



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Produksi Minyak dan Gas

Pedagogik : Komunikasi Efektif dalam Proses Pembelajaran
Profesional : Proses Produksi Minyak dan Gas

KELOMPOK
KOMPETENSI





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Produksi Minyak dan Gas

Penyusun :

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

Reviewer :

**Tommy Erfando, ST., MT
T. Minyak UIR Riau
tomierfando@eng.uir.ac.id
0761-72126**

**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
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
Kegiatan Pembelajaran 1 : Komunikasi yang Efektif dalam Pembelajaran	4
A. Tujuan :	4
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	4
C. Uraian Materi	4
D. Aktivitas Pembelajaran	27
E. Latihan / Kasus / Tugas.....	27
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	28
G. Evaluasi Pilihan Berganda.....	28
H. Kunci Jawaban Pilihan Berganda	31
BAB III 32	
KOMPETENSI PROFESIONAL.....	32
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 :Sistem Pengumpul (Gathering Station dan Proses Produksi Migas).....	32

A. Tujuan.....	32
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	32
C. Uraian Materi.....	33
D. Aktivitas Pembelajaran	55
E. Latihan / Kasus / Tugas.....	55
F. Rangkuman.....	56
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : Operasi Produksi di Lapangan Minyak dan Gas (Migas).....	57
A. Tujuan.....	57
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	58
C. Uraian Materi.....	58
D. Uraian Materi.....	106
E. Latihan/Kasus/Tugas	132
DAFTAR PUSTAKA.....	133

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 diklat 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 diklat GP guru Teknik Produksi Migas Grade 7 bagi guru dan tenaga kependidikan pasca UKG untuk Sekolah Menengah Kejuruan dalam bidang Keahlian Teknik Pengolahan Minyak, Gas dan Petrokimia. Modul ini dibuat untuk dijadikan bahan pelatihan yang diperlukan oleh guru Teknik Pengolahan Minyak, Gas dan Petrokimia pasca UKG dalam melaksanakan kegiatan GP. Selain itu modul ini juga dijadikan sebagai bahan belajar oleh para guru maupun tenaga kependidikan Teknik Pengolahan Minyak, Gas dan Petrokimia untuk meningkatkan kompetensi dalam bidang Pengolahan Minyak, Gas dan Petrokimia.

B. Tujuan

Tujuan disusunnya Modul diklat GP guru Teknik Produksi Migas Grade 7 adalah memberikan pemahaman bagi para guru maupun tenaga kependidikan sekolah kejuruan pasca UKG bidang keahlian Teknik Produksi Migas.

C. Peta Kompetensi

Manfaat disusunnya Modul diklat GP guru Teknik Produksi Migas Grade 7 adalah untuk dijadikan acuan bagi instansi penyelenggara pelatihan dalam melaksanakan peningkatan dan pengembangan kemampuan Guru dan Tenaga Kependidikan pasca UKG.

1. Memastikan peran dan tanggung jawab Guru dan Tenaga Kependidikan atau penyedia layanan belajar maupun yang lainnya dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam bidang Pengolahan Minyak, Gas Dan Petrokimia.
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 mumpuni.

D. Ruang Lingkup

Ruang Lingkup penyusunan Modul diklat GP guru Teknik Produksi Migas Grade 7 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 Teknik Produksi Migas Grade 7 ini sebagai berikut:

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

BAB II

KOMPETENSI PEDAGOGIK

Kegiatan Pembelajaran 1 : Komunikasi yang Efektif dalam Pembelajaran

A. Tujuan :

Peserta Diklat dapat menerapkan komunikasi pembelajaran secara efektif, empatik, dan santun dengan bahasa yang khas dalam kegiatan pembelajaran.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Komunikasi yang efektif, empatik, dan santun dilakukan untuk mengajak peserta didik, agar ambil bagian dalam kegiatan pembelajaran sesuai dengan mata pelajaran yang diampu.

C. Uraian Materi

A. Hakikat Komunikasi Dan Pembelajaran

Hakikat komunikasi adalah penyampaian pesan dengan menggunakan lambang (symbol) tertentu, baik verbal maupun non verbal, dengan tujuan agar pesan tersebut dapat diterima oleh penerima (audience). Dengan demikian hakikat komunikasi adalah “sharing” yang artinya pesan yang disampaikan sumber dapat menjadi milik penerima, atau dalam dunia pendidikan dan pembelajaran dikatakan agar pesan pembelajaran yang disampaikan guru dapat diserap oleh siswanya.

Ditinjau dari etimologi, komunikasi berasal dari kata “Communicare” yang berarti “membuat sama”. Definisi kontemporer menyatakan bahwa komunikasi berarti “mengirim pesan” Menurut (Effendy. 2003:9) istilah komunikasi (communication) berasal dari kata latin communication, dan bersumber dari kata communis yang berarti sama. Sama di sini maksudnya adalah sama makna.

Jadi jika dua orang melakukan komunikasi misalnya dalam bentuk percakapan maka komunikasi akan berjalan atau berlangsung dengan baik selama ada kesamaan makna mengenai apa yang diperbincangkan

Lima (5) sasaran pokok dalam proses komunikasi, yaitu :

- 1) Membuat pendengar mendengarkan apa yang kita katakan (atau melihat apa yang kita tunjukkan kepada mereka)
- 2) Membuat pendengar memahami apa yang mereka dengar atau lihat
- 3) Membuat pendengar menyetujui apa yang telah mereka dengar (atau tidak menyetujui apa yang kita katakan, tetapi dengan pemahaman yang benar)
- 4) Membuat pendengar mengambil tindakan yang sesuai dengan maksud kita dan maksud kita bisa mereka terima
- 5) Memperoleh umpan balik dari pendengar

Dalam membangun kehidupan yang baik di masa sekarang dan yang akan datang, perlu dibangun dengan komunikasi yang baik tentunya akan mendukung segala aktivitas kerja yang kita lakukan. Apalagi ketika tugas atau pekerjaan kita melibatkan kita untuk terus melakukan komunikasi. Sepintar apapun kita, sebanyak apapun ilmu kita, namun apabila kita tidak dapat menyampaikan ilmu tersebut kepada khalayak umum dengan baik, maka semua kita akan menjadi sesuatu yang sia-sia karena tidak dapat bermanfaat untuk masyarakat banyak.

Sesungguhnya komunikasi itu pada dasarnya adalah upaya bagaimana kita meraih perhatian, cinta kasih, minat kepedulian, simpati, tanggapan, maupun respon positif dari orang lain. Semua upaya yang tersebut di atas dapat kita kembangkan dan rangkum dalam satu kata yang mencerminkan esensi dari komunikasi itu sendiri yaitu REACH, yang berarti merengkuh atau meraih :

1. Respect

Hal pertama dalam mengembangkan komunikasi yang efektif adalah sikap menghargai sikap individu yang menjadi sasaran pesan yang kita sampaikan. Ingatlah pada prinsipnya manusia ingin dihargai dan dianggap penting.

2. Emphaty

Empati adalah kemampuan kita untuk menempatkan diri kita pada situasi atau kondisi yang dihadapi oleh orang lain. Salah satu prasyarat utama dalam memiliki empati adalah kemampuan kita untuk mendengarkan atau mengerti terlebih dahulu sebelum didengarkan atau dimengerti oleh orang lain.

3. Audible

Makna dari audible antara lain: dapat didengarkan atau dimengerti dengan baik. Audible berarti pesan yang kita sampaikan dapat diterima oleh penerima pesan.

4. Clarity

Makna dari clarity adalah kejelasan dari pesan itu sendiri sehingga tidak menimbulkan multi interpretasi atau berbagai penafsiran yang berlainan.

5. Humble

Adalah sikap rendah hati. Sikap ini merupakan unsur yang terkait dengan sikap menghargai orang lain, biasanya didasari oleh sikap rendah hati yang kita miliki.

Jika komunikasi yang kita bangun didasarkan pada lima esensi komunikasi yang tersebut diatas, maka kita dapat menjadi seorang komunikator yang handal dan pada gilirannya dapat membangun jaringan hubungan dengan orang lain yang penuh dengan penghargaan (respect), karena inilah yang dapat membangun hubungan jangka panjang yang saling menguntungkan dan saling menguatkan.

B. Bentuk- Bentuk Komunikasi

Para pakar ilmu komunikasi mengelompokkan pembagian komunikasi dalam bentuk yang bermacam –macam. Dilihat dari peserta komunikasinya, komunikasi dapat dibagi menjadibeberapa bagian yaitu :

1. Komunikasi Intrapribadi

Komunikasi intrapribadi (interpersonal communication) adalah komunikasi dengan diri sendiri, baik kita sadari atau tidak. Contohnya berfikir. Komunikasi ini merupakan landasan komunikasi antar pribadi dan komunikasi dalam konteks-konteks lainnya, meskipun dalam disiplin komunikasi tidak dibahas secara rinci dan tuntas. Dengan kata lain, komunikasi intrapribadi ini inheren dalam komunikasi dua orang, tiga orang, dan seterusnya,karena sebelum berkomunikasi dengan orang lain kita biasanya berkomunikasi dengan diri sendiri (memersepsi danmemastikan makna pesan orang lan bergantung pada keefektifan komunikasi kita dengan diri sendiri.

2. Komunikasi antar pribadi (interpersonal communication)

Adalah komunikasi antara orang – orang secara tatap muka, yang memungkinkan setiap pesertanya menangkap reaksi yang lain secara langsung, baik secara verbal maupun nonverbal. Bentuk khusus dari komunikasi antar

pribadi ini adalah komunikasi diadik (dyadic communication) yang melibatkan hanya dua orang, seperti suami istri, dua sejawat, dua sahabat dekat, guru murid, dan sebagainya. Ciri-ciri komunikasi diadik adalah pihak-pihak yang berkomunikasi berada dalam jarak yang dekat.

Pihak-pihak yang berkomunikasi mengirim dan menerima pesan secara simultan dan spontan, baik secara verbal ataupun nonverbal. Keberhasilan komunikasi menjaditanggungjawab para peserta komunikasi. Kedekatan hubungan pihak-pihak yang berkomunikasi akan tercermin pada jenis-jenis pesan atau respons mereka, seperti sentuhan, tatapan mata yang ekspresif, dan jarak fisik yang sangat dekat. Meskipun setiap orang dalam berkomunikasi antarpribadi bebas mengubah topik pembicaraan, kenyataannya komunikasi antarpribadi bisa saja didominasi oleh satu pihak. Misalnya komunikasi suami-istri didominasi oleh suami, komunikasi oleh dosen – mahasiswa didominasi oleh dosen, komunikasi atasan bawahan oleh bawahan oleh atasan. Kita biasanya menganggap pendengaran dan penglihatan sebagai indra primer, padahal sentuhan dan penciuman juga samapentingnya dalam menyampaikan pesan – pesan yang bersifat intim. Jelas sekali, bahwa komunikasi antarpribadi sangat potensial untuk mempengaruhi atau membujuk orang lain, karena kita dapat menggunakan kelima alat indra, tadi untuk mempertinggi daya bujuk pesan yang kita komunikasikan kepadanya. Sebagai komunikasi paling lengkap dan paling sempurna, komunikasi antarpribadi berperan penting hingga kapanpun, selama manusia masih mempunyai emosi. Kenyataannya komunikasi tatap muka ini membuat manusia merasa lebih akrab dengan sesamanya, berbeda dengan komunikasi lewat media massa seperti surat kabar dan televisi atau lewat teknologi komunikasi tercanggih sekalipun seperti telepon genggam, E-mail, atau telekonferensi, yang membuat manusia merasa terasing.

3. Komunikasi Kelompok

Kelompok adalah sekumpulan manusia yang mempunyai tujuan bersama, yang berinteraksi satu sama lain untuk mencapai tujuan bersama, mengenal satu sama lainnya, dan memandang mereka sebagai bagian dari kelompok tersebut. Kelompok ini misalnya adalah keluarga, tetangga, kawan-kawan terdekat, kelompok diskusi, kelompok pemecahan masalah, atau suatu komite yang tengah berapat untuk mengambil suatu keputusan. Dengan demikian, komunikasi yang dilakukan kelompok kecil tersebut (small group communication).

Komunikasi kelompok dengan sendirinya melibatkan juga komunikasi antar pribadi berlaku juga bagi komunikasi kelompok.

4. Komunikasi Massa

Komunikasi massa (mass communication) adalah komunikasi yang menggunakan majalah media massa, baik cetak (surat ,majalah) atau elektronik (radio, televisi), yang dikelola oleh suatu lembaga atau orang yang dilembagakan, yang ditujukan kepada sejumlah besar orang yang tersebar di banyak tempat, anonym, heterogen. Pesan – pesannya bersifat umum, disampaikan secara cepat, serentak dan selintas (khususnya media elektronik). Komunikasi antar pribadi, komunikasi kelompok dan komunikasi organisasi berlangsung juga dalam proses untuk mempersiapkan pesan yang disampaikan media massa ini.

