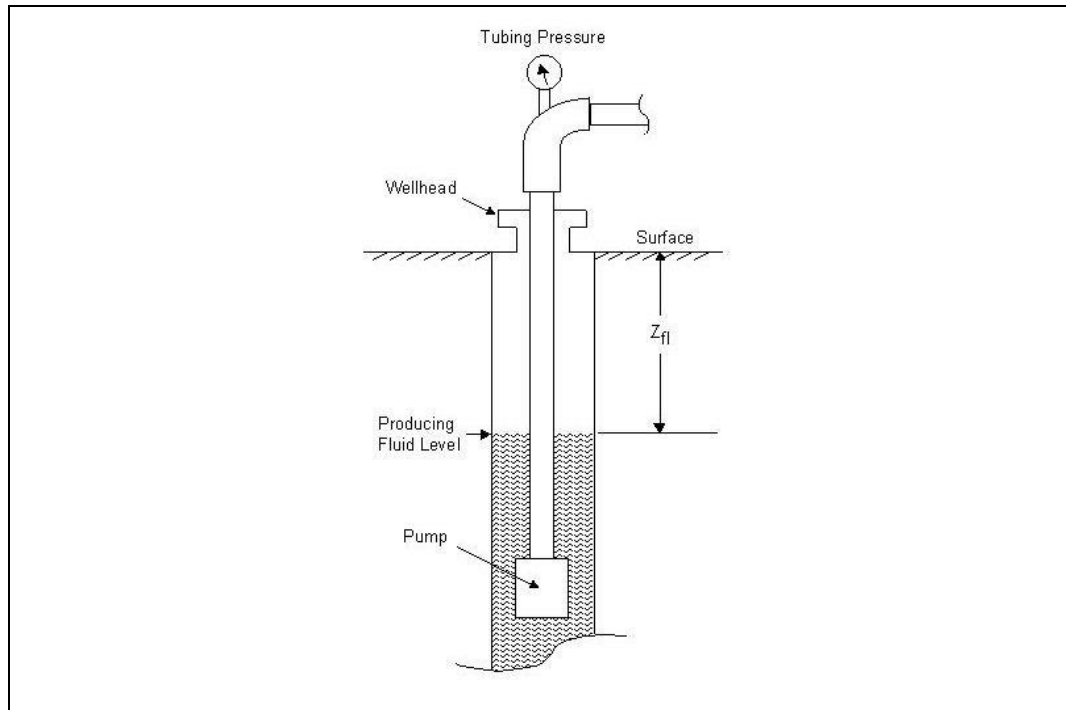
Gambar 16. *Static Fluid Level*

Working (producing) *fluid level* adalah ketinggian fluida sumur pada saat sumur tersebut diproduksi (Gambar 17). Jika sumur diproduksi dengan laju sebesar q bpd, maka tekanan aliran di dasar sumur (P_{wf}) dan kedalamannya dapat diperkirakan dari permukaan fluida di *anulus* dengan persamaan :

$$Z_{fl} = D - \frac{P_{wf} + P_c}{G_f} \dots\dots\dots (22)$$

dimana :

Z_{fl} = kedalaman dari permukaan fluida di *anulus* pada saat sumur sedang memproduksi (*working/producing fluid level*), ft.



Gambar 17. *Working (Producing) Fluid Level*

Setting depth pompa adalah kedalaman dimana pompa harus diletakkan. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi penentuan kedalaman pompa adalah faktor adanya gas bebas. Untuk menghindari hal tersebut, maka impeller/stages pompa diletakkan pada kedalaman di bawah permukaan fluida produksi (Z_{fl}), setelah ditambah *head* tekanan *intake* pompa. Harga tekanan intake pompa ini harus lebih besar dari tekanan *bubble point* (P_b), sehingga tidak terjadi kavitasi yang berakibat menurunnya kapasitas pompa.

Dengan memperhatikan kondisi permukaan fluida yang cenderung menurun dengan penurunan tekanan reservoir, maka dalam penempatan pompa terdapat kedalaman pompa maksimum dan minimum.

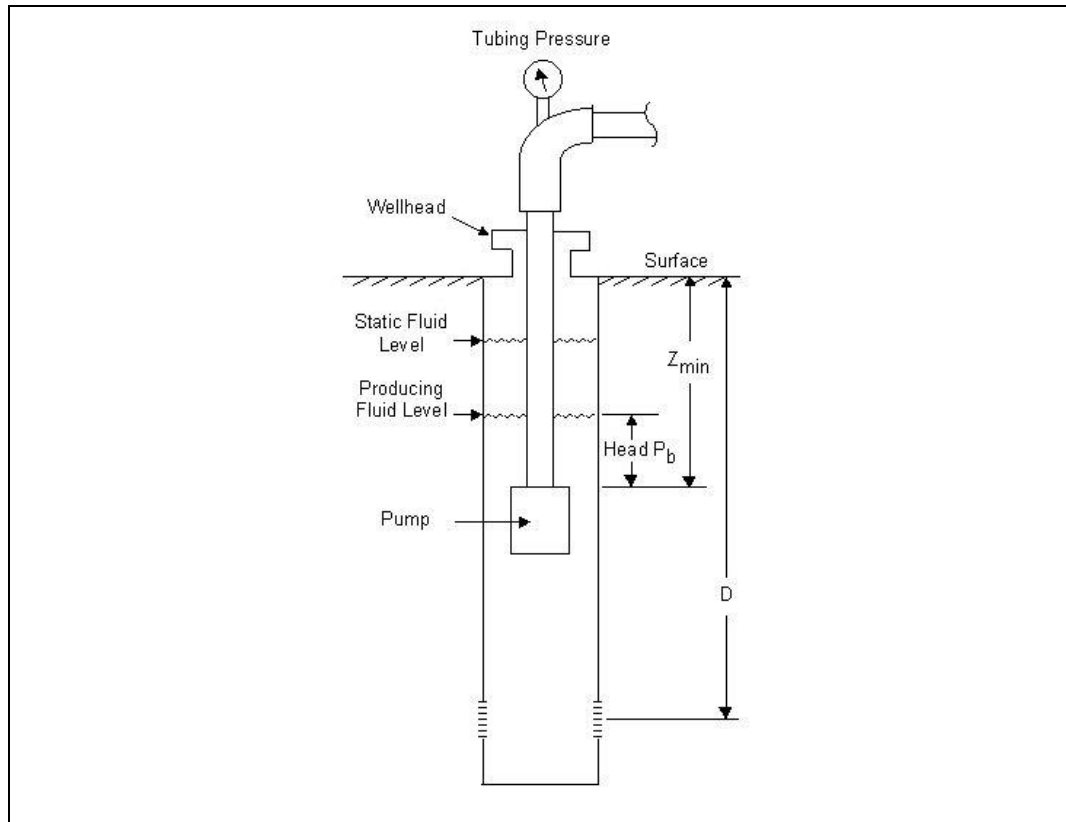
A. Kedalaman Pompa Minimum

Kedalaman pompa minimum ditentukan berdasarkan kedalaman dimana tidak terjadi kavitasi. Kondisi ini merupakan kedalaman *working fluid level* setelah ditambah *head* tekanan *bubble point* (P_b), atau :

$$Z_{\min} = Z_{fl} + \frac{P_b + P_c}{G_f} \dots\dots\dots (23)$$

dimana :

$Z_{\min}$ = kedalaman pompa minimum, ft.



Gambar 18. Kedalaman Pompa Minimum

B. Kedalaman Pompa Maksimum

Kedalaman pompa maksimum ditentukan pada kedalaman tengah-tengah perforasi (*middle of perforation*) setelah dikurangi dengan tekanan casing. Kedalaman tersebut diambil dengan mempertimbangkan *level* fluida pada *drawdown* maksimum masih dapat memberikan tekanan pada intake pompa sebesar P_b . Keadaan ini dimaksudkan untuk menghindari terbebasnya gas dari

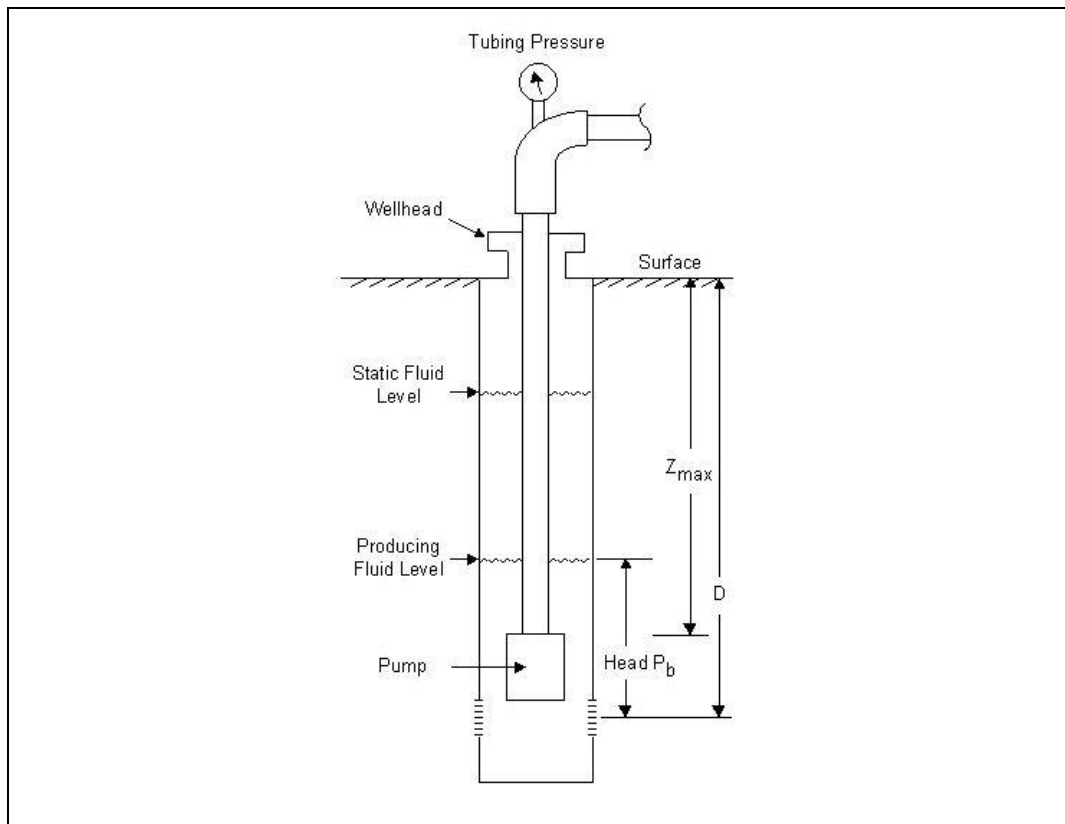
larutan, sehingga akan menurunkan efisiensi pompa. Kedalamam pompa maksimum ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Z_{\max} = D - \frac{P_c}{G_f} \dots\dots\dots (24)$$

dimana :

$Z_{\max}$ = kedalamam pompa maksimum, ft

D = kedalaman tengah-tengah perforasi, ft.



Gambar 19. Kedalaman Pompa Maksimum

C. Kedalaman Pompa Rata-Rata

Kedalaman pompa rata-rata untuk suatu level fluida produksi tertentu merupakan hasil rata-rata kedalaman minimum dan maksimum, atau :

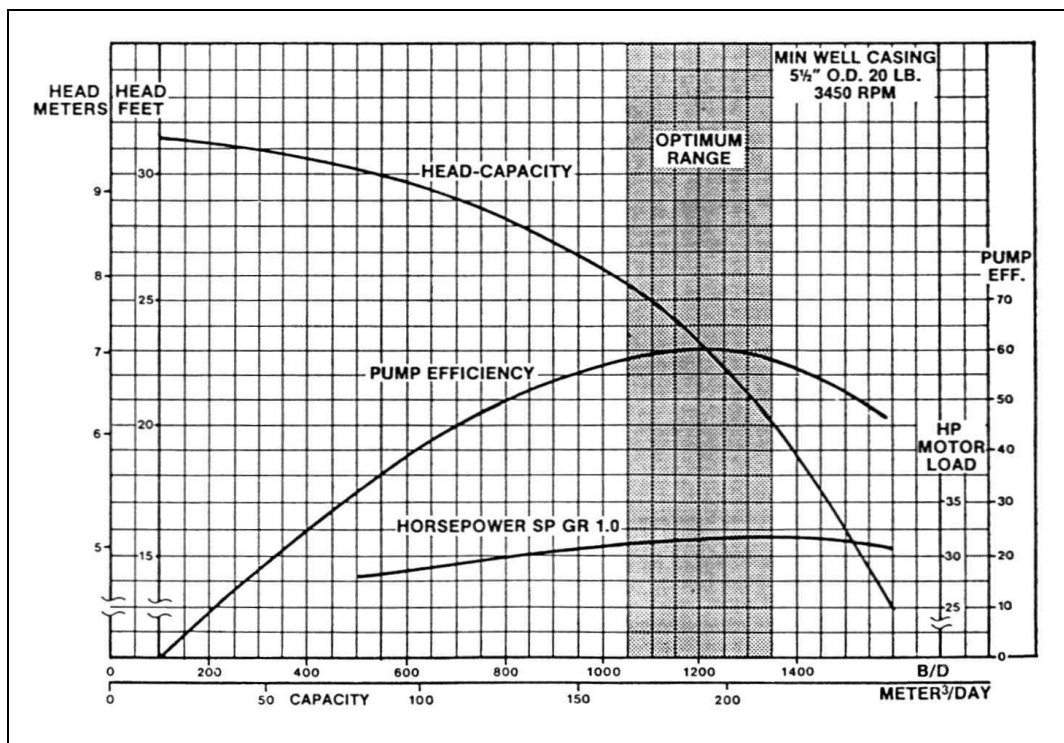
$$Z_{avg} = \frac{Z_{min} + Z_{max}}{2} \dots\dots\dots (25)$$

dimana :

Z_{avg} = kedalaman pompa rata-rata, ft.