5. Komunikasi Organisasi

Komunikasi organisasi (organizational communication) terjadi dalam suatu organisasi, bersifat formal dan juga informal, dan berlangsung dalam suatu jaringan yang lebih besar daripada komunikasi kelompok. Komunikasi organisasi seringkali juga melibatkan komunikasi diadik, komunikasi antarpribadi. Komunikasi formal adalah komunikasi menurut struktur organisasi , yakni komunikasi kebawah, komunikasi keatas, dan komunikasi horizontal, sedangkan komunikasi informal tidak tergantung pada struktur organisasi, seperti komunikasi antar sejawat, juga termasuk gossip.

C. Komunikasi Verbal Dan Non Verbal

Barangkali ada tiga macam kegiatan utama yang secara khas dilakukan manusia di sepanjang kehidupannya, yaitu bernafas, berkomunikasi dan berfikir. Dari ketiga aktivitas tersebut, hanya bernafaslah yang dikerjakan manusia secara nonstop 24 jam sehari semalam disepanjang hidupnya. Sedangkan kegiatan berkomunikasi dan berfikir dilakukan selagi manusia masih dalam keadaan jaga (tidak tidur), baik selagi sendiri maupun bersama orang lain, melalui berbagai kegiatan seperti membaca, menulis, menonton televisi mendengar radio, berbicara dengan orang lain, mendengar orang lain, berbicara, bertanya, menjawab pertanyaan dan lain sebagainya.

Kegiatan komunikasi dilakukan di semua aspek (bidang) kehidupan manusia: bidang ekonomi, politik, social, kebudayaan, keagamaan, pendidikan,

keamanan, hukum dan sebagainya. Kegiatan komunikasi yang dilakukan dengan bermacam-macam bentuk dan jenis kegiatan komunikasi serta sangat penting peranannya dalam kehidupan manusia sebagai makhluk sosial mengambil urutan kegiatan sebagai berikut : mendengar (listening), berbicara (speaking), membaca (reading) dan menulis(writing).

Kegiatan komunikasi tidak dapat dipisahkan dan bahkan sangat diperlukan dalam kehidupan manusia karena manusia adalah makhluk social dimana manusia tidak akan pernah dapat hidup sendiri sebagai “feral man”. Setiap individu memerlukan kehadiran individu yang lain untuk memenuhi berbagai macam kebutuhan hidupnya, baik yang bersifat jasmaniah (biologis) maupun yang bersifat non – biologis seperti kebutuhan rasa aman, penghargaan, kasih sayang dan perwujudan diri (self actualization need) sebagai yang dikemukakan oleh Maslov.

Selain itu, kegiatan komunikasi juga dilakukan atau diperlukan oleh manusia karena manusia tidak dapat selamanya memperoleh pengalaman langsung (firsthand experiences) didalam hidupnya karena adanya keterbatasan dalam waktu, biaya, sarana dan prasarana dan sebagainya.

Oleh sebab itu seringkali kita hanya dapat memperolehnya melalui pengalaman tidak langsung (secondhand atau vicarious experiences) yang kita dapatkan dengan jalan membaca, mendengar, melihat gambar dan sebagainya. Pengalaman tidak langsung seperti itu kita peroleh melalui kegiatan komunikasi. Masih ada kegunaan komunikasi yang lain bagi kehidupan manusia yaitu untuk mewariskan kebudayaan, ilmu pengetahuan, dan teknologi yang sudah dimiliki manusia dalam satu generasi ke generasi berikutnya dan dengan demikian sangat penting untuk mempertahankan kehidupan manusia itu sendiri.

Sebagai makhluk yang memerlukan bantuan dan kehadiran orang lain untuk memenuhi berbagai macam kebutuhan hidupnya (makhluk sosial), manusia juga mengembangkan lambang verbal(bahasa) yang digunakan sebagai sarana/alat utama dalam komunikasi. Bentuk komunikasi verbal (komunikasi dengan menggunakan kata-kata atau bahasa) adalah bentuk komunikasi yang paling dominan digunakan dalam kehidupan manusia. Sesuai dengan berbagai macam kebutuhan yang dimiliki atau perkembangan yang terdapat dalam kehidupan manusia, maka manusia secara terus menerus mengembangkan lambang-lambang verbal untuk menunjuk apa saja yang

terdapat dalam kehidupan realita yang sebenarnya, seperti nama tumbuh-tumbuhan, hewan, benda-benda mati, cuaca, bunga, buah-buahan, penyakit, obat-obatan, kendaraan, makanan, sifat/keadaan (seperti besar, kecil, ramah, kaya, pandai dan sebagainya) dan perkembangan peradaban dan kemajuan kehidupan manusia dan teknologi.

Sampai kapanpun, manusia tidak pernah berhenti mengembangkan atau menciptakan lambang-lambang verbal yang baru sesuai dengan kebutuhannya pada suatu saat tertentu. Misalnya kata AIDS adalah lambang verbal untuk menunjuk kepada suatu penyakit yang baru diketahui oleh manusia pada dekade 1970 – an dan belum pernah disebut – sebut pada tahun 1960 –an, untuk menunjuk kepada kondisi menurunnya daya kekebalan tubuh seseorang.

Makna (arti, meaning) yang terdapat dalam lambang verbal berasal dari persetujuan bersama antar individu yang menggunakan lambang tersebut. Bagi mereka yang belum atau tidak ikut menyetujui makna suatu lambang verbal yang digunakan, berarti mereka tidak akan mengerti makna lambang tersebut. Mempelajari bahasa asing (misalnya bahasa Inggris), sebenarnya dapat diartikan sebagai usaha untuk ikut mengerti atau ikut menyetujui arti lambang-lambang yang terdapat dalam bahasa Inggris tersebut. Karena itu sifat lambang verbal yang pokok adalah abstrak, bahkan dikatakan oleh Edgar Dale dalam krusuc pengalamannya (1946), lambang verbal adalah bersifat paling abstrak di dalam memberikan pengalaman kepada penerima (siswa)

D.Strategi Komunikasi Dalam Pembelajaran

Dalam konteks berkomunikasi di kelas, guru diharapkan menggunakan komunikasi dalam membuka pelajaran, menerangkan materi, memberi pertanyaan, memberi perintah, memberi contoh, menutup pelajaran dan lain-lain. Pada waktu bersamaan, siswa juga diharapkan bertanya, menjawab, dan mengerjakan latihan-latihan. Dengan kata lain, guru dan murid akan berinteraksi dan berkomunikasi untuk mencapai tujuan belajar.

Dalam modul ini, akan dijelaskan bagaimana strategi komunikasi guru dalam mengajar di kelas. Strategi komunikasi dalam modul ini adalah strategi komunikasi guru dalam menyampaikan materi siswa, tujuan strategi berkomunikasi ini adalah agar siswa memahami apa yang disampaikan guru.

Sebelum melakukan strategi berkomunikasi dikelas, guru perlu memahami prinsip-prinsip berkomunikasi dalam proses belajar mengajar seperti yang diuraikan berikut ini.

Saat kita berkomunikasi, kiranya kita dapat berpegang pada prinsip 3S yakni sadar, senyum, dan sejuk. Prinsip-prinsip komunikasi tersebut memiliki peranan yang sangat signifikan dalam menciptakan situasi kondusif saat berkomunikasi. Prinsip 3S tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

a) Sadar

Dalam berkomunikasi kita harus sadar akan kekurangan diri sehingga menumbuhkan kepekaan/kepedulian sosial yang baik

b) Senyum

Senyum adalah senjata pergaulan. Ia mampu memberikan kekuatan yang dahsyat dan pesona luar biasa. Senyum merupakan sebuah magic yang menjadi perekat hubungan antar manusia. Senyum juga menjadi kunci penyelesaian masalah.

c) Sejuk

Ucapan yang menyejukkan akan meninggalkan kesan yang positif bagi orang lain. Setidaknya, ucapan sejuk yang kita kemukakan akan menjadi modal untuk memperoleh respon yang positif, yang akan menguntungkan kita.

Strategi berkomunikasi dalam konteks proses belajar mengajar adalah bagaimana guru dapat berbagi pengalaman dengan para siswa. Begitu pula sebaliknya, para siswa dapat berbicara secara terbuka kepada gurunya.

Pada saat guru menyajikan pengalaman dan pengetahuan kepada para siswa, konteks tersebut dapat dikatakan komunikasi. Dalam proses tersebut tercipta atau membentuk makna yang dapat dikonstruksi menjadi pengetahuan baru oleh para siswa.

Apabila seseorang ingin menjadi guru yang berkesan bagi para siswanya, salah satu kemahiran yang harus dikuasai adalah kemampuan berkomunikasi. Strategi berkomunikasi bukan hanya sekedar pandai berbicara atau seberapa banyak hal yang dibicarakan, melainkan pembicaraan tersebut harus menyejukkan dan mencerahkan. Isi pembicaraan harus bermanfaat dan terjalin dalam suasana menyenangkan.

Seorang guru harus cermat memperhatikan komunikasi nonverbal yang ditunjukkan oleh para siswanya. Biasanya para siswa akan menunjukkan bahasa

nonverbal ketika pertama kali melihat guru masuk ke kelas, pada saat menerangkan, atau pada saat bertanya. Bahasa nonverbal mereka menunjukkan senang atau tidak senang, menarik atau tidak menarik dianggap penting atau tidak harus dipahami guru agar juga mampu menerapkan metode pembelajaran yang tepat.

Bentuk komunikasi nonverbal yang paling penting dalam proses belajar mengajar di kelas adalah kontak mata antara guru dan siswa. Kontak mata ini harus selalu dipertahankan karena mempunyai fungsi sebagai berikut :

a) Mengawali hubungan komunikasi adalah kontak mata. Guru pasti memandang para siswanya ketika memulai pembelajaran, Jika guru tidak menyangka pandangan kepada para siswanya, mereka akan merasa tidak menjadi bagian dari kegiatan komunikasi tersebut. Misalnya kita bertanya kepada siswa "Informasi baru apa yang kamu peroleh pagi ini? "Saat kita menatap salah seorang siswa , sebetulnya disana terjadi komunikasi nonverbal yang bermakna bahwa kita sebagai guru siap mendengar jawaban yang akan diberikan. Kajian menunjukkan jika bercakap-cakap, pendengar lebih banyak memandang mata lawan berbicara dari pada sebaliknya.

b) Menjaga Minat dan Perhatian

Kontak mata dapat menjaga kontak mata dengan siswanya di ruang kelas secara bergiliran. Pandangan mata kita sebagai guru jangan hanya tertuju pada satu sisi saja atau asik sendiri menghadap papan tulis karena hal itu akan mengurangi minat dan perhatian siswa kepada kita.

c) Gambaran Hubungan

Kontak mata dapat juga menggambarkan tingkat hubungan. Kontak mata antara guru dan siswa mungkin tidak seintensif kontak mata jika kita menatap seseorang yang kita sukai. Menurut penelitian, kalau kita memandang seseorang lebih dari 60%, itu tandanya kita lebih berminat kepada orangnya dari pada apa yang dikatakannya.

Namun, ketika berada di dalam ruang kelas atau di depan public, sering kita merasa gugup atau canggung untuk menjadi pusat perhatian banyak orang. Berikut ini adalah beberapa tips yang bias dijadikan strategi bagaimana mengungkapkan ide di depan kelas dan membuat komunikasi yang kita ciptakan menjadi efektif:

1. Berbicaralah dengan menggunakan kalimat efektif yang langsung tepat pada sasaran. Hindari penggunaan idiom bahasa yang kurang/tidak dimengerti calon pendengar anda. Dengan kata lain, kenali latar belakang, baik pendidikan maupun kehidupan sosial calon pendengar anda.

2. Jangan membicarakan ide yang sudah dilontarkan orang lain

Ketika ingin mengungkapkan ide, ketahui lebih dulu apakah ide tersebut sudah pernah diungkapkan oleh orang lain. Jika sudah, lebih baik anda tidak usah mengungkapkannya. Karena umumnya orang tidak akan tertarik mendengarkan pengulangan sebuah ide. Dalam memaparkan suatu analisa, usahakan tidak terjadi pengulangan kalimat – kalimat yang merupakan teori ataupun kesimpulan. Aturlah urutan penyampaian agar lebih fokus saat menyampaikannya.

3. Jangan berbicara terlalu pelan dan lambat

Tutur kata yang terlalu pelan dan lambat hanya akan membuat lawan bicara menjadi bosan dan tidak sabar. Lagi pula gaya bicara yang terlalu pelan akan mengesankan bahwa komunikator ragu-ragu dan tidak percaya diri. Namun yang patut kita ingat, bukan berarti kita harus berbicara secara cepat tanpa ritme. Kita harus pandai menentukan ritme bicara, dimana harus berbicara dan dimana harus berhenti. Ritme yang tepat dalam berkomunikasi tentunya didapat setelah anda sering melakukan latihan/pengalaman orasi yang cukup.

4. Jangan sering menggumam

Gumaman yang terlalu sering hanya akan mengganggu sebuah materi pembicaraan. Lagi pula lawan bicara kita akan merasa lelah menunggu kapan pembicaraan anda selesai. Sebaiknya mungkin minimalkan atau hilangkan gumaman seperti “ehmmm....., eeee....., oooo....” dsb. Hal ini juga akan mengurangi respek calon pendengar, karena kita dinilai tidak menguasai materi pembicaraan.

5. Hindari melontarkan humor

Melontarkan humor memang sah-sah saja untuk menyegarkan suasana. Namun, kita harus tanggap membaca suasana setelah mengungkapkan humor. Apakah lawan bicara benar-benar terpancing tertawa atau tertawa dengan terpaksa. Atau bahkan menunjukkan wajah yang terganggu dengan humor yang kita lontarkan. Jika lawan bicara tidak tertarik dengan humor yang kita berikan, teruskan

pembicaraan kembali. Jangan memaksa lawan bicara untuk menertawakan humor kita yang telah gagal bicara.

Dengan mempelajari dan melakukan tips diatas, diharapkan kita dapat berkomunikasi secara lebih efektif sekaligus melatih kita menjadi pribadi yang efektif.

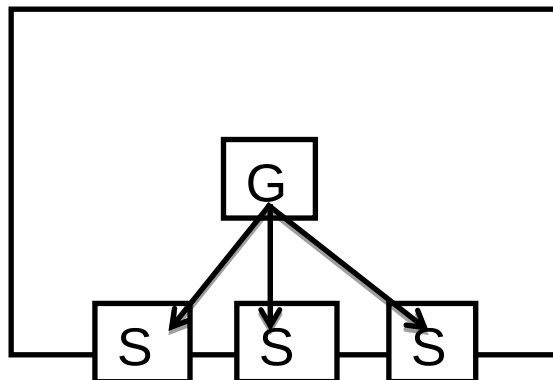
E.Pola Komunikasi Pembelajaran

Guru sebagai tenaga profesional di bidang pendidikan disamping memahami hal-hal yang bersifat filosofis dan konseptual juga harus mengetahui dan melaksanakan hal-hal yang bersifat teknis. Hal-hal yang bersifat teknis ini, terutama kegiatan mengelola dan melaksanakan interaksi belajar mengajar. Dalam proses pendidikan sering kita jumpai kegagalan-kegagalan hal ini biasanya dikarenakan lemahnya sistem komunikasi. Untuk itu pendidik perlu mengembangkan pola komunikasi efektif dalam proses belajar mengajar. Komunikasi pendidikan yang penulis maksudkan disini adalah hubungan atau interaksi antara pendidik dengan peserta didik saat proses belajar mengajar berlangsung atau dengan istilah lain yaitu hubungan aktif antara pendidik dengan peserta didik.

Ada tiga pola komunikasi yang dapat digunakan untuk mengembangkan interaksi dinamis antara guru dengan siswa yaitu:

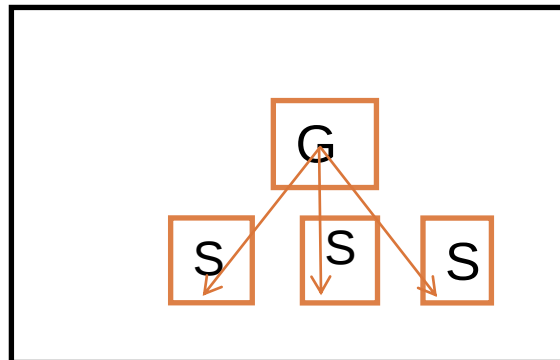
1. Komunikasi sebagai aksi atau komunikasi satu arah

Dalam komunikasi ini guru berperan sebagai pemberi aksi dan siswa sebagai penerima aksi. Guru aktif dan siswa pasif. Ceramah pada dasarnya adalah komunikasi satu arah, atau komunikasi sebagai aksi. Komunikasi jenis ini kurang banyak menghidupkan kegiatan siswa belajar.



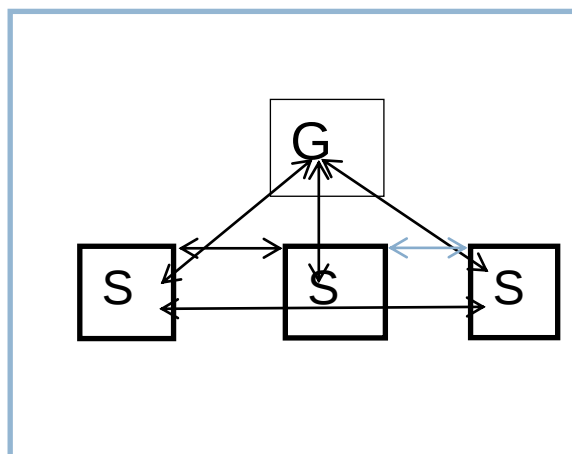
2. Komunikasi sebagai interaksi atau komunikasi dua arah.

Pada komunikasi ini guru dan siswa dapat berperan sama yaitu pemberi aksi dan penerima aksi. Disini sudah terlihat hubungan dua arah, tetapi terbatas antara guru dan pelajar secara individual. Antara pelajar dan pelajar tidak ada hubungan. Pelajar tidak dapat berdiskusi dengan teman atau bertanya sesama temannya. Keduanya dapat saling memberi dan menerima . Komunikasi ini lebih baik dari pada yang pertama, sebab kegiatan guru dan kegiatan siswa relatif sama.



3. Komunikasi banyak arah atau komunikasi sebagai transaksi

Komunikasi ini tidak hanya melibatkan interaksi yang dinamis antara siswa yang satu dengan yang lainnya. Proses belajar dengan pola komunikasi ini mengarah kepada proses pengajaran yang mengembangkan kegiatan siswa yang optimal, sehingga menumbuhkan siswa belajar aktif. Diskusi dan simulasi merupakan strategi yang dapat mengembangkan komunikasi ini (Nana Sudjana, 1989). Dalam kegiatan mengajar, siswa memerlukan sesuatu yang memungkinkan dia berkomunikasi secara baik dengan guru, teman, maupun dengan lingkungannya, oleh karena itu dalam proses belajar mengajar terdapat dua hal yang ikut menentukan keberhasilannya yaitu pengaturan proses belajar mengajar dan pengajaran itu sendiri yang keduanya mempunyai ketergantungan untuk menciptakan situasi komunikasi yang baik yang memungkinkan siswa untuk belajar.



F. Proses Komunikasi Dalam Pembelajaran

Proses belajar pembelajaran dapat dipandang sebagai suatu proses komunikasi dan pengertian bahwa pesan pembelajaran yang disampaikan oleh guru dapat diterima (diserap) dengan baik atau dapat dikatakan menjadi “milik” murid-murid. Schramm mengingatkan bahwa untuk dapat mencapai “sharing” antara sumber dan penerima atas pesan yang disampaikan, perlu adanya keserupaan atau kemiripan medan pengalaman sumber dan medan pengalaman sumber dan medan pengalaman penerima. Ini dimaksudkan agar lambang yang digunakan oleh sumber benar-benar dapat dimengerti oleh murid-murid (penerima), karena sumber dan penerima mempunyai medan pengalaman yang serupa atau hampir sama. Apabila lambang yang digunakan sumber terlalu sulit bagi daya tangkap penerima, maka sharing yang diinginkan jauh dari tercapai. Guru haruslah selalu menyadari akan hal ini, yaitu bahwa di dalam melaksanakan kegiatan belajar dan pembelajaran, sesungguhnya dia sedang melaksanakan kegiatan komunikasi. Oleh karenanya guru harus selalu memilih dan menggunakan kata-kata yang berada dalam jangkauan/medan pengalaman murid-muridnya, agar dapat dimengerti dengan baik oleh mereka, sehingga pesan pembelajaran yang disampaikan dapat di shared (diterima, dimiliki) oleh murid-murid dengan baik. Hal ini lebih-lebih lagi sangat berlaku apabila guru atau instruktur menggunakan metode ceramah (lecture method) dalam melaksanakan pembelajaran.

Harus selalu disadari para guru bahwa kegiatan komunikasi atau pembelajaran yang dilakukan adalah kegiatan yang hanya memberikan pengalaman tidak langsung (vicarious experiences) kepada murid-murid, karena menggunakan lambang-lambang (terutama lambang verbal) untuk menyampaikan pesan pembelajaran. Sebab itu lambang verbal yang bersifat amat abstrak yang digunakan harus digunakan dengan ekstra hati-hati, diantaranya dengan memilih lambang verbal yang dapat dipastikan dapat dimengerti dengan baik oleh murid-murid, sehingga dapat diterima dan di shared antara guru dan murid dengan sebaik-baiknya.

➤ Kegiatan “encoding” dan “decoding” dalam proses belajar pembelajaran

Dalam setiap kegiatan terdapat dua macam kegiatan yaitu “encoding” dan “decoding”. Encoding adalah kegiatan yang berkaitan dengan pemilihan lambang-lambang yang akan digunakan dalam kegiatan komunikasi oleh

komunikator (oleh guru dalam kegiatan pembelajaran). Terdapat dua persyaratan yang harus diperhatikan untuk melakukan kegiatan “encoding” ini yaitu:

1. Dapat mengungkapkan pesan yang akan disampaikan
2. Sesuai dengan medan pengalaman audien atau penerima, sehingga memudahkan penerima didalam menerima isi pesan yang disampaikan.

Salah satu kemampuan professional seorang guru adalah kemampuan melakukan kegiatan “encoding” dengan tepat, sehingga murid-murid memperoleh kemudahan di dalam menerima dan mengerti materi / bahan pelajaran yang merupakan pesan pembelajaran yang disampaikan guru kepada murid. Sedangkan kegiatan “decoding” adalah kegiatan dalam komunikasi dilaksanakan oleh penerima (audience, murid), dimana penerima berusaha menangkap makna pesan yang disampaikan melalui lambang-lambang oleh sumber kegiatan encoding diatas. Seperti telah dikemukakan di atas kegiatan “decoding” ini sangat ditentukan oleh keadaan medan pengalaman penerima sendiri. Keberhasilan penerima di dalam proses “decoding” ini sangat ditentukan oleh kepiawaian sumber di dalam proses “encoding” yang dilakukan, yaitu di dalam memahami latar belakang pengalaman, kemampuan, kecerdasan, minat dan lain-lain dari penerima. Adalah sama sekali keliru apabila di dalam proses komunikasi sumber melakukan proses “encoding” berdasarkan pada kemauan dan pertimbangan pribadi tanpa memperhatikan hal-hal yang terdapat pada diri penerima seperti yang sudah disebutkan di atas, yang dalam hal ini terutama adalah medan pengalaman mereka.

➤ Peranan Alat Peraga dan Media Pembelajaran Dalam Proses Belajar Pembelajaran

Telah dikatakan di atas bahwa komunikasi (termasuk proses atau kegiatan pembelajaran) dilaksanakan dengan menggunakan lambang-lambang (symbols), terutama adalah lambang verbal (kata-kata, bahasa). Keuntungan terbesar lambang verbal dalam proses komunikasi (termasuk pembelajaran) adalah sumber dapat memilih lambang secara tidak terbatas untuk menyampaikan pesan kepada penerima, sehingga sumber dapat dengan mudah menyampaikan pesan yang tidak terbatas pula kepada penerima. Berbeda dengan lambang yang lain seperti gambar-gambar, tanda atau isyarat yang hanya mempunyai kemampuan yang terbatas untuk menyampaikan pesan-pesan tertentu kepada penerima. Misalnya untuk menyampaikan pesan yang

berkaitan dengan pindah rumah, pindah pekerjaan, memberikan berbagai nasihat, apalagi menyampaikan pesan pembelajaran dalam berbagai bidang studi, tentu saja sangat sulit apabila digunakan lambang-lambang nonverbal.

Namun demikian penggunaan lambang verbal dalam kegiatan komunikasi mempunyai juga keterbatasan atau kekurangan yang harus selalu diperhatikan oleh sumber atau guru sebagai komunikator, yaitu bahwa lambang verbal bersifat abstrak, atau jika menurut kerucut pengalaman (cone of experience) Edgar Dale lambang verbal memberikan pengalaman yang paling abstrak, jika dibandingkan dengan penggunaan lambang visual, gambar diam (still pictures), film dan televisi, penggunaan metode pameran (exhibit), karya wisata, demonstrasi, dramatisasi, pengalaman tiruan (contrived experiences) dan pengalaman langsung.

Oleh karena itu dalam rangka mencapai “sharing” yang diinginkan dalam setiap kegiatan komunikasi (termasuk proses pembelajaran), guru harus selalu menyadari terhadap sifat dan karakteristik yang merupakan kekurangan utama penggunaan lambang verbal yaitu memberikan pengalaman yang paling abstrak, sehingga dapat memberikan hambatan (noise) bagi siswa untuk menerima pesan yang disampaikan.