C.3.A.8 Karakteristik Kerja Pompa

Kelakuan kerja atau sifat karakteristik kerja pompa ditentukan berdasarkan tes di pabrik dengan air tawar. Penyajiannya secara grafis dari hasil tes ini disebut grafik karakteristik (performance atau characteristic curves). Pada grafik ini akan digambarkan head yang dihasilkan, *brake horse power* dan *efisiensi* pompa terhadap *rate* produksi (Gambar 20).



Gambar 20. Typical Pump Performance Curve

A. Head Capacity Curve

Grafik *head* ini menunjukkan hubungan antara TDH dengan *rate* produksi pada kecepatan (rpm) konstan. Dengan naiknya TDH, maka *rate* akan turun

dan sebaliknya. Gambar 20 menunjukkan grafik untuk 1 stage, sedangkan untuk 100 stages hampir sama bentuknya. Pompa yang baru atau masih baik akan berkarakteristik kerja sepanjang grafik ini. Penyimpangan dapat dikarenakan oleh rusaknya pompa, *interferensi* gas atau kebocoran *tubing*.

Grafik suatu ESP akan melalui *rate* nol seperti pada Gambar 20. *Shut-off head* atau *head* dimana ESP bekerja dan *flowline valve* ditutup, dapat ditentukan (menutup tidak boleh lebih dari satu menit). Untuk ini *impeller* akan berputar di cairan yang berputar-putar disitu saja dan daya yang diperlukan untuk melawan *friksi* di cairan dan bearing berubah menjadi panas. Besar *shut-off head* tergantung dari diameter *impeller* dan rpm. Untuk banyak stage, maka persamaannya adalah sebagai berikut :

$$H = S \left(\frac{DN}{1840} \right)^2 \dots\dots\dots (26)$$

dimana :

- H = *shut-off head liquid* yang dipompakan, ft
- S = jumlah *stage* (tingkat) = TDH / Head Capacity (27)
- D = diameter *impeller*, in
- N = putaran pompa, rpm.

Shut-off head yang sebenarnya tergantung dari aliran fluida dalam pompa dan kemungkinan bocor. Perbedaan antara rumus ini dengan sebenarnya bisa 20%. Bentuk grafik *head* tergantung dari lebar *impeller*, bentuknya, jumlah sudut-sudut *impeller* dan *friksi* dalam pompanya. *Head capacity* suatu pompa digunakan untuk menghitung jumlah *stage* pompanya dengan rasionya terhadap TDH sistem. Pompa dengan *head* yang lebih curam disukai, karena dapat lebih toleran terhadap kesalahan data-data sumur (°API, GOR dan lain-lain).

B. Horse Power Curve

Grafik *brake horse power* pada Gambar 20 menunjukkan BHP *input* yang diperlukan per *stage* pada tes pabrik. Grafik ini mula-mula naik sedikit dengan naiknya laju produksi, kemudian turun lagi. Hal ini disebabkan oleh efek laju produksi lebih besar dari turunnya *head*, dan pada *rate* yang besar turunnya

head lebih berpengaruh karena relatif lebih curam. Tes pabrik dilakukan dengan air tawar yang viskositasnya 1 cp (32 SSU) dan SG = 1.

C. *Efficiency Curve*

Efisiensi pada ESP bukannya efisiensi volume pompanya, melainkan rasio dari *output* HP pompa dibagi *input brake* HP. Persamaannya adalah :

$$\eta = \frac{\text{Output HP Pompa}}{\text{Input Brake HP}} = \frac{HHP}{BHP} = \frac{q \times TDH \times SG}{C \times BHP} \dots\dots\dots (28)$$

Efisiensi (η) ini sebenarnya adalah gabungan antara *hidraulik*, *volumetrik* dan *mekanik*. Harga efisiensi maksimum ini biasanya sekitar 55 – 75%.

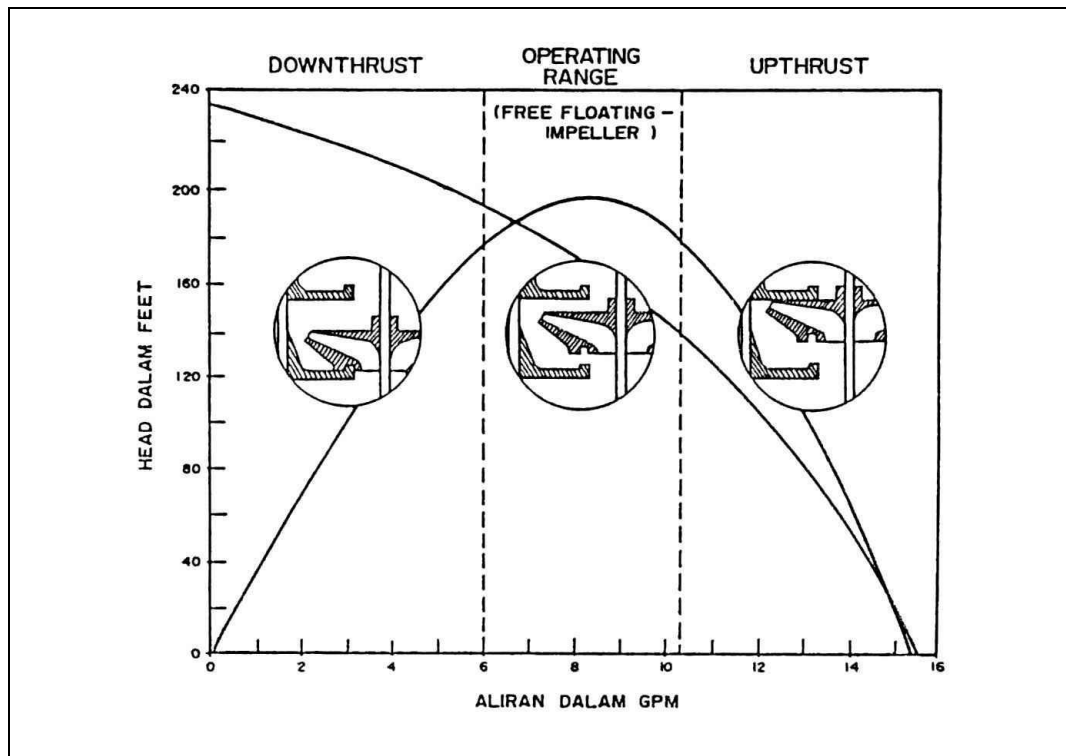
Seperti terlihat dalam Gambar 20, efisiensi naik dari nol pada laju produksi nol ke maksimum lalu turun kembali pada laju produksi maksimum. Disebelah kiri dari titik maksimum, kehilangan disebabkan oleh kebocoran, *friksi* pada *bearing* karena *down thrust* (gerak *impeller* ke bawah) dan *friksi* antara *impeller* dan fluida produksi. Disebelah kanan dari maksimum akan terjadi friksi dalam cairan sendiri dan dinding *impeller/diffuser*, tetapi juga *up thrust* (gerak dorong *impeller* ke atas, dan as juga akan ke atas).

Gambar 21 menerangkan adanya *up thrust* dan *down thrust*. Pada gambar tersebut *impeller* menekan ke atas (*up thrust*) pada laju produksi tinggi dan menekan ke bawah (*down thrust*) pada laju produksi rendah. Pada daerah efisiensi tertinggi *impeller* seakan-akan melayang bebas. ESP didisain agar bekerja pada daerah dekat efisiensi maksimum, antara lain karena untuk mengurangi kerusakan *bearing* pompa akibat *up thrust* dan *down thrust*.

C.3.A.9 Prosedur Pendisainan *Electric Submersible Pump*

Disain ESP tidak sesulit disain pompa yang lain, karena masing-masing komponen sistem mempunyai banyak ukuran dan penentuan dari satu komponen dilanjutkan dengan penentuan komponen berikutnya, dan seterusnya. Disain akan agak rumit apabila laju produksi (*q*) belum ditentukan dan masih fungsi *indek produktifitas* (PI) sumur dan TDH.

Dalam hal ini TDH dan laju produksi menjadi dua faktor yang perlu dicoba-coba (trial and error) dan akibatnya jenis pompa yang akan dipakai harus dicoba-coba juga. TDH akan berubah dengan rate karena *working* (producing) *fluid level* dan kehilangan tekanan di *tubing* merupakan fungsi dari *rate*.



Gambar 21. Kemungkinan Posisi *Impeller*

Langkah-langkah perencanaan pompa *sentrifugal* adalah sebagai berikut :

1. Kumpulkan data yang diperlukan, yaitu data sumur (diameter dan panjang *casing* dan *liner*, kedalaman dan *interval perforasi*, diameter dan panjang *tubing* beserta *coupling/sambungannya*), data *reservoir* (laju produksi, tekanan statik dan alir sumur, temperatur dasar sumur, GOR, WC, SG minyak air dan gas, dan viskositas minyak) dan data PVT (tekanan gelembung dan gas terlarut).
2. Hitung berat jenis rata-rata dan gradien tekanan fluida produksi dengan menggunakan persamaan berikut :

$$SG = SG_o(1 - WC) + SG_w WC \dots\dots\dots (29)$$

atau :

$$SG = \frac{SG_o + SG_w WOR}{1 + WOR} \dots\dots\dots (30)$$

$$G_f = 0.433 \times SG \dots\dots\dots (31)$$

dimana :

G_f = *gradien tekanan rata-rata*, psi/ft

SG = *specific gravity rata-rata*

SG_o = *specific gravity minyak*

SG_w = *specific gravity air*

WC = *water cut* = q_w/q_L

WOR = *water oil ratio* = q_w/q_o

Jika mengandung gas, kurangi *gradien* fluida di atas sekitar 10%.

3. Berdasarkan kurva IPR sumur, tentukan laju produksi yang diinginkan dan baca tekanan alir dasar sumurnya.

4. Tentukan *setting depth* pompa optimum dan hitung tekanan *pump intake pressure* dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P_{pi} = P_{wf} - G_f (Z_p - Z) \dots\dots\dots (32)$$

dimana :

P_{pi} = *pump intake pressure* atau *suction pressure*, psi

P_{wf} = tekanan alir dasar sumur, psi

Z_p = kedalaman perforasi (pada datum P_{wf}), ft

Z = kedalaman pompa (kedalaman pump intake), ft.

Harga P_{pi} harus lebih besar dari tekanan gelembung.

5. Hitung kedalaman *producing/working fluid level* (Z_{fl}) dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Z_{fl} = Z_p - \frac{P_{wf}}{G_f} \dots\dots\dots (33)$$

6. Tentukan kehilangan tekanan sepanjang *tubing* dengan menggunakan persamaan (10) atau (17), atau dapat juga menggunakan Gambar 15.

7. Hitung *total dynamic head* (TDH) dengan menggunakan persamaan (27).

8. Pilih jenis dan ukuran pompa dari katalog perusahaan pompa (misalkan Reda). Pompa dipilih jika *rate* produksi yang diinginkan masuk dalam kisaran aliran yang disarankan dan menghasilkan *effisiensi teoritis* tertinggi untuk laju produksi yang diinginkan. Baca *head capacity* (C_H) dan HP motor (HP_m).

9. Hitung jumlah *stage* (S) dengan menggunakan persamaan (27).

10. Hitung HP motor per *stage* yang dibutuhkan dengan persamaan berikut :

$$HHP = HP_m \times S \times SG \dots\dots\dots (34)$$

11. Pilih jenis motor yang memenuhi HHP pada langkah 10 di atas.

12. Untuk masing-masing jenis motor, hitung kecepatan aliran fluida di *annulus motor casing* dengan menggunakan persamaan berikut :

$$v_f = \frac{0.0119 \times q_t}{ID_{csg}^2 - OD_m^2} \dots\dots\dots (35)$$

Jenis motor dan diameter luar motor (OD_m) terkecil yang bisa masuk kedalam diameter dalam *casing* (ID_{csg}) dan dapat memberikan kecepatan fluida di *annulus motor casing* (v_f) lebih besar 1 ft/sec (syarat pendinginan) adalah pasangan yang harus dipilih.

13. Baca arus listrik (I_m) dan tegangan listrik motor (V_m) yang dibutuhkan untuk jenis motor yang bersangkutan (Tabel H-1).