Salah satu cara untuk mengatasi hambatan tersebut, yaitu agar penyampaian pesan pembelajaran dilakukan dengan lebih konkrit dan jelas, selain dengan memilih lambang verbal yang berbeda di medan pengalaman siswa, misalnya chart, diagram, grafik (visual symbols), gambar diam (still pictures), model dan “real objects”, film, pita/kaset video, VCD, DVD, dan sebagainya.

Media pembelajaran dapat digunakan dalam dua macam cara dalam proses belajar pembelajaran, yaitu :

- 1) Sebagai alat peraga atau alat bantu pembelajaran ; yang dimaksud disini adalah bahwa alat peraga digunakan oleh guru untuk menjelaskan materi pelajaran yang disampaikan kepada murid-murid. Materi yang disampaikan ke murid menjadi bertambah jelas dan konkrit, hingga membuat murid menjadi bertambah mengerti apa yang disampaikan oleh guru. Dengan demikian “sharing” yang diinginkan dalam setiap kegiatan komunikasi (termasuk komunikasi dalam proses belajar – pembelajaran) dapat dicapai. Sebenarnya pentingnya penggunaan alat peraga dalam proses pembelajaran ini adalah merupakan akibat suatu gerakan pada tahun 1920 – an di Amerika

Serikat yang diberinama “Visual Instruction” yang dilanjutkan dengan “ Audio Visual Instruction Movement” yang mengajak para pendidik untuk menggunakan gambar, chart, diagram dan semacamnya bahkan sampai benda-benda yang nyata dalam proses pembelajaran agar pembelajaran menjadi lebih konkrit untuk dimengerti oleh murid-murid.

- 2) Cara kedua, pemanfaatan media pembelajaran dalam proses belajar dan pembelajaran adalah sebagai sarana atau saluran komunikasi. Media atau alat peraga dapat berfungsi sebagai sarana untuk menyampaikan pesan pembelajaran, dalam hal ini terutama oleh media belajar mandiri (self instructional materials), seperti modul, Computer Assisted Instruction (CAI) dan sebagainya. Oleh adanya kemampuan sebagai sarana atau saluran komunikasi ini, maka dapat dilaksanakan inovasi dalam jaringan belajar, yaitu apa yang disebut dengan sekolah terbuka, misalnya Universitas Terbuka (UT), SMP/SMA terbuka, BJJ (Belajar Jarak jauh) dan sebagainya. Pada hakikatnya sekolah terbuka ini memanfaatkan penggunaan media belajar mandiri (self Instructional materials) untuk melaksanakan kegiatan belajar siswa dengan bimbingan yang minimal dari guru pembimbing. Oleh karena penyelenggaraan kegiatan pembelajaran secara tatap muka masih cukup dominan dalam system pendidikan di manapun juga, termasuk di Indonesia, maka cara yang pertama penggunaan media pembelajaran, yaitu sebagai alat bantu belajar dan pembelajaran agar penyampaian pesan pembelajaran menjadi bertambah jelas dan konkrit, patut mendapatkan perhatian oleh semua guru disemua tingkatan pendidikan (TK, SD, SLTP, SMA, bahkan juga Perguruan Tinggi). Memang penggunaan alat peraga tersebut makin diperlukan bagi anak- anak usia muda, karena makin muda usia anak, makin bersifat konkrit, berhubungan dengan pengalamannya juga masih terbatas.

➤ Gangguan (Noise) Dalam Proses Belajar dan Pembelajaran

Dalam komunikasi dapat dijumpai adanya gangguan (noise) yang dapat menghalangi tercapainya “sharing” yang dikehendaki. Begitu juga dalam proses pembelajaran terdapat “noise” yang dapat menghambat diserapnya pesan pembelajaran yang disampaikan oleh murid. Oleh karena itu, setiap guru harus waspada terhadap hal lain dan berusaha seoptimal mungkin menghilangkan “noise” tersebut. Salah satu gangguan (noise”) yang dapat menghambat murid di dalam menerima pesan pembelajaran yang disampaikan

adalah dari penggunaan lambang (kegiatan “encoding”) yang terlalu sulit dan tidak sesuai dengan medan pengalaman murid. Hal ini dapat dipersulit dan bertambah abstrak karena guru tidak menggunakan alat peraga seperti yang sudah dijelaskan diatas. Gangguan atau “noise” ini menjadi bertambah makin banyak, karena beberapa hal seperti: guru berbicara terlalu cepat, volumenya terlalu lemah/kuat, murid dalam keadaan capai, mengantuk, kelas rebut dan sebagainya.

➤ Umpan Balik (Feedback) Dalam Proses Belajar Pembelajaran

Dalam kegiatan komunikasi, termasuk kegiatan pembelajaran, terdapat satu unsur yang harus selalu diperhatikan oleh sumber atau komunikator, yaitu umpan balik (feedback). Umpan balik amat penting dalam kegiatan komunikasi karena yang menjadi tujuan utama kegiatan komunikasi adalah “sharing”, yaitu diterimanya oleh penerima (murid) pesan yang disampaikan sumber.

Untuk itu, sementara proses komunikasi berlangsung, sumber harus selalu berusaha untuk melihat sejauh mana audience telah mencapai pesan yang disampaikan. Upaya untuk melihat sejumlah mana audience telah mencapai tujuan yang diinginkan adalah dengan memperoleh feedback (umpan balik) dari murid sendiri. Apakah ungkapan balik (feedback) itu?

Umpan balik (feedback) adalah semua keterangan yang diperoleh untuk menunjukkan seberapa jauh murid telah mencapai “sharing” atas pesan yang telah disampaikan. Keterangan yang dimaksud dapat diperoleh melalui berbagai cara seperti misalnya pertanyaan murid materi pelajaran yang disampaikan, jawaban murid atas pertanyaan guru, suasana kelas (seperti gaduh, sunyi, rebut dan lain-lain). Oleh karena itu, guru tidak boleh secara satu arah saja terus menerus menyampaikan pesan pembelajaran kepada murid. Secara periodic guru harus memberikan pertanyaan kepada murid untuk memperoleh feedback tentang bagaimana atau sejauh mana mereka telah dapat menerima (sharing) tentang pesan pembelajaran yang disampaikan. Juga guru perlu melaksanakan pengamatan (observasi) secara berkelanjutan kepada bagaimana partisipasi murid dalam mengikuti kegiatan pembelajaran yang dilaksanakan oleh guru. Tentu saja guru harus mengambil langkah-langkah perbaikan (remedial) yang bersumber dari hasil feedback yang telah diperoleh, sehingga dengan demikian selalu terjadi peningkatan dan perbaikan dalam penyelenggaraan proses dan kegiatan belajar dan pembelajaran berikutnya.

G. Komunikasi Yang Efektif Dalam Kelas

Dilihat dari peran guru di dalam kelas, mereka berperan sebagai seorang komunikator, mengkomunikasikan materi pelajaran dalam bentuk verbal dan nonverbal. Pesan yang akan disampaikan kepada komunikan berupa buku teks, catatan, lisan, cerita, dan lain sebagainya, pesan itu telah dikemas sedemikian rupa sehingga mudah dipahami, dimengerti, dipelajari, dicerna, dan diaplikasikan para siswa.

Pesan dalam bentuk verbal tersebut dirancang untuk disajikan dalam beberapa kali pertemuan dan diterapkan sesuai dengan standar kompetensi, kompetensi dasar, indikator, media dan dalam alokasi waktu yang sesuai dengan beban dan muatan materi. Komunikasi materi pelajaran tidak terbatas dalam kelas semata tetapi dirancang untuk luar kelas, berupa tugas yang terkontrol dan terukur, baik materi teoritis dan praktis, sehingga materi pelajaran yang disajikan lebih komunikatif. Di dalam kelas guru menjelaskan, siswa bertanya, menyimak, sebaliknya guru mendapat informasi dari siswa-siswanya dan menjawab pertanyaan siswa serta mencari solusi bersama-sama, kedua belah pihak (komunikator, komunikan) aktif, dan peran yang lebih dominan terletak pada siswa atau siswa yang lebih aktif. Pada akhir dari penyajian materi, guru melakukan evaluasi untuk mengukur kemampuan siswa terhadap materi yang telah dikomunikasikan.

Berikut ini adalah teknik yang dapat dicoba oleh guru untuk melakukan komunikasi yang efektif di dalam kelas, semoga dengan teknik ini guru melakukan komunikasi yang efektif didalam kelas, semoga dengan teknik ini guru dapat berlatih untuk meningkatkan komunikasi yang efektif ini dibagi menjadi empat bagian, yaitu :

Pertama, menetapkan tujuan – Guru harus tahu apa yang diinginkan dan apa yang tidak diinginkan dilakukan di dalam kelas. Agar lebih jelas Guru lebih baik lagi jika menuliskan apa saja yang menjadi tujuan dari pembelajaran yang dilakukan.

Kedua, berbagi tujuan – Guru memberitahukan kepada siswa apa yang diharapkan dilakukan oleh siswa untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Diharapkan antara guru dan siswa saling memahami bahwa untuk mencapai tujuan yang diinginkan diperlukan suasana kelas yang efektif dan bermanfaat antara guru dan siswa.

Ketiga, berikan umpan balik – ketika Guru mendapatkan apa yang diinginkan dari siswanya, Guru sebaiknya mengakuinya dengan cara memberikan pujian, tetapi tidak memuji secara berlebihan. Jika Guru terlalu memuji untuk sesuatu yang seharusnya menjadi standar kelas, siswa akan melakukan perilaku hanya bila dihargai.

Keempat, bereaksi terhadap tindakan tidak pantas – jika siswa mulai untuk melawan pedoman yang telah dibuat oleh Guru, pastikan bahwa Guru membuat tujuan, memberikan umpan balik jelas bahwa perilaku tersebut tidak dapat diterima.

Selain teknik diatas, masih ada beberapa teknik yang dapat dilakukan oleh Guru untuk mengimplementasikan komunikasi yang efektif didalam kelas, salah satunya adalah pengaturan ruang kelas. Pastikan Guru dapat mengamati semua siswa di semua waktu, terutama dari meja guru. Bahan – bahan kelas harus mudah diakses, dan Guru mungkin ingin mendekorasi ruangan sehingga lebih mengundang minat siswa untuk belajar. Cara lainnya adalah dengan bersikap tegas terhadap aturan yang sudah ditetapkan, berbicara dengan jelas dan tidak membingungkan dalam memberikan umpan balik, termasuk umpan balik pada tugas pekerjaan rumah dan tes maupun penilaian lain.

Jika anda sebagai guru memulai dengan empat teknik yang disebutkan diatas (menetapkan tujuan, berbagai yang konstruktif, dan mengelola perilaku buruk), anda sebagai guru akan memiliki dasar yang baik untuk berlatih manajemen kelas yang efektif. Pastikanlah untuk menjelaskan segala sesuatunya dengan jelas sampai semua siswa mengerti. berikan instruksi dengan cara yang tegas dan jelas. Cobalah untuk meminimalkan perilaku buruk sebanyak mungkin. Bila guru memang harus mendisiplinkan siswa, pastikan siswa mentaatinya.

Upaya peningkatan kualitas sumber daya manusia tidak dapat dipisahkan dari upaya peningkatan kualitas pendidikan yang sekarang ini sedang menjadi sorotan dan harapan banyak orang di Indonesia. Wujud dari proses pendidikan yang paling riil terjadi dilapangan dan bersentuhan langsung dengan sasaran adalah berupa kegiatan belajar mengajar pada tingkat satuan pendidikan. Kualitas kegiatan belajar mengajar atau sering disebut dengan proses pembelajaran tentu saja akan berpengaruh terhadap mutu pendidikan yang output-nya berupa SDM.

Kegiatan pembelajaran merupakan proses informasi pesan edukatif berupa materi belajar dari sumber belajar kepada pembelajar. Dalam pembelajaran terjadi proses komunikasi untuk menyampaikan pesan dari pendidik kepada peserta didik dengan tujuan agar pesan dapat diterima dengan baik dan berpengaruh terhadap pemahaman serta perubahan tingkah laku. Dengan demikian keberhasilan kegiatan pembelajaran sangat tergantung kepada efektifitas proses komunikasi yang terjadi dalam pembelajaran tersebut.

Sardiman AM (2005) dalam bukunya yang berjudul “Interaksi dan Motivasi dalam Belajar Mengajar” menyebut istilah pembelajaran dengan interaksi edukatif . Menurut beliau yang dianggap interaksi edukatif adalah interaksi yang dilakukan secara sadar dan mempunyai tujuan untuk mendidik dalam rangka mengantar peserta didik kearah kedewasaannya. Pembelajaran merupakan proses yang berfungsi membimbing para peserta didik di dalam kehidupannya yakni membimbing mengembangkan diri sesuai dengan tugas perkembangan yang harus dijalani. Proses edukatif memilih ciri-ciri yakni adanya :

- a. Tujuan yang ingin dicapai
- b. Pesan yang akan ditransfer
- c. Pelajar
- d. Guru
- e. Metode
- f. Situasi Penilaian

Dengan demikian pembelajaran dapat dimaknai sebagai interaksi antara pendidik dengan peserta didik yang dilakukan secara sengaja dan terencana serta memiliki tujuan yang positif. Keberhasilan pembelajaran harus didukung oleh komponen-komponen intruksional yang terdiri dari pesan berupa materi belajar, penyampai pesan yaitu pengajar, bahan untuk menuangkan pesan, peralatan yang mendukung kegiatan belajar, teknik atau metode yang sesuai serta latar atau situasi yang kondusif bagi proses pembelajaran. Hal ini tidak terlepas dari komunikasi. Karena ada beberapa tujuan komunikasi yaitu sebagai berikut:

- a. Agar apa yang ingin kita sampaikan dapat dimengerti oleh orang lain
- b. Agar mengetahui dan paham terhadap keinginan orang lain
- c. Agar gagasan kita dapat diterima oleh orang lain
- d. Menggerakkan orang lain untuk menggerakkan sesuatu

Dalam komunikasi terdapat berbagai unsur termasuk komunikasi dalam proses pembelajaran yaitu:

- a. Adanya seorang komunikator (pembawa pesan)
- b. Komunikan (penerima pesan)
- c. Ada tujuan yang hendak dicapai
- d. Adanya suatu pesan atau gagasan yang hendak / perlu disampaikan
- e. Tersedia saluran yang dapat menghubungkan sumber informasi dengan penerima informasi sehingga terjadi hubungan timbal balik antara komunikator dengan komunikan
- f. Adanya umpan balik dari komunikan (respons)
- g. Adanya noise, gangguan yang tidak direncanakan dalam proses komunikasi

Komunikasi dalam proses pembelajaran adalah hubungan atau interaksi antara guru dengan siswa yang berlangsung pada saat proses pembelajaran atau dengan istilah lain yaitu hubungan antara guru dengan siswa dalam pelaksanaan proses pembelajaran. Ada tiga pola komunikasi yang dapat digunakan untuk mengembangkan interaksi dinamis antara guru dengan siswa (Nana Sudjana 1989)

- a. Komunikasi sebagai aksi atau komunikasi satu arah. Dalam komunikasi ini guru-guru berperan sebagai pemberi aksi siswa sebagai penerima aksi. Guru aktif dan siswa pasif. Ceramah pada dasarnya adalah komunikasi satu arah atau komunikasi sebagai aksi. Komunikasi seperti ini kurang banyak menghidupkan kegiatan mahasiswa.
- b. Komunikasi sebagai interaksi atau komunikasi dua arah. Pada komunikasi ini guru dan siswa memiliki peran yang sama yaitu pemberi dan penerima aksi (informasi). Komunikasi ini lebih baik dari yang pertama, sebab kegiatan guru dan siswa relative sama.
- c. Komunikasi banyak arah atau komunikasi sebagai transaksi. Komunikasi yang tidak hanya melibatkan interaksi dinamis antara guru dengan siswa tetapi juga melibatkan interaksi yang dinamis antara siswa yang satu dengan siswa yang lain. Kegiatan semacam ini mengarah pada proses pembelajaran yang mengarahkan pada pembelajaran yang mengembangkan kegiatan siswa yang optimal sehingga menumbuhkan siswa belajar aktif. Diskusi, simulasi merupakan strategi yang dapat mengembangkan komunikasi ini.

Untuk lebih jelasnya berikut diagram ketiga pola komunikasi yang biasa dipakai dalam proses pengajaran:

Tex Box (a) G (b) G (c) G M1 M2 M1 M2

Keterangan :

a = Komunikasi sebagai aksi

b = Komunikasi sebagai interaksi

c = Komunikasi sebagai transaksi

G = Guru

M = Murid

Pembelajaran sebagai proses komunikasi dilakukan secara sengaja dan terencana, karena memiliki tujuan yang telah ditetapkan terlebih dahulu. Agar pesan pembelajaran yang ingin ditransformasikan dapat sampai dengan baik maka Malcolm sebagaimana disampaikan oleh Abdul Gaffur dalam handout kuliah Teknologi Pendidikan PPs UNY (2006) menyarankan agar dosen perlu mendesain pesan pembelajaran tersebut dengan memperhatikan prinsip – prinsip sebagai berikut:

a. Kesiapan dan Motivasi

Kesiapan disini mencakup kesiapan mental dan fisik. Untuk mengetahui kesiapan, mahasiswa dalam menerima belajar dapat dilakukan dengan tes diagnostic atau tes prerequisite. Motivasi terdiri dari motivasi internal dan eksternal, yang dapat ditumbuhkan dengan pemberian penghargaan, hukuman, serta deskripsi mengenai keuntungan dan kerugian dari pembelajaran yang akan dilakukan.

b. Alat Penarik Perhatian

Pada dasarnya perhatian / konsentrasi manusia adalah jalarang, sering berubah – ubah berpindah – pindah (tidak focus). Sehingga dalam mendesain pesan belajar, dosen haruspandai – pandai membuat daya tarik, untuk mengendalikan perhatian mahasiswa pada saatbelajar. Pengendaliperhatian yang dimaksud dapat berupa : warna efek music, penggerak/perubahan, humor, kejutan, ilustrasi verbal dan visual serta sesuatu yang aneh.

c. Partisipasi Aktif Siswa

Guru harusberusaha membuat peserta didik aktif dalam proses pembelajaran. Untuk menumbuhkan keaktifan mahasiswa harusdimunculkan rangsangan – rangsangan dapat berupa : tanya jawab, praktik dan latihan, drill

adanya membuat ringkasan, kritik dan komentar, serta pemberian proyek (tugas).

d. **Pengulangan**

Agar peserta didik dapat menerima dan memahami materi dengan baik, maka penyampaian materi sebaiknya dilakukan berulang kali. Pengulangan dapat berupa pengulangan dengan metode dan media yang sama, pengulangan dengan metode dan media yang berbeda, preview, overview, atau penggunaan isyarat.

e. **Umpan Balik**

Dalam proses pembelajaran, sebagaimana yang terjadi pada komunikasi feedback merupakan hal yang penting. Umpan balik yang tepat dari dosen dapat menjadi pemicu semangat bagi mahasiswa. Umpan balik yang diberikan dapat berupa : informasi kemajuan pula memberi umpan balik belajar siswa, penguatan terhadap jawaban benar, meluruskan jawaban yang keliru, memberi komentar terhadap pekerjaan siswa, dan dapat pula memberi umpan balik yang menyeluruh terhadap performansi mahasiswa

f. **Menghindari Materi Yang Tidak Relevan**

Agar materi pelajaran yang diterima peserta belajar tidak menimbulkan kebingungan atau bias dalam pemahaman, maka sedapat mungkin harus dihindari materi-materi yang tidak relevan dengan topic yang dibicarakan. Untuk itu dalam mendesain pesan perlu memperhatikan bahwa : yang disajikan hanyalah informasi yang penting memberikan outline materi, memberikan konsep – konsep kunci yang akan dipelajari, membuang informasi distractor, dan memberikan topic diskusi.

Strategi pembelajaran merupakan tahapan yang penting untuk dilakukan oleh dosen, agar proses belajar mengajar dapat berlangsung secara efektif. Dengan mendesain materi terlebih dahulu akan memudahkan guru dalam melaksanakan proses pembelajaran di kelas. Selain strategi diatas, ada beberapa strategi yang dapat kita lakukan juga dalam kegiatan pembelajaran diantaranya ialah dengan cara sebagai berikut :

- a. Ketahui tujuan
- b. Ketahui mitra bicara
- c. Respek

- d. Empati
- e. Audible (dapat didengarkan / dapat mengerti dengan baik)
- f. Jelas maknanya
- g. Rendah hati

D. Aktivitas Pembelajaran

- 1. Membaca Modul
- 2. Melakukan diskusi
- 3. Mengerjakan latihan / tugas
- 4. Persentase

E. Latihan / Kasus / Tugas

- 1. Apakah yang dimaksud dengan hakikat komunikasi ?
- 2. Dilihat dari etimologinya berasal dari kata apakah komunikasi itu ?
- 3. Sebutkan 5 (lima) sasaran pokok dalam proses komunikasi
- 4. Sesungguhnya komunikasi itu pada dasarnya adalah upaya bagaimana kita meraih perhatian, cinta kasih, minat, kepedulian, simpati, tanggapan, maupun respon positif dari orang lain. Semua upaya yang tersebut diatas dapat kita kembangkan dalam rangkaian satu kata yang mencerminkan esensi dari komunikasi itu sendiri yaitu REACH yang berarti....?

F. Rangkuman

Peran guru didalam kelas sebagai seorang komunikator dalam mengkomunikasikan materi pelajaran dalam bentuk verbal dan non verbal, maupun memberi pesan yang komunikatif kepada komunikan dalam hal ini peserta didik.

Karena pesan yang disampaikan kepada komunikan dalam berbagai bentuk buku teks, berupa catatan, lisan, cerita dan sebagainya, pesan itu dikemas sedemikian rupa sehingga mudah dipahami, dimengerti, dipelajari, dicerna, dan diaplikasikan para siswa.

Untuk itu komunikasi materi pelajaran tidak terbatas dalam kelas semata tetapi dirancang untuk luar kelas berupa tugas yang terkontrol dan terukur, baik materi teoritis dan praktis sehingga materi pelajaran yang disajikan lebih

komunikator. Pembelajaran sebagai subjek proses pendidikan harus mampu memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas pendidikan, yang pada ujungnya akan berpengaruh terhadap peningkatan kualitas sumber daya manusia . Agar pembelajaran dapat mendukung peningkatan , maka dalam proses pembelajaran harus terjadi komunikasi yang efektif, yang mampu memberikan pemahaman mendalam kepada peserta didik atas pesan atau materi belajar.

Komunikasi efektif dalam pembelajaran merupakan proses transformasi pesan berupa ilmu pengetahuan dan teknologi dan pendidik kepada peserta didik dimana peserta didik mampu memahami maksud pesan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan, sehingga menambah wawasan ilmu pengetahuan dan teknologi serta menimbulkan perubahan tingkah laku menjadi lebih baik. Pengajar adalah pihak yang paling bertanggungjawab terhadap berlangsungnya komunikasi yang efektif dalam pembelajaran, sehingga sebagai pengajar dituntut memiliki kemampuan berkomunikasi yang baik agar menghasilkan proses pembelajaran yang efektif.

F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Anda diharapkan membaca modul dengan baik
2. Anda diharapkan mengerjakan tugas, evaluasi, dan soal – soal
3. Ketika Anda mengalami kesulitan dalam menjawab soal – soal tersebut diharuskan Anda untuk membaca kembali dengan seksama materi modul tersebut.

G. Evaluasi Pilihan Berganda

1. Ditinjau dari etimologi, komunikasi berasal dari kata “Communicare” yang berarti :
 - a. Membuat beda
 - b. Membuat sama
 - c. Membuat terurai

- d. Membuat sama untuk terurai
- 2. Sesungguhnya komunikasi itu pada dasarnya adalah upaya bagaimana kita meraih :
 - a. Perhatian, cinta kasih, minat, kepedulian, simpati, tanggapan, maupun respon positif dari orang lain
 - b. Dukungan dan perhatian
 - c. Rasa peduli dan peka
 - d. Perhatian dengan sepenuhnya
- 3. Urutan sistematika yang mencerminkan esensi dari komunikasi itu sendiri yaitu REACH...
 - a. Respect, Emphaty, Audible, Carity, Humble
 - b. Respon, Empati, Audiens, Classic, Humble
 - c. Reaksi , Empati, Aksi, Clarity, Humble
 - d. Respect, Empati, Aksi, Classic, Humble
- 4. Respect artinya adalah
 - a. Sikap menghargai sikap individu yang menjadi sasaran pesan yang akan disampaikan
 - b. Sikap menghargai dan menghormati yang menjadi fokus agar pesan yang disampaikan tepat sasaran
 - c. Sikap saling menghargai dan peduli agar pesan itu tidak salah sasaran
 - d. Saling menghargai dan peduli dan peka agar terjadi komunikasi yang tepat sasaran
- 5. Emphaty dimaksud disini adalah
 - a. Kemampuan kita untuk menempatkan diri kita pada situasi atau kondisi yang dihadapi oleh orang lain
 - b. Kemampuan untuk merasakan
 - c. Kemampuan untuk berbuat
 - d. Kemampuan untuk berbuat yang terbaik
- 6. Audible dimaksud adalah
 - a. Informasi dua arah
 - b. Pesan yang disampaikan dapat diterima oleh penerima pesan
 - c. Komunikasi yang komunikatif

- d. Informasi dua arah yang komunikatif
7. Apakah makna dari Clarity.....
 - a. Informasi dari kejelasan yang menimbulkan efek
 - b. Kejelasan dari pesan itu sehingga sehingga tidak menimbulkan multi interpretasi atau berbagai penafsiran yang berlainan
 - c. Kejelasan dari berita yang disampaikan sehingga menimbulkan reaksi yang memberi efek komunikatif
 - d. Kejelasan dari berita yang memberi pengaruh besaran terhadap efek dan reaksi
 8. Apa itu Humble....
 - a. Sikap yang peka
 - b. Sikap yang kurang peduli
 - c. Sikap yang peduli
 - d. Sikap rendah hati
 9. Apakah itu komunikasi intra pribadi (inter personal communication)....
 - a. Komunikasi dengan diri sendiri, baik kita sadari atau tidak
 - b. Komunikasi dengan diri sendiri, tetapi dengan bantuan orang lain
 - c. Komunikasi dengan diri sendiri, tetapi dengan menggunakan media
 - d. Komunikasi dengan diri sendiri, mengandalkan alat teknologi.
 10. Apakah yang dimaksud dengan komunikasi kelompok ?
 - a. Sekumpulan manusia yang mempunyai tujuan bersama yang berinteraksi satu sama lain untuk mencapai tujuan bersama, mengenal satu sama lain untuk mencapai tujuan bersama, mengenal satu sama lainnya, dan memandang mereka sebagai bagian dari kelompok tersebut
 - b. Sekumpulan manusia yang mempunyai tujuan berbeda dan tidak berinteraksi
 - c. Sekumpulan manusia yang mempunyai hubungan komunikasi yang berjalan dengan lancar
 - d. Sekumpulan manusia dimana komunikasi yang dibangun dengan hubungan yang lebih baik.