14. Berdasarkan harga arus listrik di atas, *Centrilift* menyarankan untuk memilih jenis kabel yang memiliki kehilangan tegangan di bawah 30 volt per 1000 ft. Pada umumnya kehilangan tegangan di kabel adalah setengah dari kapasitas maksimumnya. Hitung *voltage loss* pada kabel dengan menggunakan persamaan berikut :

$$V_c = L_c \times \Delta V_{chart} \times C_T \dots\dots\dots (36)$$

dimana :

V_c = kehilangan tegangan pada kabel, volt

L_c = panjang kabel, ft

ΔV_{chart} = kehilangan tegangan pada, volt/1000 ft

C_T = koreksi temperatur, *dimensionless*.

15. Hitung tegangan total di permukaan yang bekerja pada *switchboard* (V_t), dimana merupakan penjumlahan tegangan yang dibutuhkan motor (V_m) dan kabel (V_c), atau :

$$V_t = V_m + V_c \dots\dots\dots (37)$$

16. Hitung daya yang dibutuhkan transformator dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$KVA = \sqrt{3} \times \frac{V_t I_m}{1000} \dots\dots\dots (38)$$

dimana :

KVA = daya yang dibutuhkan transformator, KVA (1 KVA $\approx$ 1 Watt).

17. Pilih *transformator* dan *switchboard* dengan menggunakan Tabel K-1, K-2 dan K-3 yang memenuhi hasil perhitungan pada langkah 15 dan 16.

C.3.A.10 Troubleshooting

Submersible Pump System

Kondisi	Indikasi	Kemungkinan penyebab	Tindakan perbaikan	Catatan
<i>Overload</i>	- Lampu <i>indicator overload</i> menyala. - Terjadi kenaikan <i>kurva ampere</i>	- Setting dari <i>overload control</i> terlampau tinggi - Karakteristik fluida (viscosity) naik - Kandungan pasir, lumpur, emulsi, dan air garam dalam fluida - Problem mekanis di pompa - Cuaca (temperatur turun/viscosity naik) <i>Motor overheat</i> <i>Check valve</i> yang bocor menyebabkan terjadinya beban yang tinggi pada	<i>Reset overload control</i> dengan ketentuan 115% dari normal <i>running ampere</i>	Apabila diputuskan untuk mencabut seluruh rangkaian, periksa <i>check valve</i> dan semua unit pompa yang dicabut

		pompa saat <i>start</i>		
<i>Underload</i>	• Lampu <i>indicator underload</i> menyala. • <i>Kurva ampere</i> menurun • Sedikit/tidak ada fluida yang dipompakan • Hasil test sangat rendah	• Setting dari <i>underload relay</i> terlampau rendah • <i>Fluid over pump</i> terlalu rendah • Ukuran pompa terlalu besar dari kebutuhan	<i>Reset underload control</i> dengan ketentuan 80% dari normal <i>running ampere</i> setelah pompa berjalan stabil	Apabila pekerjaan ulang (<i>workover</i>) dilakukan, bersihkan lubang perforasi, turunkan kedalaman pompa, dan perkecil ukuran pompa atau lakukan swab test untuk menentukan ukuran pompa
<i>Open circuit</i>	• Setelah berjalan normal beberapa waktu, <i>kurva</i>	• <i>Power cable</i> putus (<i>short circuit</i> atau <i>fluid cut</i>) • Rangkaian tubing putus • Rangkaian pompa	• Lepaskan kabel di <i>junction box</i> • Ukur tahanan	Pekerja di rig harus hati-hati saat mencabut rangkaian

	<i>ampere</i> naik sebelum <i>drop</i> • Tahanan kabel <i>phase to phase</i> tidak terbaca	putus	kabel antara <i>junction box</i> dengan <i>switch board</i> • Ukur tahanan kabel antara <i>junction box</i> dengan <i>down hole motor</i>	pipa dan pompa karena kabel dapat melorot dari gulungannya dan mencederai pekerja
<i>Pump off (Not pumping)</i>	• <i>Ampere</i> pada <i>chart</i> berjalan dibawah normal operation kemudian naik sebelum <i>drop</i> • Motor tetap beroperasi • <i>Zero tubing pressure</i>	• <i>Shaft</i> pompa patah • Tubing bocor/pecah • <i>Shaft coupling</i> tidak sesuai • <i>Fluid over pump</i> tidak ada • <i>Pump intake</i> tersumbat	• Lakukan uji tekan terhadap tubing untuk mendeteksi kebocoran • Ubah putaran (<i>reverse rotation</i>) • Bandingkan <i>load</i> saat <i>reversed rotation</i> dengan <i>forward rotation</i>	Sebelum memasang pompa, masukkan <i>casing scrapper</i> untuk membersihkan <i>casing</i> dan memeriksa kedalaman sumur. Bila perlu pompakan <i>chemical</i>

			• Periksa <i>fluid level</i> dengan <i>sonolog</i> • Diskusikan dengan <i>Petroleum Engineer</i> untuk mencabut seluruh rangkaian	
--	--	--	--	--

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Peralatan ESP dan *Suck rod*? Sebutkan dan jelaskan!
2. Bagaimana cara saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Aktivitas 1. Mengamati Konfigurasi dari peralatan ESP

Saudara diminta untuk mengamati desain dari peralatan ESP pada gambar berikut ini.

Saudara mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang desain dari peralatan ESP pada gambar. Apa yang Saudara temukan setelah mengamati desain dari peralatan ESP pada gambar tersebut? Apakah ada hal-hal yang baik atau sebaliknya yang Saudara temukan? Diskusikan hasil pengamatan Saudara dengan anggota kelompok Saudara. Selanjutnya selesaikan **LK-01** dengan dipandu pertanyaan berikut.

1. Mengapa diperlukan desain dari peralatan ESP? Tuliskan!, kegiatan apa saja yang perlu dilakukan sebelum mendesain dari peralatan ESP? Apa yang akan terjadi jika desain dari peralatan ESP tidak sesuai prosedur?
2. Menurut Saudara desain dari peralatan ESP manakah yang memerlukan perhatian ekstra?
3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan apabila melihat kondisi peralatan ESP yang tidak optimal?

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca bahan bacaan tentang desain dari peralatan ESP.

Aktivitas 2: Memahami Fungsi Peralatan ESP dan Bagaimana

Memeriksa Peralatan ESP

Setelah Saudara mencermati gambar desain dari peralatan ESP pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 2 ini Saudara akan mendiskusikan fungsi peralatan ESP dan bagaimana memeriksa peralatan ESP. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang fungsi komponen dasar transformator peralatan ESP?
2. Apa yang Saudara ketahui tentang fungsi Well Head peralatan ESP?

3. Apa yang Saudara ketahui tentang fungsi Switchboard peralatan ESP
4. Mengapa Saudara melakukan pemeriksaan peralatan ESP?
5. Menurut pendapat Saudara mengapa fungsi peralatan ESP penting bagi kelangsungan kinerja peralatan ESP?
6. Apakah pemeriksaan peralatan ESP dapat meningkatkan performansi peralatan ESP? Mengapa?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-02**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang tata cara pemeriksaan dan fungsi peralatan ESP. Bacalah bahan bacaan tentang Peralatan di permukaan dan di bawah permukaan sumur ESP.

Aktivitas 3: Memahami Troubleshooting ESP

Setelah Saudara memahami fungsi peralatan ESP dan bagaimana memeriksa peralatan ESP 2, maka pada aktivitas 3 ini Saudara akan mendiskusikan tentang *Troubleshooting* ESP. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa tindakan Saudara untuk memperbaiki jika terjadi *Troubleshooting* dalam kondisi *Open circuit*?
2. Apa yang menyebabkan terjadinya *Troubleshooting* dalam kondisi *Overload*?
3. Mengapa *Troubleshooting* dalam kondisi *Underload* bisa terjadi? Apa tindakan Saudara jika terjadi hal tersebut?
4. Menurut Saudara catatan apa saja yang harus dilakukan jika terjadi *Troubleshooting* dalam kondisi *Pump off*?
5. Apakah *Troubleshooting* ESP dapat menghambat performansi produksi migas? Mengapa?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-03**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang *Troubleshooting* ESP. Bacalah bahan bacaan tentang *Troubleshooting* ESP *presor*.

LEMBAR KERJA (LK-00)

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Peralatan ESP dan *Suck rod*? Sebutkan dan jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana cara saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

LEMBAR KERJA (LK-01)

1. Mengapa diperlukan desain dari peralatan ESP? Tuliskan!, kegiatan apa saja yang perlu dilakukan sebelum mendesain dari peralatan ESP? Apa yang akan terjadi jika desain dari peralatan ESP tidak sesuai prosedur?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Menurut Saudara desain dari peralatan ESP manakah yang memerlukan perhatian ekstra?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Apa yang harus Saudara lakukan selaku guru kejuruan apabila melihat kondisi peralatan ESP yang tidak optimal?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

LEMBAR KERJA (LK-02)

1. Apa yang Saudara ketahui tentang fungsi komponen dasar *transformator* peralatan ESP?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Apa yang Saudara ketahui tentang fungsi *Well Head* peralatan ESP

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
.....

3. Apa yang Saudara ketahui tentang fungsi *Switchboard* peralatan ESP

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

4. Mengapa Saudara melakukan pemeriksaan peralatan ESP?

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

5. Menurut pendapat Saudara mengapa fungsi peralatan ESP penting bagi kelangsungan kinerja peralatan ESP?

.....

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

6. Apakah pemeriksaan peralatan ESP dapat meningkatkan performansi peralatan ESP? Mengapa?

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

LEMBAR KERJA (LK-03)

1. Apa tindakan Saudara untuk memperbaiki jika terjadi *Troubleshooting* dalam kondisi *Open circuit*?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Apa yang menyebabkan terjadinya *Troubleshooting* dalam kondisi *Overload*?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Mengapa *Troubleshooting* dalam kondisi *Underload* bisa terjadi? Apa tindakan Saudara jika terjadi hal tersebut?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Menurut Saudara catatan apa saja yang harus dilakukan jika terjadi *Troubleshooting* dalam kondisi *Pump off*?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Apakah *Troubleshooting* ESP dapat menghambat performansi produksi migas? Mengapa?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Apakah yang dimaksud dengan *Electric Submersible Pump system*?
2. Sebutkan peralatan pompa ESP di permukaan (Surface Equipment) !
3. Sebutkan peralatan pompa ESP di bawah permukaan (Sub surface equipment) !
4. Apakah fungsi dari *Switchboard*?
5. Apakah kegunaan dari *junction box* ?

F. Rangkuman

1. *Electric Submersible Pump system* adalah suatu metode dari *artificial lift* yang banyak digunakan untuk memompakan *reservoir fluid* dari formasi sumur yang cukup jauh dalam perut bumi ke permukaan.
2. Prinsip kerja *Electric submersible pump* adalah berdasarkan pada prinsip kerja pompa *sentrifugal* dengan sumbu putarnya tegak lurus.
3. Peralatan *gas lift* dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu peralatan di atas permukaan dan peralatan di bawah permukaan.

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 Produksi Minyak dan Gas untuk dapat menambah pengetahuan saudara setelah membaca modul guru pembelajar ini? Jelaskan?

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

3. Sebutkan langkah – langkah yang saudara lakukan untuk membuat suatu desain dari peralatan ESP untuk sumur buatan yang nyata? Jelaskan

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

4. Sebutkan langkah – langkah yang saudara lakukan untuk membuat perencanaan ESP untuk sumur buatan yang nyata? Jelaskan

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

5. Dalam melakukan desain peralatan ESP untuk sumur buatan apa saja yang bisa saudara lakukan?

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

.....
.....

6. Saat saudara melakukan pengamatan tentang peralatan permukaan dan bawah permukaan ESP untuk sumur buatan apa saja yang bisa saudara lakukan agar saudara bisa lebih menguasai tentang peralatan-peralatan tersebut? Bagaimana proses pembentukannya?

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

7. Berdasarkan yang saudara amati tentang *troubleshoot Electric Submersible Pump*, bagaimana Saudara untuk menanganinya?

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

.....

.....

.....

Tindak Lanjut

Untuk melengkapi pengetahuan perlu dipelajari secara menyeluruh tiap bagian-bagian pokok bahasan pada pelajaran ini melalui pelajaran lanjutan, referensi buku, internet dll.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

A. Tujuan

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Saudara dapat:

1. Mengoperasikan sesuai fungsi peralatan di permukaan dan dibawah sumur *sucker rod pump*

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menggunakan *Horse head, Polished rod, Stuffing box, Pumping tee, Well head, Prime mover*

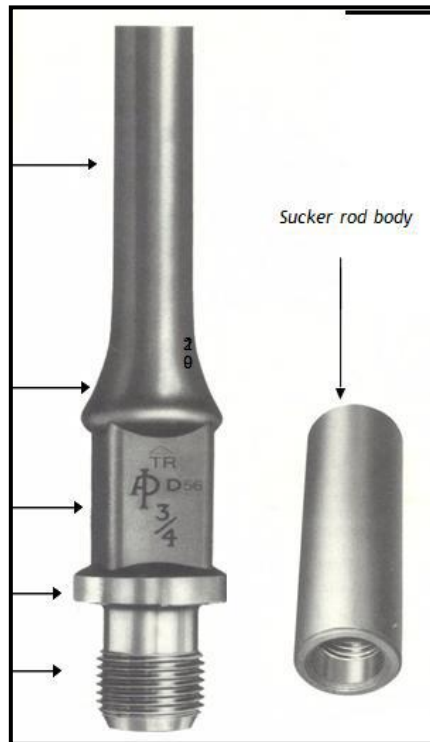
C.3.B SUCKER ROD PUMP

Sucker Rod Pump adalah susunan beberapa balok (beam arrangement) yang dapat memberikan gerakan turun naik (reciprocating motion) kepada *rod string* yang dihubungkan ke *positive displacement pump* dalam sumur minyak.