H. Kunci Jawaban Pilihan Berganda

- 1. B**
- 2. A**
- 3. A**
- 4. A**
- 5. A**
- 6. B**
- 7. B**
- 8. D**
- 9. A**

BAB III

KOMPETENSI PROFESIONAL

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 :Sistem Pengumpul (Gathering Station dan Proses Produksi Migas)

A. Tujuan

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu. Dengan membahas modul ini secara tuntas diharapkan para guru dan tenaga pendidik dapat menguasai pengetahuan dibidang sistem pengumpul dan proses produksi migas.

- Menentukan proses produksi migas
- Menentukan cara pengambilan contoh minyak

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Dalam kegiatan pembelajaran Sistem Pengumpul pada Proses menentukan Proses Produksi Minyak indikator pencapaian kompetensi adalah guru dan tenaga pendidik mampu untuk memahami hal-hal sebagai berikut :

- Komponen/ bagian-bagian sistem pengumpulan
- Macam-macam transportasi, storage tank dan maintenance
- Menentukan macam-macam operasi produksi, operasi pemeliharaan dan pengukuran
- Mengembangkan macam-macam operasi perencanaan dan pelayanan

Dalam menentukan Cara Pengambilan Sampel Minyak indikator pencapaian kompetensi adalah guru dan tenaga pendidik mampu untuk memahami hal-hal sebagai berikut :

Menentukan tata cara pengambilan contoh minyak menurut Quantity Accounting System (QAS)

Menggunakan tujuan tank Sampling

Membandingkan pengambilan contoh minyak di Well head Separator dengan minyak di tangki Flow line.

C. Uraian Materi

TANGKI PENGUMPUL MINYAK DAN GAS (GATHERING STATION)

Fasilitas di Gathering Station

Stasiun pengumpul atau lebih dikenal dengan Gathering station pada industry perminyakan berfungsi sebagai tempat pengumpul fluida hasil produksi (minyak, air, gas) yang dihasilkan dari sumur-sumur minyak pada sebuah lapangan, kemudian fluida tersebut dipisahkan menurut kebutuhannya. Jenis peralatan yang digunakan pada gathering station umumnya banyak ditentukan oleh keadaan lingkungan dari lapangan yang bersangkutan dan fluida yang diproduksi. Tujuan dari *Gathering Station* adalah untuk mendapatkan kualitas minyak dengan standar yang telah ditetapkan.

Fluida yang keluar dari sumur dialirkan melalui flow line ke gathering station. Pengaliran fluida dari sumur ke gathering station dapat dibedakan dengan 2 cara yaitu dengan menggunakan sistem **individual flow line** atau menggunakan **production line**. Pada sistem **individual flow line**, masing-masing flow line dari sumur dihubungkan dengan header yang terdapat di gathering station. Sedangkan pada sistem **production line**, flow line dari setiap sumur hanya dihubungkan dengan masing-masing header yang terdapat pada production line yang ada di jalan utama menuju gathering station. Sesampainya di gathering station, fluida yang dialirkan lewat header atau production line masuk ke separator.

Setiap daerah mempunyai karakteristik minyak yang berbeda oleh karena itu di setiap *Gathering Station* membutuhkan fasilitas yang berbeda pula, sehingga *crude oil* yang diproduksi bebas dari kandungan air yang terproduksi dan memenuhi standar.

Prinsip dasar pengolahan *crude oil* di *Gathering Station* adalah cukupnya panas dan waktu retensi (*retention time*) dan pemakaian bahan kimia (*demulsifier*) bagi *crude oil* untuk melepaskan ikatannya dari gas, air, pasir dan sedimen lainnya.

PROSES PEMISAHAN DI GATHERING STATION

Fluida produksi dari sumur dan mengalir menuju GS. Sebelum fluida produksi tersebut masuk ke unit pemisahan di GS terlebih dahulu di incoming line diberi chemical demulsifier dan reverse demulsifier yang berguna untuk membantu memecah emulsi yang ada pada fluida, kemudian fluida masuk kedalam gas boot dengan tekanan 18 psi. Fluida didalam Gas Boot akan dipisahkan secara gravitasi dengan berat jenisnya. Gas mempunyai berat jenis yang lebih kecil maka gas akan dialirkan menuju ke *flare stack* untuk dibakar agar tidak mencemari lingkungan, sedangkan minyak dan air mengalir ke wash tank. Didalam *wash tank* terjadi pemisahan antara minyak dan air karena gravitasi dan bantuan Chemical kemudian minyak dialirkan ke *Shipping Tank* dan air ke *HIGFU* melalui Water Leg. Minyak dari *Shipping Tank* dihisap oleh *Shipping Pump* untuk mendorong minyak menuju ke GS Pusaka melalui *Shipping Line*.

HIGFU berfungsi untuk memisahkan butiran-butiran minyak yang masih terbawa oleh produce water dari wash tank dan pemisahannya berdasarkan perbedaan berat jenis dengan bantuan floatasi dan agitasi. Minyak yang terpisah akan dialirkan ke Skim Recycle Tank, sedangkan air akan dialirkan ke Surge Tank. Kemudian airnya akan dipompakan oleh Transfer Pump dari tekanan 4 psi menjadi 90 psi ke Filter Unit.

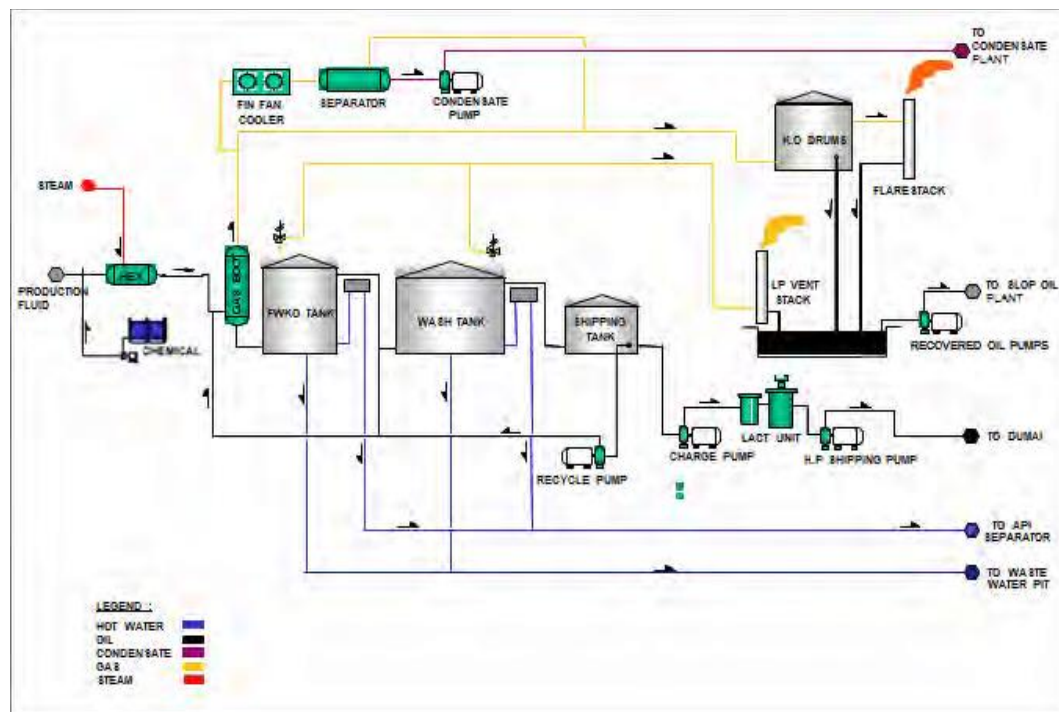
Minyak atau air yang ada di Skim Recycle Tank akan dipompakan oleh Recycle Pump dengan tekanan 40 psi untuk dialirkan kembali ke dalam Gas Boot, sedangkan apabila terjadi overflow maka minyak atau air tersebut dialirkan ke Sump Box.

Air (Free Water) yang masuk ke dalam Filter Unit ditekan agar sisa-sisa minyak yang masih terdapat pada air akan terserap oleh media yang terdiri dari Pecan Shell dan Walnut Shell. Setelah air diproses di filter unit, air akan

ditampung sementara di Suction Tank, sedangkan di Filter Unit air di back wash karena sudah jenuh. Air dari proses backwash tersebut ditampung di Water Disposal Tank. Air yang berada di Suction Tank, dipompakan oleh Water Injection Pump ke Water Injection Well dengan tekanan 500-600 psi, sedangkan air yang ada di Water Disposal Tank akan dipompakan dengan Disposal Pump dengan tekanan 600 psi ke disposal well.

Proses Aliran di Gathering Station

Bagian dari *Central Gathering Station (CGS)* yang mengolah *produced fluid* agar menjadi minyak mentah yang dapat dijual adalah *Oil Treating Plant (OTP)*. Prinsip dasar pengolahan *crude oil* adalah pemisahan *gas-liquid*, *solid-liquid* dan pemisahan *oil-water*, yang dapat terjadi berdasarkan perbedaan sifat fisika yang dipengaruhi oleh cukupnya panas, waktu tinggal (*retention time*) dan bahan kimia (*demulsifier*) yang diinjeksikan pada aliran *produced fluid* untuk membantu proses pemisahan. .Proses pemisahan minyak dari sumur produksi seperti terlihat pada gambar.....



Gambar.....Proses Pemisahan Minyak pada Fasilitas Oil Treating Plant

Pemisahan sampai dihasilkan minyak mentah yang dapat dijual terdiri dari peralatan utama berikut:

- *Heat Exchanger*
- *Degassing Boot Separator*
- *FWKO dan Wash Tank*
- *Shipping Tank*
- *Shipping Pump*
- *Metering*

Proses aliran di *OTP* dimulai dari penerimaan fluida produksi yang dipompakan dari sumur-sumur produksi (*oil well producer*) melalui suatu system pemipaan ke stasiun pengumpul (*CGS*) yang berfungsi sebagai tempat pemisahan seluruh fluida produksi. Alur aliran yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Fluida dari sumur produksi masuk ke unit *Heat Exchanger* melalui *inlet header*.
2. *Heat exchanger* memanaskan fluida dari temperatur fluida sekitar 140-160 °F sampai mencapai temperature 185-190 °F. Panas yang terukur adalah penting untuk pemisahan fluida produksi. Bahan kimia diinjeksikan untuk membantu pemisahan minyak dengan air dan untuk mencegah korosi dan *scaling*.
3. Setelah fluida produksi melewati unit *Heat Exchanger*, fluida akan memasuki unit separator yang biasa disebut *Gas Boot*. *Gas Boot* memisahkan gas dari liquid dan menurunkan tekanan fluida sebelum masuk ke tangki *Free Water Knock Out (FWKO)*.
4. Gas dan uap yang dipisahkan dialirkan ke *Fin-Fan Cooler* untuk proses pengolahan lebih lanjut.
5. Gas yang telah berubah menjadi kondensat dengan proses pendinginan pada *Fin-Fan Cooler* akan dikirim ke *condensate plant* untuk pengolahan selanjutnya sehingga menghasilkan *light oil*.
6. Tangki *FWKO* memisahkan sebagian besar air, pasir dan sedimen dari minyak. Air dialirkan melalui pipa *water leg* ke fasilitas pengolahan air (*Water Treating Plant*) untuk diolah sebagai sumber *GFW (Generator Feed Water)* yang dikirim ke *Steam Generator*.