Prinsip pengambilan fluida dengan peralatan ini sudah dikenal dan dipakai selama lebih kurang 2000 tahun. Perbaikan dari metoda ini, seperti yang dapat dilihat zaman sekarang, terus dilakukan oleh para ahli agar ia bisa lebih *efisien* dari *Beam Sucker Rod Pump* zaman dahulu.

Perbaikan dilakukan pada seluruh bagian *Bearn Sucker Rod Pump* terutama pada *heavy duty speed reducer*.

Berfungsi untuk menghubungkan *pump assembly* dalam sumur dengan *beam pumping unit* melalui *polished rod* di permukaan. Standar API *sucker rod* adalah 5/8", 3/4", 7/8", 1" dan 1 1/8" dengan panjang 25' sampai 30'. *Sucker rod* yang banyak digunakan adalah yang mempunyai ukuran 3/4, 7/8, dan 1 *Pony rod Sucker rod* yang panjangnya kurang dari 25' digunakan untuk sambungan. Panjang *pony rod* : 1 1/3, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12 feet Biasanya dipasang di atas *sucker rod*.



Gambar 22. Typical API sucker rod

C.3.B.1 Grade/Klasifikasi Sucker Rod

Menurut klasifikasinya *sucker rod* dapat dibedakan atas 3 (tiga) *grade*, yaitu *grade C*, *K*, dan *D*:

- C Stress Maximum = 25.000 psi
- K Stress Maximum = 30.000 psi
- D Stress Maximum = 35.000 psi
- Stress = F/A

F = beban, lb

A = area, in²

Stress = beban Sucker Rod + Cairan

Grade C Rods

Untuk beban ringan sampai sedang pada sumur *non-corrosive*. *AISI 1536 Carbon-Manganese Alloy Steel*.

Grade K Rods

Untuk beban ringan sampai sedang pada sumur *corrosive*. *AISI 4623 Nickel-Molybdenum Alloy Steel*.

Grade D Rods

Untuk beban berat pada sumur *non-corrosive* atau sumur yang sudah diinjeksi dengan *corrosion inhibitor*. *AISI 4142 Chromium-Molybdenum Alloy Steel*.

Polished rod

- *Polished rod* mempunyai ukuran yang lebih besar dari *sucker rod* dan mempunyai permukaan yang halus dan licin. *Polished rod* dipasang di bagian atas dari *sucker rod string* yang akan bergerak di dalam *stuffing box*.
- Standar diameter dari *polished rod* adalah $1\frac{1}{8}$ ", $1\frac{1}{4}$ ", dan $1\frac{1}{2}$ " dengan panjang 22' dan 30'/joint. *Polished rod* yang banyak dipakai adalah yang berukuran $1\frac{1}{4}$ " dan $1\frac{1}{2}$ ".

Pada saat bekerja, *polished rod* selalu bergerak keluar masuk melalui *stuffing box* dimana proses pengausan karet *stuffing box* sudah dimulai. Setiap kebocoran akan menyebabkan pencemaran di sekitar sumur. Oleh sebab itu untuk mengganti karet *stuffing box*, *pumper* harus mengetahui ukuran *outside* dan *inside* diameter karet *stuffing box* yang akan diganti sesuai dengan ukuran *polished rod* yang digunakan.

Pump assembly

Komponen pump assembly:

1. *Seating nipple*, bagian paling bawah dari pompa sebagai tempat duduknya *standing valve*
2. *Standing valve assembly*, terdiri dari:
 - *Ball valve*
 - *Valve seat (hold down)*
 - *Body*
 - *Fishing neck*
3. *Traveling valve assembly*, terdiri dari:
 - *Ball valve*
 - *Plunger*
 - *Valve rod*

➤ *Puller*

4. *Pump barrel*, tempat menampung fluida sebelum masuk ke dalam rangkaian pipa

C.3.B.2 Macam-macam *Sucker Rod Pump*.

Menurut standar *American Petroleum Institute* (API). *Sucker Rod Pump* dapat dibedakan atas tiga macam, yaitu:

1. *Standard atau Conventional Type*

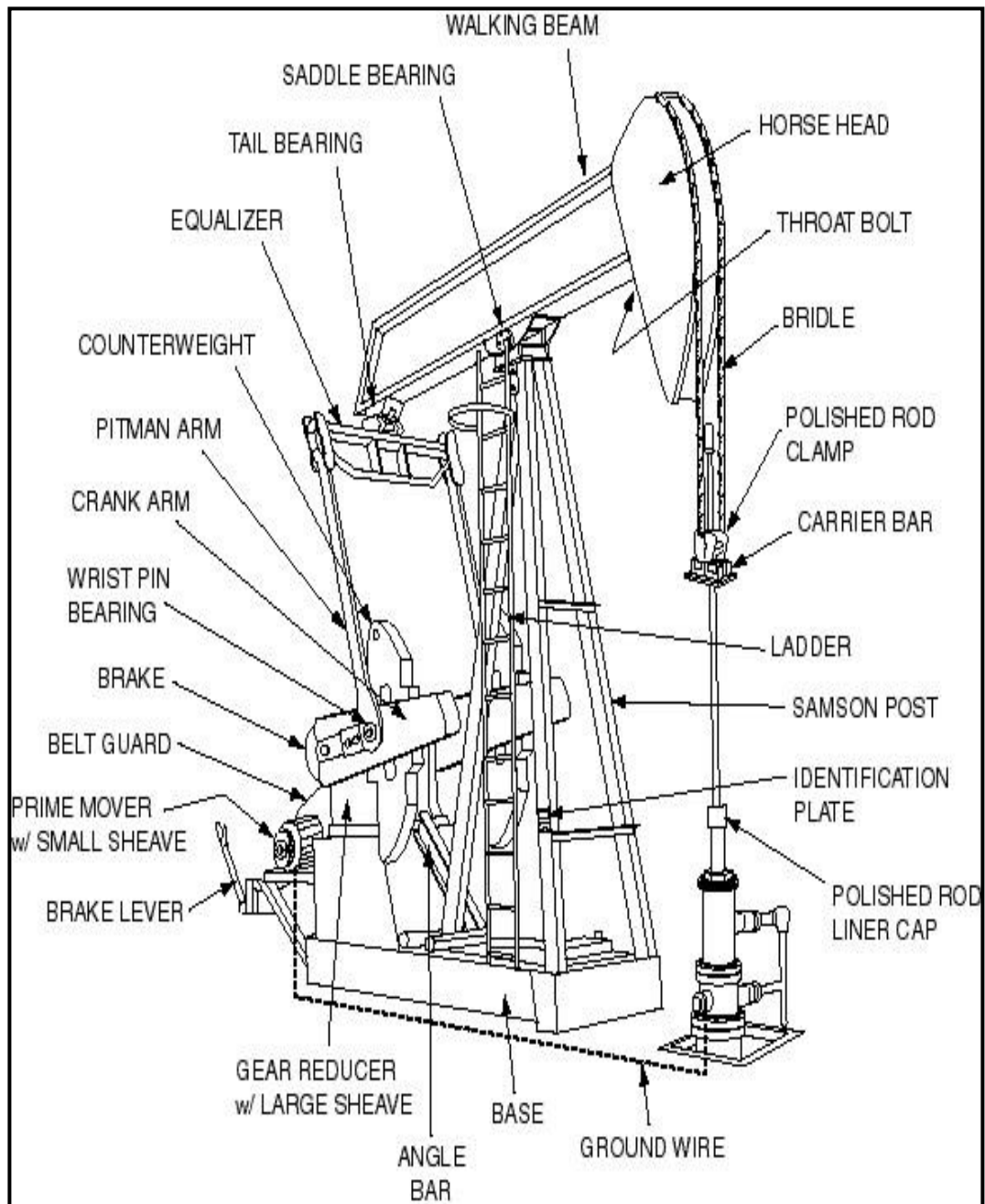
Pada tipe ini *samson post* menopang *walking beam* pada bagian tengah. *Sucker Rod Pump* tipe ini paling banyak dipakai pada industri perminyakan dan tersedia dalam bermacam-macam ukuran (ada yang mencapai 100 Horse Power).

Conventional type ini : 2 bagian

1. *Crank Counter Balance System*; dimana *counter weight* dipasang pada crank.
2. *Beam Counter Balance System*; dimana *balancing load* (counter weight) dipasang pada *walking beam*.

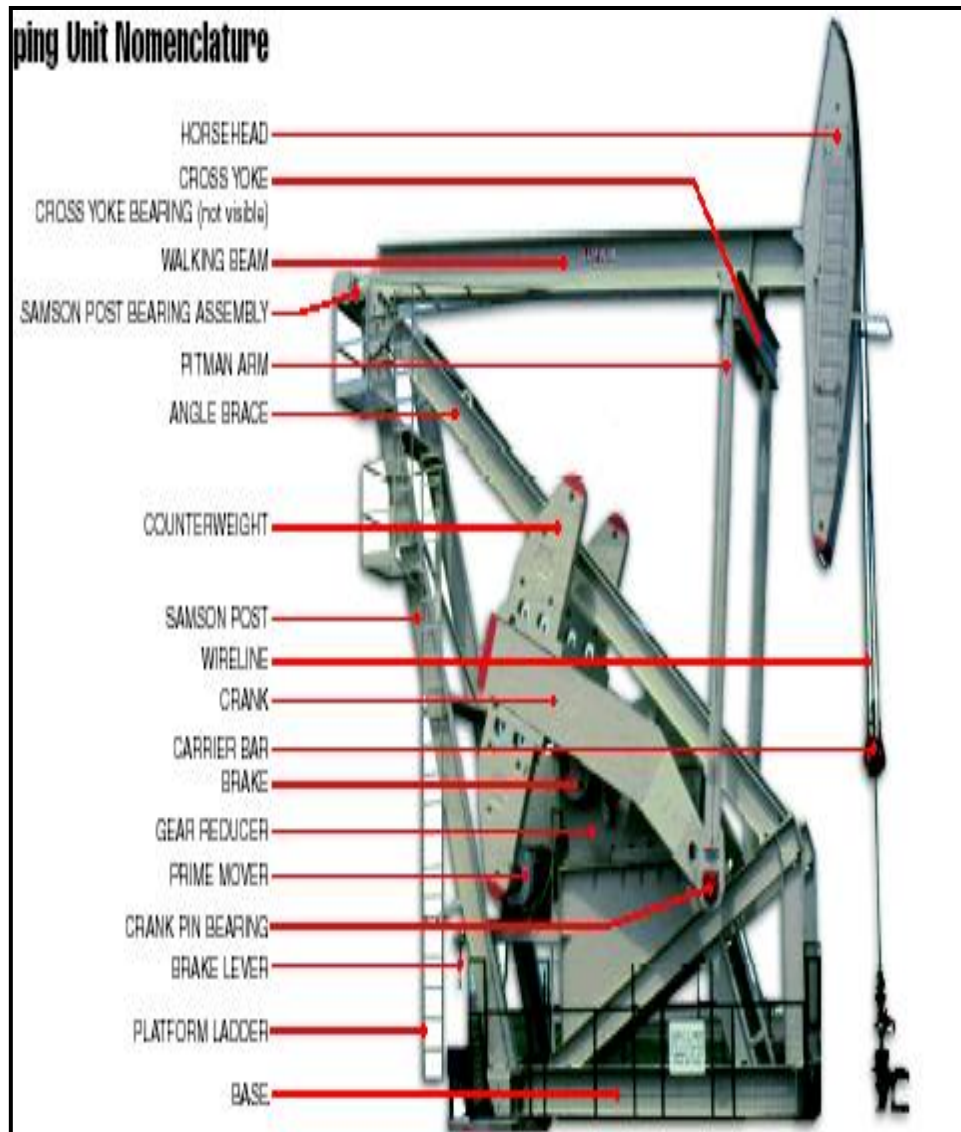
Pada tipe ini, *samson post* menopang *walking beam* pada bagian ujung belakang. Pada ukuran kerangka yang sama, biasanya unit ini membutuhkan *Horse Power* yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan *conventional type*.

Unit ini banyak dipakai untuk sumur-sumur minyak yang dalam dan berproduksi besar. Ukuran yang tersedia tidak bervariasi banyak dengan terbesar sampai mencapai 125 *Horse Power*.



Gambar 23. Conventional Pumping Unit

2. *Low Torque Unit (Mark II unitorque Sucker Rod Pump)*



Gambar 24. *Low Torque Unit (Mark II unitorque Sucker Rod Pump)*

3. *Air Balance Unit*

Pada tipe ini tabung udara yang bertekanan digunakan sebagai pengganti *counter weight*. *Sucker Rod Pump* ini lebih kecil dan ringan dari tipe unit yang lain dan dilengkapi dengan *air compressor*. Ukuran yang dibuat terbatas, tetapi ada yang mencapai 150 *Horse Power*. Disain di atas diperlukan agar *polished rod*

tetap dapat bergerak naik turun secara vertical tanpa ada gesekan yang besar dalam *stuffing box*.

Walking beam disangga oleh *sampson Post* di dekat titik beratnya. Gerakan mesin yang diberikan oleh *crank* diteruskan ke *walking beam* melalui *Pitman*. Panjang langkah *polished rod* (PRSL - Polished Rod Stroke Length) di tentukan oleh jarak dari *pitman bearing* ke *crank shaff* (as). Umumnya ada 3 (tiga) posisi atau lebih untuk mengatur PRLS tersebut.

Hal lain yang penting adalah merancang *counter balance*, semua gerak menaikan fluida ke atas dilakukan oleh gerakan ke atas dengan berat fluida dan *rod* ditanggung oleh unit pompa permukaan. Pada saat ke bawah tidak ada beban, tetapi *rod* malah bergerak dipercepat ke bawah.

Bila beban ke atas dan ke bawah ini tidak diimbangi, maka unit pompa akan mudah rusak dan keseimbangan pada mesin tidak ada, yaitu besar-kecil-besar dan seterusnya. Untuk ini dipasang *counter balance* agar terjadi distribusi merata pada pembebanan. Efektif *counter, balance* tergantung dari beratnya, posisinya, dan geometri alat-alatnya.

C.3.B.3 Bagian-bagian yang utama dari *Sucker Rod Pump*.

1. *Base*
2. *Counterweight*
3. *Crank pin bearing*
4. *Samson post*
5. *Carrier bar*
6. *Wireline*
7. *Ladder*
8. *Horsehead*
9. *Walking beam*
10. *Center bearing*



Gambar 26. *Prime Mover*

2. *Gear Reducer*

Gear reducer berfungsi sebagai penerus daya dari *Electric Motor* dengan menurunkan kecepatan putar dan menaikkan *momen* atau *torque*.

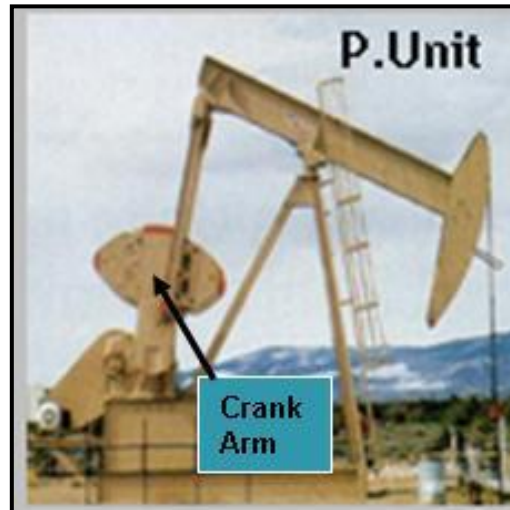


Gambar 27. *Gear Reducer*

3. *Crank Arm*

Crank Arm disambungkan pada sumbu putaran rendah yang keluar dari *gear box* yang berputar 360 derajat. Lobang dari crank juga sebagai tempat kedudukan *pit- man* yang akan merubah gerak putar menjadi gerak lurus dan

tempat merubah perpanjangan dari langkah pompa. *CrankArm* juga sebagai tempat dari kedudukan *counter weight* dan kedua sisinya mempunyai gerigi yang digunakan sebagai tempat jalannya *tool* yang akan memposisikan *counter weight*.



Gambar 28. *Crank Arm*

Dimana tiga angka dari depan(C 228 – 185 - 144) singkatan dari 228 X 1000 lbs/ inch, termasuk Sucker Rod Pump M 912 – 305 - 192 ,tiga angka ditengah C 228 – 185 – 144 singkatan dari 185 X 100 lbs/ inch, termasuk Sucker Rod Pump M 912 – 305 – 192 dan tiga angka dibelakang C 228 – 185 – 144 adalah maximum panjang langkah dalam satuan inch termasuk Sucker Rod Pump M 912 – 305 – 192.

4. Pitman

Pitman dipasang untuk menghubungkan *crank* dengan *walking beam*. Ia berfungsi untuk merubah gerakan berputar dari *gear box* menjadi gerakan turun naik pada *walking beam*. Panjang *stroke* pemompaan (SL) pada setiap *Sucker Rod Pump* dirobah dengan memindahkan sambungan *pitman* pada lobang yang ada di *crank*. Bila sambungan dirobah ke arah sumbu *gear box* (Inboard) maka

stroke length menjadi lebih pendek sedangkan kalau menjauhi sumbu *gear box* (outboard) maka *stroke length* menjadi lebih panjang.

Table 2 Pompa Angguk

N0	Beam Pumping Unit Type	Stroke Length			Stroke Per Menit	
1	C 228 – 185 – 144	104	124	144	7	14
2	C 228 – 173 – 100	70	85	100	7	14
3	C 228 – 173 – 74	54	64	74	7	14
4	C 228 – 200 – 74	54	64	74	7	14
5	C 160 – 185 – 144	104	124	144	7	14
6	C 160 – 173 – 100	70	85	100	7	14
7	C 160 – 173 – 74	54	64	74	7	14
8	C 114 – 125 – 100	70	85	100	7	14
9	C 114 – 119 – 186	59	72	86	7	14
10	M 912 – 305 – 192	144	168	192	7	14
11	M 320 – 256 – 100	68	84	100	7	14
12	M 228 – 256 – 120	88	104	120	7	14
13	M 228 – 256 – 100	68	84	100	7	14

5. Walking Beam

Walking Beam sebagai tempat kedudukan dari *Equalizer bearing* (tail bearing) dan juga sebagai kedudukan dari *saddle bearing* (center bearing) dan juga sebagai tumpuan dari *walking beam* pada salah satu ujungnya sebagai tempat kedudukan kepala kuda.

Walking-beam ini berfungsi sebagai pengungkit pompa,yang mana pergerakannya ke atas dan ke bawah (upstroke & down stroke) lebih kurang 45 derajat atau 1/8 lingkaran.



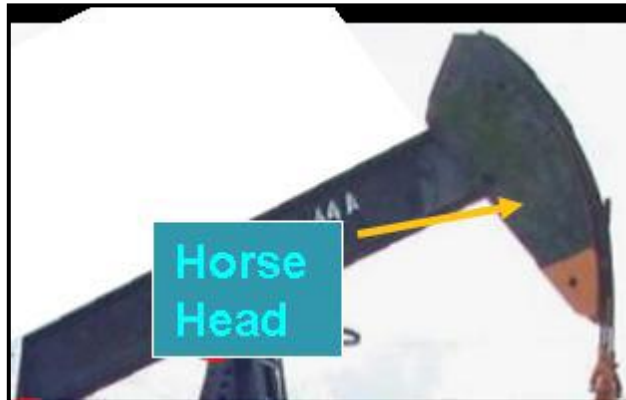
Gambar 29. *Pitman*



Gambar 30. *Walking Beam*

6. *Horse Head*

Horse-head ditempatkan diujung *walking beam* dengan bentuk $1/8$ lingkaran agar gerakan $1/8$ lingkaran tersebut menjadi gerakan naik turun (*reciprocating*) dimana *bridle* dan *carrier bar* adalah bagian dari *horse-head*



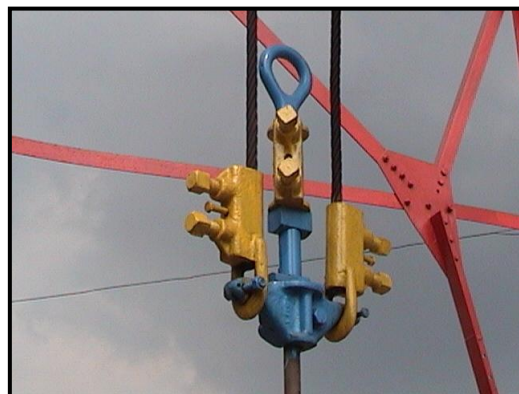
Gambar 31 Horse Head

7. Wire line / bridle / hanger cable

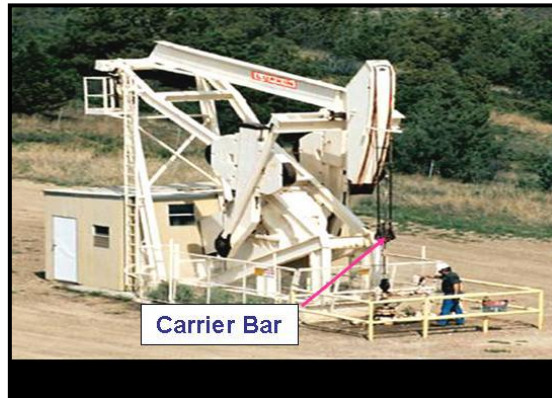
Wire line merupakan kawat baja yang menghubungkan *horse head* dengan *polished rod*. *Polished rod* diklem ujungnya dan tergantung *dicrrier box*. *Bridle* menjamin akan gerak *Sucker Rod* vertikal, sehingga tidak terjadi *moment* lengkung pada *polished rod*

8. Carrier Bar atau Hanger

Polished rod masuk ke dalam *carrier bar* dan di atasnya dipasang *clamp* sehingga *carrier bar* melalui *wire line* atau *sling* yang di bagian atas disambungkan ke *horse head*, dapat mengangkat dan menghantar *polish rod* ke atas dan ke bawah.



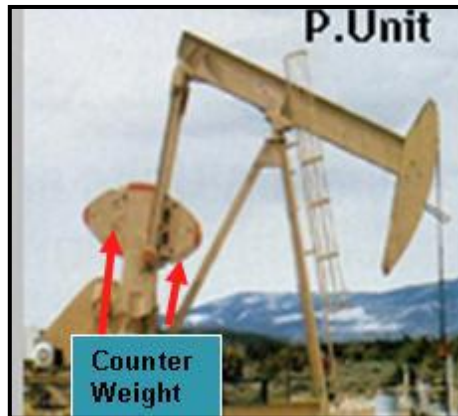
Gambar 32. Wire line



Gambar 33. *Carrier Bar*

9. *Counter Weight*

Pada *crank balance Sucker Rod Pump*, *counter weight* dipasang pada *crank*, sedangkan pada *beam balance Sucker Rod Pump*, *counter wight* dipasang pada ujung belakang *walking beam*. *Counter weight* berfungsi



Gambar 34. *Counter Weight*

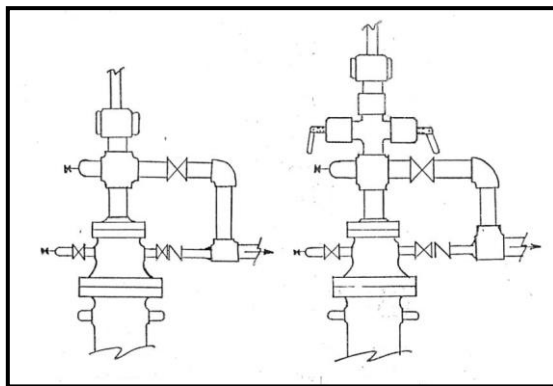
Sebagai penyeimbang antara berat *rod string*, pompa / fluida dengan beban dari *Gear Reducer* dan *Electric motor* (dilihat dari amper meter) agar kerja dari *Gear Reducer* dan *Electric Motor* dapat secara optimal.

Apabila *Counter Weigh* digeser mendekati *shaft* dari *gear box* maka beban akan lebih ringan dan *counter-weigh* digeser keujung dari *crank arm* (menjauh dari shaft gear box) akan semakin berat diputar oleh *Electric Motor*.

Pada *Counter Weight* ada tertulis angka 6,8,12 maksudnya adalah singkatan dari beban 600 lbs,800,1200 lbs (bukaka type red) Pada *Air Balance Sucker Rod Pump*, tabung udara (dari *air compressor*) yang bertekanan berfungsi sebagai pengganti *counter weight* .