7. Dari tangki *FWKO*, minyak memasuki *Wash Tank*. *Wash Tank* berfungsi sebagai tempat pemisahan lebih lanjut antara minyak dan air. Waktu retensi (*retention time*) yang cukup, diperlukan untuk proses pemisahan minyak dengan air.
8. Minyak dari *Wash Tank* akan mengalir ke *Shipping Tank*. Sebelum dipompakan ke pipa pengapalan, *crude oil* harus diukur terlebih dahulu kandungan BSW-nya (*Basic Sediment and Water*). Jika belum memenuhi syarat, yaitu kurang dari 1%, maka *crude oil* akan disirkulasikan kembali ke proses awal.
9. Air dari proses pemisahan di *Wash Tank* dialirkan ke fasilitas pengolahan air untuk diproses di *API separator*.
10. Pasir halus yang mengendap pada bagian bawah tanki akan diambil menggunakan *sand pan* dan fasilitas *jetting* dan dikirimkan ke *Sand Removal Facility*.

Air dari *wash tank* akan di saring melalui Higfu. Di mana Higfu berfungsi untuk memisahkan butiran-butiran minyak yang masih terlarut di dalam air. Butiran minyak akan mengalir ke skimming tank dan kemudian di pompakan kembali oleh recycle pump menuju gas boot. Sementara air akan masuk ke surge tank dan dipompakan oleh charge pump menuju ke filter , air yang masuk ke filter akan di saring dari kotoran berdasarkan nilai NTU (Normality Turbidity Unit) yaitu di bawah 10 ppm oleh media yang terdapat di dalam filter dan di bantu oleh chemical surfactant (Back Wash). Kemudian air yang telah tersaring atau bersih akan masuk ke Suction Tank selanjutnya akan di injeksikan ke clean water WIW oleh injection pump.

Oleh karena media filter akan jenuh akibat partikel-Prtikel padat yang terproduksi, maka setiap hari di lakukan pencucian (pembersihan) media yang terdapat di dalam Filter, dengan cara Backwash. Air yang telah di gunakan pada saat back wash yang mengandung kotoran akan masuk ke waste water tank dan di injeksikan ke Disposal Well. Jika waste water tank overflow, maka air hasil drain akan masuk ke sump box, air dari sump box akan dipompakan oleh sump pump masuk ke disposal tank sedangkan minyak akan dipompakan oleh weakly pump

menuju ke gas boot untuk diproses kembali. Air dari disposal tank akan diinjeksikan ke sumur disposal oleh Disposal Pump.

Peralatan di Stasiun Pengumpul

a) Gas Boot

Gas Boot merupakan salah satu jenis dari *separator*. Fungsi *Separator* adalah untuk memisahkan beberapa *phase* (*cair, gas dan sedimen*). Pemisahan yang terjadi dalam *Separator* berupa:

- Pemisahan partikel cair dari gas atau uap
- Pemisahan partikel padat (debu) dari uap atau gas
- Pemisahan partikel padat dari liquid
- Pemisahan partikel padat dari partikel padat lainnya

Jenis atau klasifikasi *Separator* antara lain:

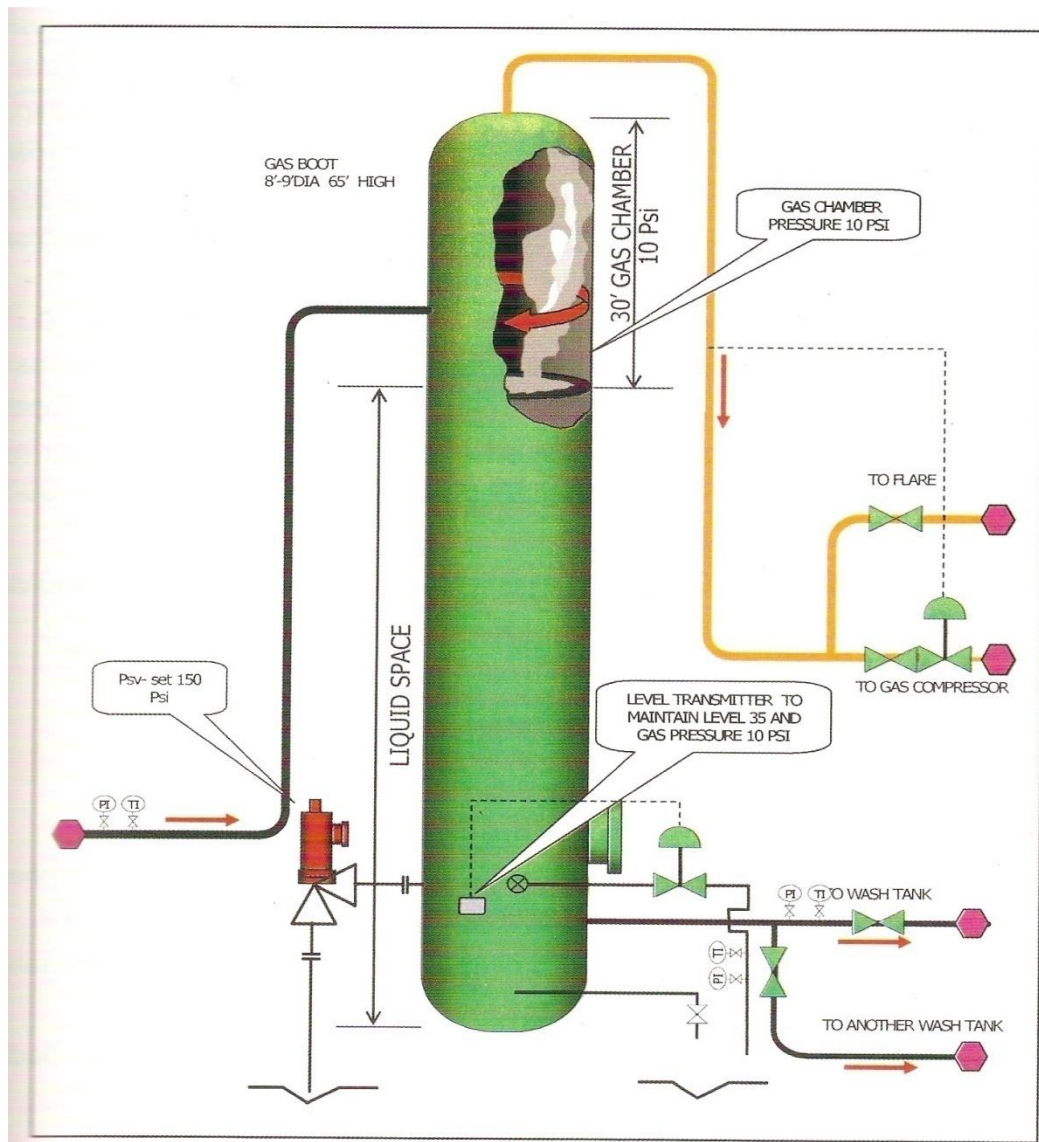
1. Berdasarkan **konstruksinya**
 - a. *Vertical separator*
 - b. *Horizontal separator*
 - c. *Spherical separator*
2. Berdasarkan **phase fluida yang dipisahkan**
 - a. *Separator dua phase*
 - b. *Separator tiga phase*
3. Berdasarkan **cara kerjanya**
 - a. *Separator gravitasi*
 - b. *Low Temperature Separator (LTS)*
 - c. *Condensate separator*
 - d. *Cyclon separator*
4. Berdasarkan **tingkat pemisahannya**
 - a. *Separator satu tingkat*
 - b. *Separator bertingkat*

Gas boot merupakan jenis *Vertical Separator* yang berfungsi untuk memisahkan gas dan uap yang masih tersisa dari liquid dan menurunkan tekanannya sebelum masuk ke dalam *Free Water Knock Out Tank (FWKO Tank)*.

Sebelum keluar *gas boot* ke proses berikutnya, gas akan melewati sebuah *Pressure Control Valve* (PCV) terlebih dahulu. Dimana PCV ini akan mengatur tekanan di dalam *gas boot* secara otomatis. Pengaturan tekanan sangatlah diperlukan agar level liquid di dalam *Gas Boot* dapat terkontrol dengan baik.

Setting tekanan yang berlebihan (jika > 5 Psi) akan mengakibatkan level liquid akan tertekan ke bawah dan ini bisa berakibat gas akan terkondensasi sehingga akan terikut bersama liquid ke FWKO dan tekanan gas yang tinggi pada *gas boot* mengakibatkan guncangan yang hebat pada *Gas Boot* itu sendiri. Hal ini harus dihindari, karena gas yang terikut bersama liquid ke FWKO akan dapat merusak lapisan minyak yang telah terbentuk sebelumnya. Sebaliknya jika tekanan terlalu rendah (< 3 Psi) level liquid akan menjadi tinggi, bisa mengakibatkan terbawanya liquid ke *Fan Stack* atau *Fin-fan Cooler*.

Dari *Gas Boot*, gas dan uap panas yang telah dipisahkan dari liquid akan diproses atau dialirkan ke *Fin-fan Cooler* atau *fan system*, VRU (*Vapor Recovery Unit*) dan *Gas Compressor*.



Gambar Gas Boot

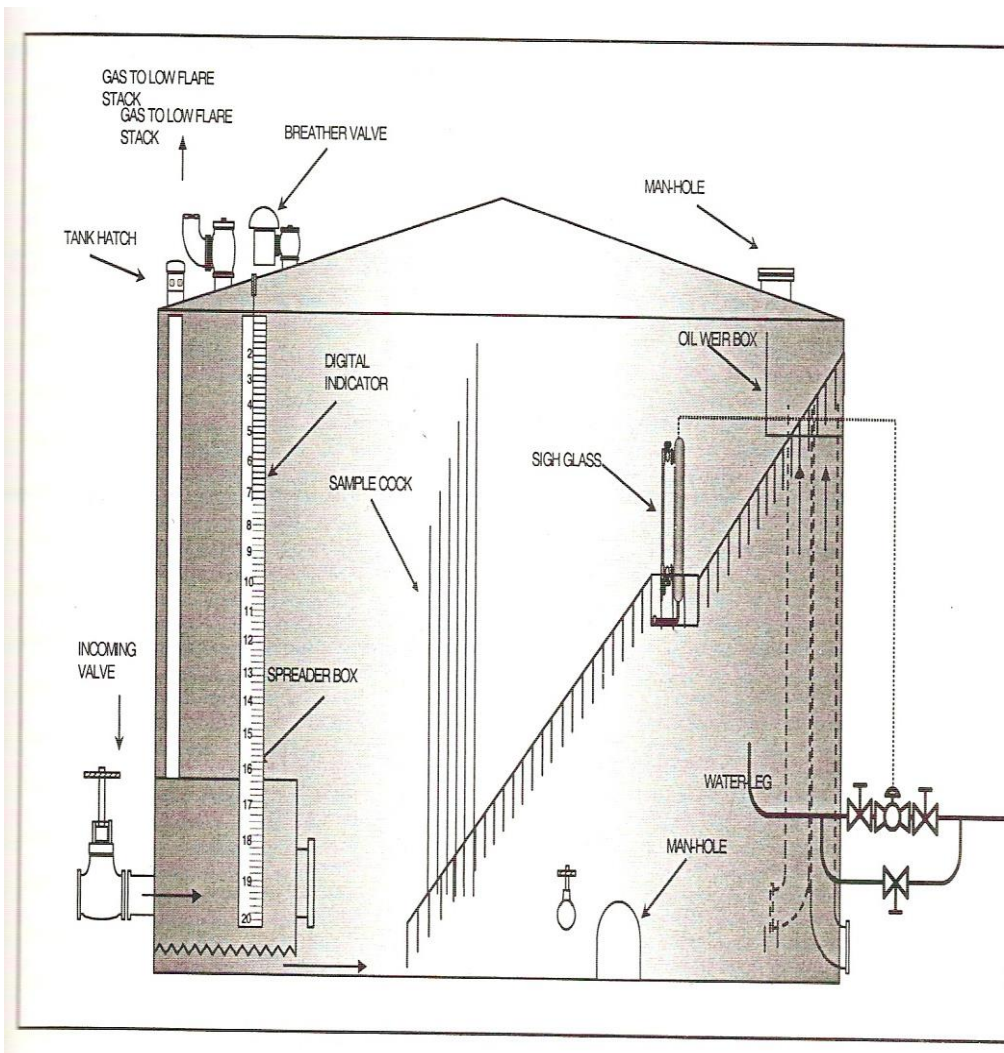
b) Wash Tank

Wash Tank merupakan sebagai tempat pemisahan lebih lanjut antara minyak dan air. Emulsi minyak-air secara gravitasi akan mengalir dari *Gas Boot* ke *Wash Tank* melewati sebuah *spreader* yang akan memastikan liquid terdistribusi secara merata sepanjang diameter *Wash Tank*.