10. *Stuffing Box*

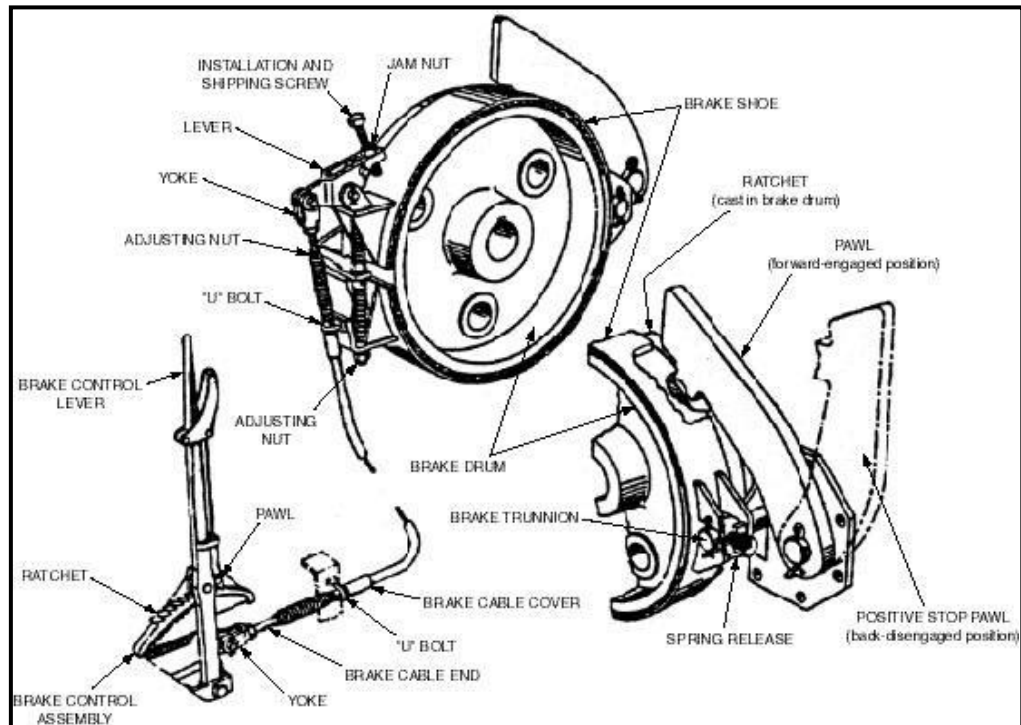
Dipasang diatas kepala sumur (well head) berfungsi : Sebagai pencegah atau menahan minyak agar minyak tidak ikut keluar bersama-sama dengan naik turunnya *polished rod* sehingga aliran dapat di atur ke *flow line* lewat *Cross Tee* tanpa tumpah (menyembur), juga berfungsi sebagaiudukan untuk *polished rod* dapat bergerak naik turun dengan bebas dan lurus



Gambar 35. *Stuffing Box*

11. *Brake (Rem)*

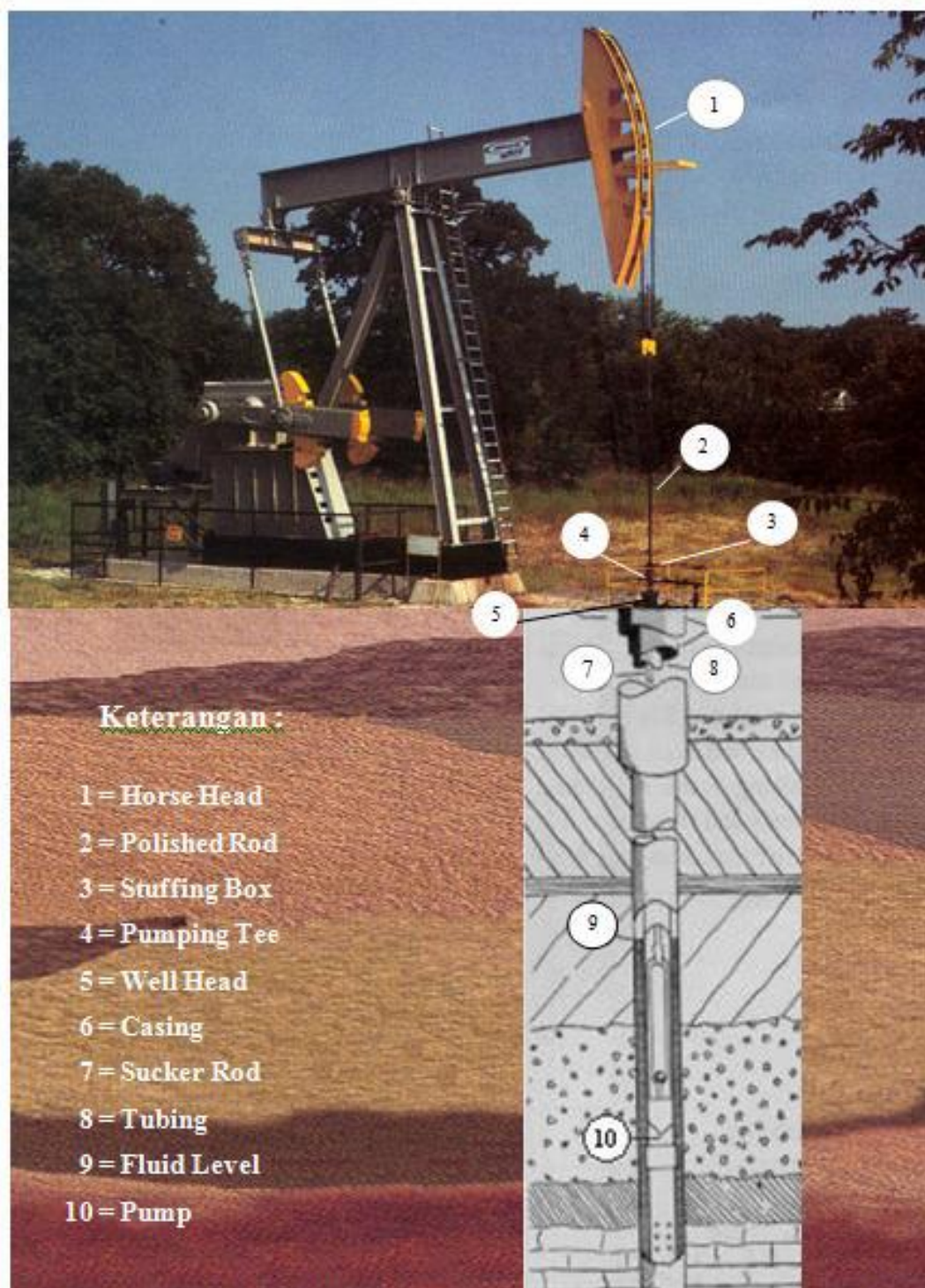
Rem berfungsi untuk mengatur posisi *horse head* kalau *Sucker Rod Pump* harus dimatikan untuk keperluan perbaikan pada *well* atau pada *Sucker Rod Pump* itu sendiri.

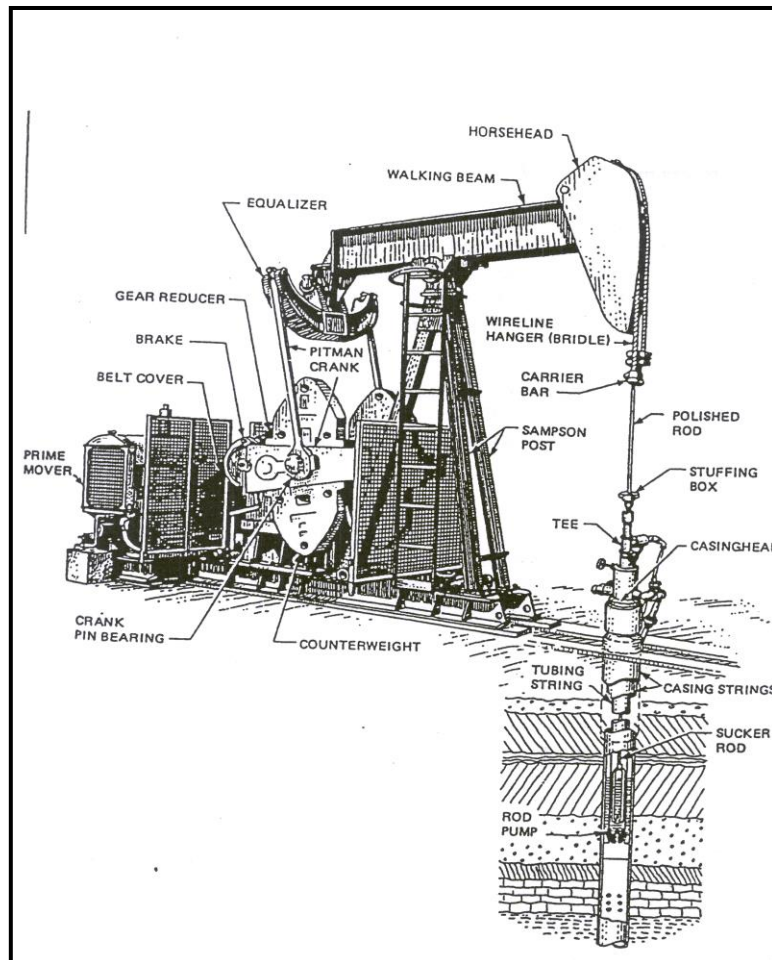


Gambar 36. Brake (Rem)

Komponen sub-surface facility (sucker rod pump) :

- Working Barel
- Plunger
- Standing Valve dan Travelling Valve.
- Sucker rod
- Polished rod
- Pump assembly





Gambar 37. Skema *Sucker Road Pump* dengan bagian-bagiannya

C.3.B.4 Type *Sucker Road Pump*

Dilihat kepada bentuk pompanya, maka *Sucker Rod Pump* atau *Beam Type Pumping Unit* dapat dibedakan atas dua macam:

1. *Tubing Pump*

Pada pompa jenis ini, barrel pompa disambungkan langsung dengan *production tubing* yang paling bawah. *Plunger* dimasukkan ke dalam *tubing* dengan *sucker rod string* dan di ujung *plunger* dipasang *standing valve puller*. *Standing valve puller* dipasang untuk memudahkan pengambilan *standing valve* dalam lobang sumur bila suatu saat pompa harus dicabut untuk diperbaiki. Bila *plunger*,

travelling valve dan *standing valve* memerlukan perbaikan, pengambilan dapat dilakukan dengan hanya mencabut *sucker rod*. Tetapi bila perbaikan untuk *barrel* diperlukan, maka *tubing* harus dicabut.

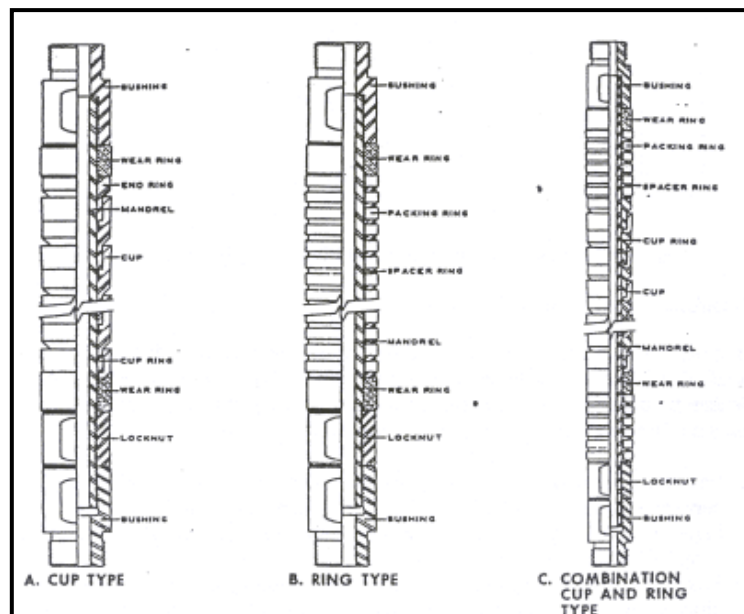
Klasifikasi *Tubing Pump*

a. Berdasarkan Lokasi *standing valve*

1. Tetap (*fixed*) dilekatkan di dasar *tubing*, diameternya lebih besar, baik untuk *level* cairan dalam, fluida *viscous*, dan bila fluida di *barrel* tidak terisi penuh.
2. Dapat dikeluarkan (*removable*) bisa diletakkan (atau diturunkan) bersama *working barrel*. *Valve* ini ditahan disana dengan alat penahan atau *anker* tertentu.

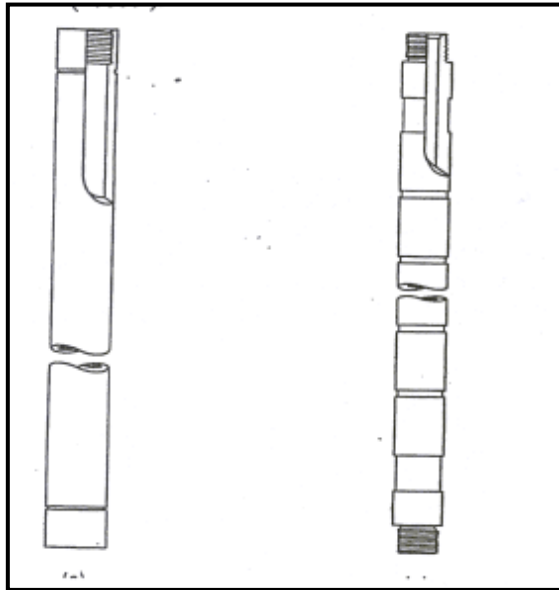
b. *Type Plunger Seal*

1. *Soft packed plungers* (*cup-equipped*) dibuat dari kulit atau karet terpal atau bahan *sintesis* lainnya yang tahan karat. Pada gerak keatas, tekanan kolom fluida menekan cup sehingga mengembang dan menyekat antara ujung cup akan seimbang sehingga *plunger* akan turun dengan mudah. *Soft packed* dipakai pada *rod* dan *tubing pump* untuk kedalaman sampai 5000 meter.



Gambar 38. *Soft Packed Plungers* (Oil Well)

2. Pompa dengan *plunger* logam (metal plunger). *Plunger* logam dapat dibuat dari besi tuang atau baja yang diratakan (plain) atau berlekuk (grooved) *Plunger* logam ke logam berjarak berdekatan tergantung viskositas agar mendapatkan *seal* (sekat) fluida. *Plunger* ini dapat dibuat dari *tubing* atau potongannya yang dibuat sesuai dengan panjang tertentu. *Plunger* ini lebih kuat dan khusus untuk sumur dalam (>7000 meter)



Gambar 39. *Plain and Grooved Metal Plunger* (Oil Well)

2. *Insert Pump*

Insert pump atau *rod pump* unit (termasuk barrel pompa) dipasang dalam *tubing string* pada lobang sumur dengan *sucker rod*. Pada pompa dipasang sebuah *hold-down* untuk mengikat shoe atau *seating nipple* pada *tubing*. Pada pompa jenis ini perbaikan pompa dapat dilakukan dengan hanya mencabut *sucker rod string*.

Klasifikasi *Insert Pump* (Rod Pump)

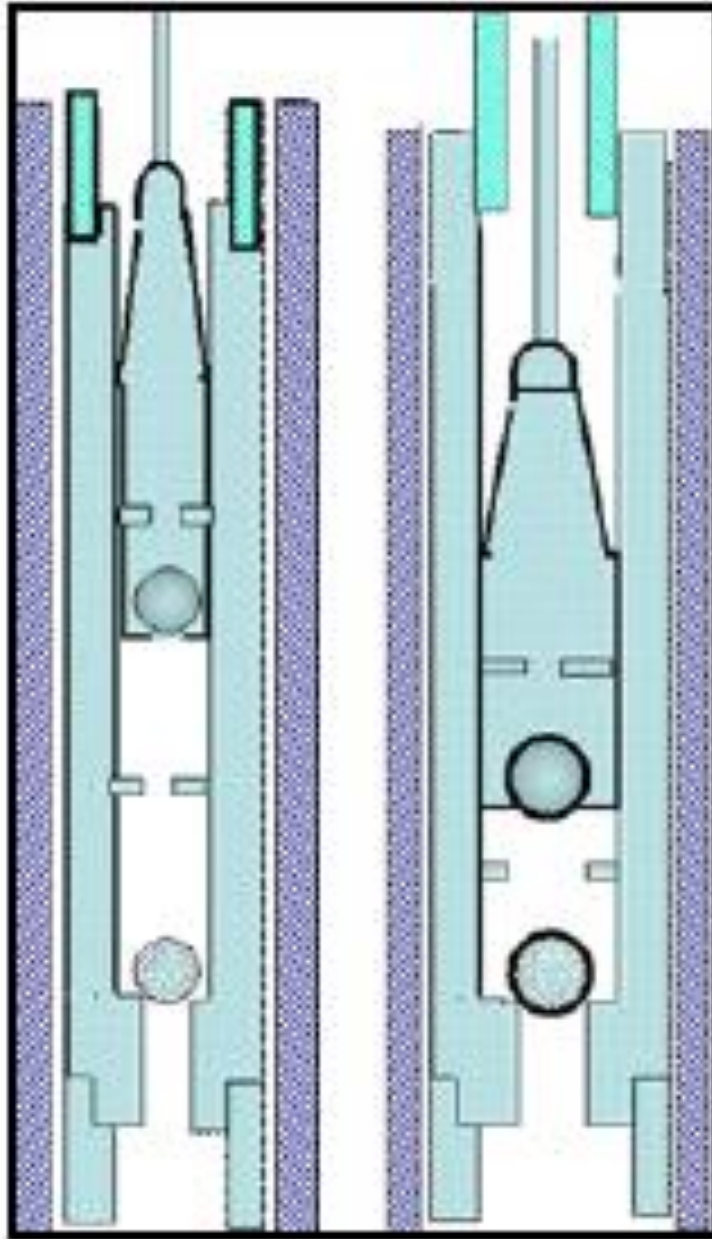
Pada *rod pump*, *plunger* maupun *working barrel* bisa dinaikan dengan mudah untuk diperbaiki dengan hanya menarik *rod* keatas. Agar *barrel* tersebut terikat

kuat didasar *tubing* selama kerja pompa maka diberi *seating cups* atau *hold down anchors*. Berdasarkan operasinya *rod pump* dapat dibagi dua:

1. *Travelling pump* (inverted pump) dimana plungernya diam, *working barrel*nya yang bergerak (RWT, RST). Keuntungannya adalah gerakan barrel mengurangi kemungkinan pasir mengendap diantara *barred* dan *tubing*, tetapi *friksi* akan meningkat.
2. *Stationery insert pump* (stationery barrel) ini adalah yang paling umum dipakai . Jenisnya adalah *Thin* (tipis) dan *heavy wall* (one-piece) *barrel* dan *linier barrel* (liner barrel bukan standard API)



Gambar 40. *Tubing Pump*



Gambar 41. *Insert Pump*

Jumlah *liquid* yang bisa diangkat dengan *sucker rod pump* ditentukan oleh:

1. Diameter pompa (pump size)
2. Panjang langkah pemompaan (stroke length)
3. Kecepatan langkah pemompaan (stroke per minute)

4. Kedalaman pompa dipasang dalam lobang sumur (pump set)

Desain Sumur Dalam

Pompa angguk merupakan alat pengangkatan buatan yang paling umum dipakai di dunia ini karena tidak mudah rusak, mudah diperbaiki, dikenal banyak orang lapangan dan toleran terhadap fluktuasi laju produksi. Pompa ini tidak cocok dipakai dilepas pantai karena kebanyakan sumur berprofil miring.

Dikenal tiga macam perlengkapan permukaan pompa angguk, yaitu :

1. *Konvensional*
2. *Air Balance*
3. *Mark II*

Desain Sumur Dangkal (Metode Mill's)

Yang pertama kali harus diketahui untuk disain adalah:

1. Laju produksi
2. *Net lift*

Kedua hal tersebut untuk memilih ukuran *plunger* agar menghasilkan beban minimum di *rodnya* dan peralatan permukaan, *gear box* serta motornya. Dengan mengetahui ukuran *plunger* maka ditentukan ukuran *tubingnya*, ukuran *rod* dan panjangnya, panjang langkah pompa, kecepatan pompa, *rating torque* dan besar motornya.

Karena kesemuanya ini saling tergantung maka solusi matematis yang tak tergantung pengalaman akan sulit. Bila telah dibuat beberapa asumsi, maka bisa dibuat grafik untuk pegangan pertama dalam memilih pompanya. Asumsi yang dipakai biasanya adalah:

1. Fluida sumur berdensitas = 1 (SG =1)
2. *Net lift* sama (atau hampir sama) dengan puncak cairan kerja (*working fluid level*) dan kedalaman pompa

Setelah peralatan dan kondisi kerja dipilih dari grafik dan tabel diatas, maka perlu dicek dengan persamaan-persamaan sebelumnya apakah produksi, beban - beban, *torque* dll cocok. Dalam beberapa hal perlu juga diatur kembali, misalnya kalau tubing sudah pasti ukurannya, maka ini akan menentukan besar

pompanya (*plungernya*) sehingga secara keseluruhan akan lebih kecil ukuran pompanya dari grafik yang ditentukan disini.

Dengan mengikuti bentuk grafik, faktor pertama adalah *pump displacement* yang dihitung dari produksi yang diinginkan dibagi dengan *volumetric efficiency*. Untuk mencek beban, *torque* dll diperlukan pula SG fluida dan *working fluid level* (puncak cairan kerja). Kalau data-data ini tak tersedia, maka mungkin dianggap efisiensi 80%, SG =1, *working fluid level* dekat kedalaman pompa.

C.3.B.5 KERUSAKAN PADA SUCKER ROAD PUMP

Kerusakan pada pompa angguk tergantung pada banyak hal. Faktor karat adalah yang paling umum. Karat sangat tergantung pada fluida dilapangan tersebut. Karat bisa ditanggulangi dengan cara kimiawi (ditambah inhibitor).

Faktor lain adalah mekanis, seperti keausan, salah disain atau salah waktu menyambung *rod*, *overstress*, sumur bengkok, selama transportasi dan pemasangannya. Vibrasi juga sangat penting untuk diperhatikan, kecepatan jangan sampai sinkron.

C.3.B.6 ANALISA KERUSAKAN

Beberapa pengamatan langsung serta penggunaan alat dinamometer diperlukan dalam mempelajari kekurangan pada peralatan sistem pompa angguk. Pengamatan langsung ini dilakukan secara periodik dan kadang-kadang memerlukan ketelitian yang tinggi. Dinamometer adalah alat untuk mencatat berat beban yang ditanggung oleh batang upaman terhadap waktu secara kontinu. Dari pencatatan ini diperoleh beban maksimum dan beban minimum, beban *standing valve*, beban *travelling valve* serta beban *counterbalance*. Informasi yang bisa didapat dari *dynamometer* adalah beban batang isap, aras cairan, kebocoran tubing, kebocoran *standing/ travelling valve*, keseimbangan *counterbalance* dan lain-lain.

Di pasaran tersedia bermacam-macam dinamometer, seperti Johnson-Fagg (mekanik dengan perelastik), Leutert (hidraulik) dan End Devices, Inc. dan Delta-XCorp (Elektrik).

C.3.B.7 Troubleshooting

Beam Type Pumping Unit

Kondisi	Indikasi	Kemungkinan penyebab	Tindakan perbaikan	Catatan
<i>Liquid Pound</i>	• <i>Dynamometer chart</i> menunjukkan terjadinya tabrakan antara <i>plunger</i> dan <i>fluid level</i> pada saat <i>down stroke</i> • <i>Zero tubing pressure</i> • Tidak ada fluida yang keluar	• <i>Pump barrel</i> tidak terisi penuh dengan fluida • SPM terlampau tinggi	Diskusikan dengan <i>Petroleum Engineer</i>	Cabut seluruh rangkaian, ganti jenis pompa dengan <i>stream line pump</i>
<i>Gas pound</i>	<i>Dynamometer chart</i> menunjukkan terjadinya tabrakan antara <i>plunger</i> dengan <i>compressed steam</i> atau <i>gas level</i> di dalam <i>barrel</i> pada saat <i>down stroke</i>	<i>Pump barrel</i> berisi gas yang terkompresi	Diskusikan dengan <i>Petroleum Engineer</i>	Cabut seluruh rangkaian, ganti jenis pompa dengan <i>stream line pump</i> dan pasang <i>gas anchor</i> dibawah <i>seating nipple</i>

<i>Not Pumping</i>	• Tidak ada fluida yang keluar (diantara <i>polished rod</i> dan <i>stuffing box</i> keluar uap) • <i>Zero tubing pressure</i>	• Rangkaian <i>tubing</i> atau <i>sucker rod</i> lepas • Rangkaian <i>tubing</i> bocor • <i>Travelling/standing valve wash out</i> • <i>Standing valve</i> tidak duduk pada <i>seating nipple</i> karena terganjal • Jarak <i>tapping</i> terlalu dekat • <i>Standing valve</i> terpancing	• Lakukan uji tekan terhadap rangkaian <i>tubing</i> dan pompa • Lakukan proses <i>bump down</i> (pancing <i>standing valve</i> dan dudukkan kembali)	• Cabut dan periksa seluruh rangkaian pipa dan pompa • Jika ada temuan pada rangkaian akan menentukan langkah <i>workover</i> selanjutnya
<i>Gas lock</i>	• Tidak ada fluida yang keluar (diantara <i>polish rod</i> dan <i>stuffing box</i> keluar uap)	• Terjadi ekspansi gas dalam <i>pump barrel</i> • Gas terakumulasi dibawah <i>seating nipple</i> sehingga <i>fluid level</i> tertekan kebawah yang mengakibatkan <i>fluid over pump</i> tidak tercapai	Diskusikan dengan <i>Petroleum Engineer</i> agar mendatangkan rig untuk memperbaiki kondisi ini	Cabut seluruh rangkaian, dan pasang <i>gas anchor</i> dibawah <i>seating nipple</i>
<i>Pump stuck</i>	• <i>Polished rod</i> tertinggal saat <i>down stoke</i> • <i>Pumping</i> unit mati dalam keadaan <i>high ampere</i> • <i>V-belt</i> putus karena terbakar akibat slip pada <i>pulley</i>	<i>Travelling valve stuck</i> karena: • Pasir formasi/gravel sand • Pemuaian <i>traveling valve (fit)</i> • Terjadi <i>scale</i> dalam <i>pump</i>	Diskusikan dengan <i>Petroleum Engineer</i> untuk mencabut seluruh rangkaian	Diskusikan dengan <i>Petroleum Engineer</i> temuan penyebab <i>stuck</i> , bila perlu rancang ulang rangkaian

		<i>barrel</i> Kurangnya berat rangkaian <i>sucker rod</i>		<i>sucker rod</i>
<i>Low production</i>	- Hasil test dibawah <i>pump capacity</i> <i>Tubing pressure</i> lebih rendah dari yang biasa	- SPM terlalu tinggi - Pompa kebesaran <i>Fluid not support</i> <i>Standing/ traveling valve</i> bocor - Rangkaian pipa bocor	- Hitung kembali SPM yang dibutuhkan - Hitung kembali ukuran pompa berdasarkan hasil test yang normal - Adaka uji tekan	- Cabut dan inspeksi seluruh rangkaian - Adakan pengujian ulang (<i>re swab test</i>) dan <i>stimulation job</i> bila perlu

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 4: Memahami Klasifikasi dan macam-macam *Sucker Rod Pump*

Setelah Saudara memahami tentang *Troubleshooting* ESP pada aktivitas 3, maka pada aktivitas 4 ini Saudara akan mendiskusikan Klasifikasi dan macam-macam *Sucker Rod Pump*. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang *Sucker Rod Pump*?
2. Mengapa Saudara harus memahami Klasifikasi *Sucker Rod Pump*? Sebutkan apa saja klasifikasi *Sucker Rod Pump*?
3. Menurut pendapat Saudara mengapa macam-macam *Sucker Rod Pump* penting bagi kelangsungan kinerja produksi migas? Sebutkan macam-macam *Sucker Rod Pump*?
4. Apakah dengan menggunakan *sucker rod pump* dapat meningkatkan performansi produksi migas? Mengapa?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-04**. Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang Klasifikasi dan macam-macam *Sucker Rod Pump*. Bacalah bahan bacaan tentang Klasifikasi dan macam-macam *Sucker Rod Pump*.

Aktivitas 5: Memeriksa Kembali Kekencangan Belt

Setelah Saudara memahami tentang Klasifikasi dan macam-macam *Sucker Rod Pump* pada aktivitas 4, maka pada aktivitas 5 ini Saudara akan mendiskusikan desain sumur. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang desain sumur?
2. Mengapa Saudara melakukan kegiatan desain sumur?
3. Menurut pendapat Saudara mengapa desain sumur penting bagi kelangsungan kinerja produksi migas?
4. Apakah desain sumur dapat meningkatkan performansi produksi migas? Mengapa?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-05**. Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang desain sumur Bacalah bahan bacaan 5 tentang desain sumur.

Aktivitas 6: Memeriksa Kembali Air Dryer

Setelah Saudara memahami tentang desain sumur pada aktivitas 5, maka pada aktivitas 6 ini Saudara akan mendiskusikan bagaimana memahami *Troubleshooting Beam type pumping unit*. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa indikasinya jika terjadi *Troubleshooting* dalam kondisi *Liquid pound* dan *Gas Pound*?
2. Apa yang menyebabkan terjadinya *Troubleshooting* dalam kondisi *Gas Lock*?
3. Mengapa *Troubleshooting* dalam kondisi *Pump stuck* bisa terjadi? Apa tindakan Saudara jika terjadi hal tersebut?
4. Menurut Saudara catatan apa saja yang harus dilakukan jika terjadi *Troubleshooting* dalam kondisi *Low Production*?
5. Apakah *Troubleshooting* SRP dapat menghambat performansi produksi migas? Mengapa?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-06**. Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang *Troubleshooting Beam type pumping unit*. Bacalah bahan bacaan 6 tentang *Troubleshooting Beam type pumping unit*.

LEMBAR KERJA (LK-04)

1. Apa yang Saudara ketahui tentang *Sucker Rod Pump*?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Mengapa Saudara harus memahami Klasifikasi *Sucker Rod Pump*?
Sebutkan apa saja klasifikasi *Sucker Rod Pump*?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Menurut pendapat Saudara mengapa macam-macam *Sucker Rod Pump* penting bagi kelangsungan kinerja produksi migas? Sebutkan macam-macam *Sucker Rod Pump*?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Apakah dengan menggunakan *sucker rod pump* dapat meningkatkan performansi produksi migas? Mengapa?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

LEMBAR KERJA (LK-05)

1. Apa yang Saudara ketahui tentang desain sumur?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Mengapa Saudara melakukan kegiatan desain sumur?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Menurut pendapat Saudara mengapa desain sumur penting bagi kelangsungan kinerja produksi migas?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Apakah desain sumur dapat meningkatkan performansi produksi migas?
Mengapa?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

LEMBAR KERJA (LK-06)

1. Apa indikasinya jika terjadi *Troubleshooting* dalam kondisi *Liquid pound* dan *Gas Pound*?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Apa yang menyebabkan terjadinya *Troubleshooting* dalam kondisi *Gas Lock*?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Mengapa *Troubleshooting* dalam kondisi *Pump stuck* bisa terjadi? Apa tindakan Saudara jika terjadi hal tersebut?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Menurut Saudara catatan apa saja yang harus dilakukan jika terjadi *Troubleshooting* dalam kondisi *Low Production*?

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

5. Apakah *Troubleshooting* SRP dapat menghambat performansi produksi migas? Mengapa?

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

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Apakah yang dimaksud dengan *Sucker rod pump*?
2. Sebutkan macam-macam type SRP !
3. Sebutkan peralatan atas permukaan (Surface Equipment dari SRP) !
4. Sebutkan peralatan bawah permukaan (Sub Surface Equipment) dari SRP !
5. Hal apa saja yang harus diperhatikan agar jumlah liquid yang bisa diangkat dengan *sucker rod pump*?

F. Rangkuman

1. *Sucker Rod Pump* adalah susunan beberapa balok (beam arrangement) yang dapat memberikan gerakan turun naik (reciprocating motion) kepada

rod string yang dihubungkan ke *positive displacement pump* dalam sumur minyak.

2. Menurut standar *American Petroleum Institute (API)*. *Sucker Rod Pump* dapat dibedakan atas tiga macam, yaitu:
 1. *Standard atau Conventional Type*
 2. *Low Torque Unit* (Mark II unitorque Sucker Rod Pump)
 3. *Air Balance Unit*

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 Produksi Minyak dan Gas untuk dapat menambah pengetahuan saudara setelah membaca modul guru pembelajaran ini? Jelaskan?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Sebutkan langkah – langkah yang saudara lakukan untuk membuat suatu desain dari peralatan *Sucker Road Pump* untuk sumur buatan yang nyata? Jelaskan

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Dalam melakukan deain peralatan *Sucker Road Pump* untuk sumur buatan apa saja yang bisa saudara lakukan?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Saat saudara melakukan pengamatan tentang peralatan permukaan dan bawah permukaan *Sucker Road Pump* untuk sumur buatan apa saja yang

bisa saudara lakukan agar saudara bisa lebih menguasai tentang peralatan-
peralatan tersebut? Dan bagaimana proses pembentukannya?

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

6. Berdasarkan yang saudara amati tentang Beam Type Pumping Unit,
bagaimana Saudara untuk menanganinya?

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

Tindak Lanjut

Untuk melengkapi pengetahuan perlu dipelajari secara menyeluruh tiap bagian-bagian pokok bahasan pada pelajaran ini melalui pelajaran lanjutan, referensi buku, internet dll.

Kunci Jawaban

1. *Electric Submersible Pump system* adalah suatu metode dari *artificial lift* yang banyak digunakan untuk memompakan reservoir fluid dari formasi sumur yang cukup jauh dalam perut bumi ke permukaan.
2. *Surface equipment* terdiri dari :
 1. *Transformer*
 2. *Switch board*
 3. *Junction box*
 4. *Well head*.
3. *Down hole equipment* terdiri dari :
 1. *Multistage centrifugal pump*
 2. *Intake / gas separator*
 3. *Protector*
 4. *Electric motor*
4. Fungsi *switchboard*:
 1. Menghidupkan dan mematikan SPS
 2. Memonitor kinerja SPS (recording chart)
 3. Mengontrol SPS terhadap *overload* dan *underload*
 4. Tempat melakukan *troubleshooting*
 5. Menghidupkan dan mematikan ESP unit
 6. Memonitor dan mencatat kinerja ESP unit
 7. Melindungi ESP unit bekerja pada kondisi tidak normal
 8. Setting yang benar pada controller akan melindungi motor listrik pada ESP unit dari gangguan sumber listrik, gangguan mekanik pada pompa dan gangguan reservoir

9. Setiap terjadi perubahan arus listrik pada ESP unit, akan tercatat oleh *recording ammeter* pada *chart*
5. Kegunaan dari *junction box* adalah untuk memudahkan penyambungan *power cable* dan bisa juga tempat melakukan pengukuran *load motor* oleh *electrician* atau *pumper*.
6. *Sucker Rod Pump* adalah susunan beberapa balok (*beam arrangement*) yang dapat memberikan gerakan turun naik (*reciprocating motion*) kepada *rod string* yang dihubungkan ke *positive displacement pump* dalam sumur minyak.
7. Menurut standar *American Petroleum Institute* (API). *Sucker Rod Pump* dapat dibedakan atas tiga macam, yaitu:
 1. *Standard* atau *Conventional Type*
 2. *Low Torque Unit* (*Mark II unit* or *torque Sucker Rod Pump*)
 3. *Air Balance Unit*
8. Komponen *surface facility (sucker rod pump)* :
 1. *Prime Mover* (Penggerak utama)/*Driver* (Penggerak)
 2. *Gear Reducer*
 3. *Crank Arm*
 4. *Pitman*
 5. *Walking Beam*
 6. *Horse Head*
 7. *Wire line / bridle / hanger cable*
 8. *Carrier Bar* atau *Hanger*
 9. *Counter Weight*
 10. *Stuffing Box*
 11. *Brake (Rem)*
9. Komponen *sub-surface facility (sucker rod pump)* :
 1. *Working Barel*
 2. *Plunger*
 3. *Standing Valve* dan *Travelling Valve*.
 4. *Sucker rod*

5. *Polished rod*

6. *Pump assembly*

10. Jumlah liquid yang bisa diangkat dengan sucker rod pump ditentukan oleh:

1. Diameter pompa (pump size)
2. Panjang langkah pemompaan (stroke length)
3. Kecepatan langkah pemompaan (stroke per minute)
4. Kedalaman pompa dipasang dalam lobang sumur (pump set)

Evaluasi

Setelah mempelajari materi yang ada di dalam modul ini saudara diharapkan mampu mengerjakan soal-soal latihan sebagai tolak ukur keberhasilan dalam pencapaian indikator. Materi yang disajikan didalam modul ini sebagai pembelajaran untuk memperbaiki nilai Uji Kompetensi Guru yang telah dilaksanakan, sehingga kedepannya bisa memberikan hasil yang memuaskan saat diadakan Uji Kompetensi Guru.

BAB IV

PENUTUP

Kesimpulan

Demikian Modul Guru Pembelajaran Mata Pelajaran Teknik Produksi Migas Kelompok Kompetensi F bagi Guru pasca UKG ini disusun. Modul ini disusun sebagai acuan bagi semua pihak yang terkait dalam pelaksanaan kegiatan pelatihan dan GP bagi guru dan tenaga kependidikan (GTK). Melalui Modul Guru Pembelajaran Mata Pelajaran Teknik Produksi Migas Kelompok Kompetensi F ini selanjutnya semua pihak terkait dapat menemukan kemudahan dalam melaksanakan UKG kelanjutan dan menambah pengetahuan dan wawasan pada bidang dan tugas masing-masing.

Modul Guru Pembelajaran Mata Pelajaran Teknik Produksi Migas Kelompok Kompetensi F bagi Guru pasca UKG ini disusun ini merupakan bahan pelajaran atau materi yang harus dipelajari oleh guru pasca UKG. Semoga Modul Guru Pembelajaran Mata Pelajaran Teknik Produksi Migas Kelompok Kompetensi F 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 Guru Pembelajar.

DAFTAR PUSTAKA

Bradley, Petroleum Engineering Handbook, Society of Petroleum Engineers, US 1987.

Dr. John M. Campbell, Gas Conditioning and Processing, Vol. 1., Campbell Petroleum Series, Oklahoma.

Dr. Skinner, Introduction to Petroleum Production Vol. 1-2, Gulf Publishing Company, Houston Texas, USA, 1981

Francois, S. Manning et. Al., Field Handling of Petroleum, Tulsa, 1980

Gardner, Howard. (1993). *Multiple Intelligences*. New York: Basic Books Harper Collins Publ. Inc.

Goleman, Daniel. (1995). *Emotional Intelligence*. New York: Bantam Books.

Munandar, Utami, S. C. (1992). *Mengembangkan Bakat dan Kreativitas Peserta didik Sekolah*. Jakarta: Gramedia.

NN, The Petroleum industry, Production Operations, Acton System, Houston, 1982.

Renzulli, Joseph S., Reis Selly M., Smith Linda H. (1981). *Gifted and Talented Education in Perspective*. Virginia: Eric, Clearing House.

Reni Akbar, dkk. (2001). *Keberbakatan Intelektual*. Jakarta: Grasindo.