Faktor yang mempengaruhi pemisahan air dan minyak di dalam *Wash Tank*, yaitu:

1. **Retention time;** adalah waktu yang dibutuhkan air dengan minyak mulai dari saat masuk *inlet* sampai keluar dari *outlet* tanki. Dalam masa itu terjadi proses pemisahan liquid dalam kondisi dinamis. *Retention time* sangat dipengaruhi oleh jumlah fluida yang masuk ke tanki dan kapasitas tanki. Makin lama *retention time*, makin sempurna proses pemisahan liquid.
2. **Settling time;** adalah waktu yang dibutuhkan untuk memisahkan air dengan minyak sewaktu berada di dalam tanki. Pemisahan tersebut terjadi karena adanya perbedaan berat jenis dan *static retention time* adalah waktu yang dibutuhkan untuk memisahkan air dengan minyak pada saat tidak statis (tanpa adanya *flow* masuk dan keluar).
3. **Jumlah fluida di dalam tanki.**
4. **Temperatur air di dalam wash tank** (sesuai dengan batasan operasi umumnya 180 °F sampai 210 °F).
5. **Perbedaan berat jenis air dan minyak**
6. **Keberadaan spreader;** *Spreader box* berfungsi untuk memecah emulsi dan solid yang terikat oleh minyak dan mendistribusikan minyak yang masuk secara merata. Di bagian atas *spreader box* terdapat pipa ventilasi berukuran 8 inchi yang terhubung ke atas tanki untuk mengeluarkan gas yang masih tertinggal atau udara yang terbawa bersama minyak yang keluar dari *spill over*.
7. **Chemical** (pemakaian *chemical* yang cukup dengan kualitas dan jenis yang sesuai akan mempercepat proses pemisahan).

Kemudian secara gravitasi air yang lebih berat akan turun ke bawah dan kemudian keluar melalui *water leg*, sedangkan minyak yang lebih ringan akan naik ke atas dan kemudian akan mengalir melewati *spill over* ke *shipping tank*.



Gambar Wash Tank

c) Shipping Tank

Shipping Tank merupakan tanki pengumpul minyak yang siap dikirim ke pengapalan dengan mutu yang telah ditentukan.

Komponen dari *Shipping Tank*:

1. **Level indicator**; berfungsi untuk memonitor level minyak di *Shipping Tank*.
2. **Temperature gauge**; berfungsi untuk memonitor temperatur di *Shipping Tank*.

3. **Level switch**; berfungsi memberi signal untuk menghidupkan dan mematikan *Shipping Pump*.
4. **Breather valve**; sebagai alat penyeimbang tekanan yang ada di dalam *Shipping Tank* dan atmosfer.
5. **Circulating pump**; berfungsi untuk memompakan lapisan paling bawah dari minyak di dalam *Shipping Tank* yang terdiri dari air dan *sediment* (endapan), sehingga mutu minyak yang dipompakan tetap terjaga (BS&W di bawah 1%).

d) Skimming Tank

Skimming Tank adalah fasilitas pada WTP yang berfungsi untuk menampung air terproduksi dari *wash tank* dan dari GS lainnya yang mengalir secara gravitasi.

e) Surge Tank

Surgey Tank adalah Fasilitas pada Water Injection Pump (WTP) yang berfungsi untuk menampung air dari *clarifier tank* atau *skimming tank* yang mengalir secara gravitasi.

f) Clarifier Tank

Clarifier Tank adalah fasilitas WTP yang berfungsi untuk menampung air dari *wash tank* yang mengalir secara gravitasi.

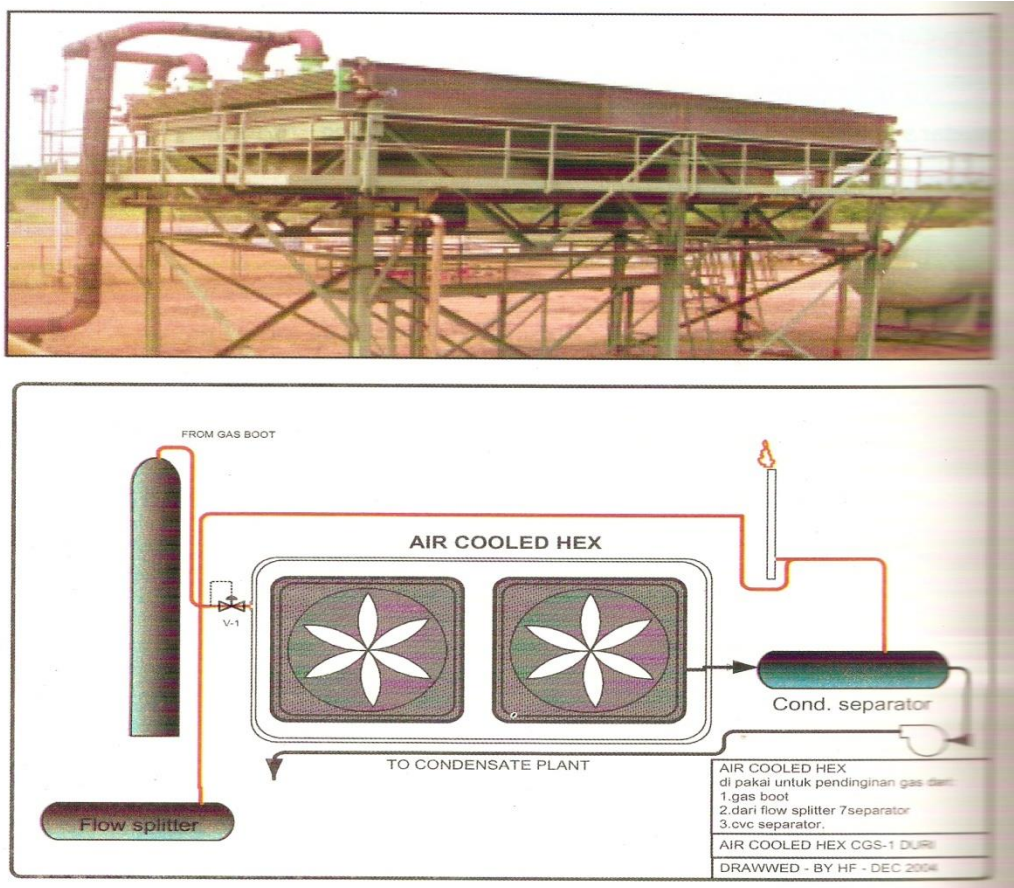
Tanki ini dilengkapi dengan:

1. **outlet control valve**
Untuk mengatur ketinggian *level* air.
2. **Instrument**
Untuk memonitor *level* air dari control room.
3. **Breather valve**
Untuk memonitor *level* air dalam tanki pada *Man Machine Interface* (MMI) dari control room.

g) Fin-fan Cooler

Fin-fan cooler disebut juga *Air Cooled Heat Exchanger* (ACHE) karena mempunyai *fin tube* dan mempunyai *fan* sebagai media pendingin. *Fin-fan cooler* adalah sebuah unit *heat exchanger* untuk mengolah uap yang keluar dari

CVC Separator, Gas Boot dari Flow Splitter, Separator dan VRU menjadi liquid dan untuk mendapatkan gas atau uap bersih yang akan dibuang ke atmosfer.



GambarAir Cooled Heat Exchanger (Fin-Fan Cooler)

Fin-fan Cooler mempunyai beberapa peralatan yang sangat mendukung, yakni:

1. Fin Tube (kisi)

Berupa pipa yang dibalut dengan kisi-kisi, berfungsi sebagai tempat mengalirnya *vapor* dan kemudian kisi-kisi tersebut menerima hembusan angin yang ditimbulkan oleh putaran *fan*.

2. Condensate Separator

Condensat Separator digunakan untuk menampung fluida yang terkondensasi sewaktu proses pendinginan pada ACHE. Dari sini fluida

dipompakan ke *condensate plant* di *Central Gathering Station* (CGS) untuk diproses lebih lanjut.

3. *Condensate Pump*

Condensate Pump berfungsi untuk memompakan fluida yang terkondensasi dari *Condensate Separator* pada *Fin-fan Cooler* menuju ke *Condensate Plant* untuk diproses lebih lanjut.

4. *Fan*

Berfungsi untuk menyebarkan angin ke seluruh *fin tube* agar *vapor* yang mengalir pada kisi-kisi berubah menjadi *condensate*. *Fan* ini digerakkan oleh *electric motor* yang dilengkapi dengan *vibration switch* yang berfungsi mematikan *fan* secara otomatis apabila *fan* mengalami getaran yang tidak normal.

Masing-masing *fan* bisa dioperasikan secara manual maupun otomatis, tergantung kondisi *cooler* sewaktu akan dioperasikan. Caranya dengan mengatur saklar-saklar yang terdapat pada *control system*.

5. *Cooler Fan Stage*

Merupakan tingkatan-tingkatan pada fan untuk mendinginkan vapor dan gas yang masuk ke dalam fin-fan cooler, sehingga proses pendinginan vapor dan gas berjalan lancar dan teratur

6. *Temperature Control Valve (TCV)*

Temperature control valve (TCV) adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengatur temperatur fluida yang ada di dalam *fin tube*. Dengan alat ini dapat memudahkan kerja operator dalam mengatur temperatur ideal pada fluida yang terkondensasi.

7. *Flow Recorder*

Flow recorder adalah suatu alat yang berfungsi untuk merekam aliran *vapor* yang masuk ke dalam *Fin-fan Cooler* yang direkam rentang waktu yang telah ditentukan. Sehingga operator dapat mengetahui kecepatan aliran/laju alir *vapor* yang masuk.

8. *Flow Meter*

Flow Meter adalah Suatu alat yang digunakan untuk mengukur aliran produksi yang dipompakan melewati meter yang keluar dari GS.

h) Micromotion

Di *gathering station* khususnya di *Fin-fan Cooler*, meter yang digunakan umumnya adalah dengan merk *micromotion* yang berfungsi untuk mengukur produksi minyak. Cara menghitung produksi minyak pada *micromotion* adalah dengan mencari *differential* produksi minyak kemarin dengan hari ini, ditambahkan dengan perubahan *stock* (turun atau naiknya minyak yang ada di *Wash Tank* dan *Shipping Tank*).

Contoh:

Meter reading hari ini = 235.124.255

Meter reading kemarin = 235.107.039

Produksi hari ini = $235.124.255 - 235.107.039 = 17.216$ Bbls

Penghitungan stock change

Wash tank dengan kapasitas 45.000 Bbls, tinggi 40' (1.125 bbls/ft)

Shipping tank dengan kapasitas 6.800 Bbls, tinggi 24' (283,3 bbls/ft)

Level Wash tank hari ini = 28'.4"

Level Wash tank kemarin = 29'.4"

Maka *stock change* pada *Wash tank* = $29'.4'' - 28'.4''$

= 1 ft atau sama dengan 1.125 Bbls

Level Shipping tank hari ini = 8'

Level Shipping tank kemarin = 11'

Maka *stock change* pada *Shipping tank* = 3' atau $3 \times 283,3 = 850$ Bbls

Berarti *stock change* keseluruhan = $1.125 - 850 = 275$ Bbls

i) KO Drum

KO Drum berguna untuk menjebak *liquida/condensate* yang masih terbawa ke *flare stack* agar tidak berserakan kemana-mana.

j) FWKO

Free Water Knock Out (FWKO) Berfungsi untuk memisahkan air dari Emulsi. Air yang telah terpisah disebut *free water*. ketika *liquida* produksi sudah mencapai tanki FWKO, *liquida* tersebut sudah mencapai *degasing* dan berada dalam batas temperatur antara 185-200 derajat Fareinheit.

Flare Stack dan Fan Stack

Setiap *Gathering Station* dilengkapi dengan *Flare Stack* dan *Fan Stack*. Fasilitas ini merupakan cerobong terakhir dari *Gathering Station*, semua gas yang terproduksi selama proses terjadi dialirkan ke *Flare Stack* atau *Fan Stack*.

Flare Stack gunanya untuk membakar gas yang tersisa dari proses pemisahan minyak dan gas. *Fan Stack* gunanya untuk membuang gas yang tersisa ke atmosfer. Beberapa *Flare Stack* dilengkapi dengan *flame arrester* yaitu suatu fasilitas saringan api agar api tidak menyambar ke bagian bawah dari *Flare Stack* tersebut.

Gas yang terproduksi sering kali jumlahnya tidak ekonomis untuk diolah dan digunakan. Disamping itu, gas yang terproduksi tersebut banyak mengandung bahan beracun seperti: CO₂, H₂S yang dapat merusak lingkungan dan membahayakan manusia. Karena sifat gas yang lebih berat dari udara, jika udara lembab sehingga gas tersebut akan turun mencapai tanah, oleh sebab itu lebih baik dibakar. Gambar *Flare Stack* seperti terlihat pada gambar



Gambar Flare Stack

Pemisahan Air dari Emulsi Minyak dengan Free Water Knock-Out (FWKO)

Free water knock out (FWKO) Berfungsi untuk memisahkan air dari Emulsi. Air yang telah terpisah disebut *free water*. ketika liquids produksi sudah mencapai tanki FWKO, liquids tersebut sudah mencapai *degasing* dan berada dalam batas temperatur antara 185-200 derajat *Fahrenheit*.

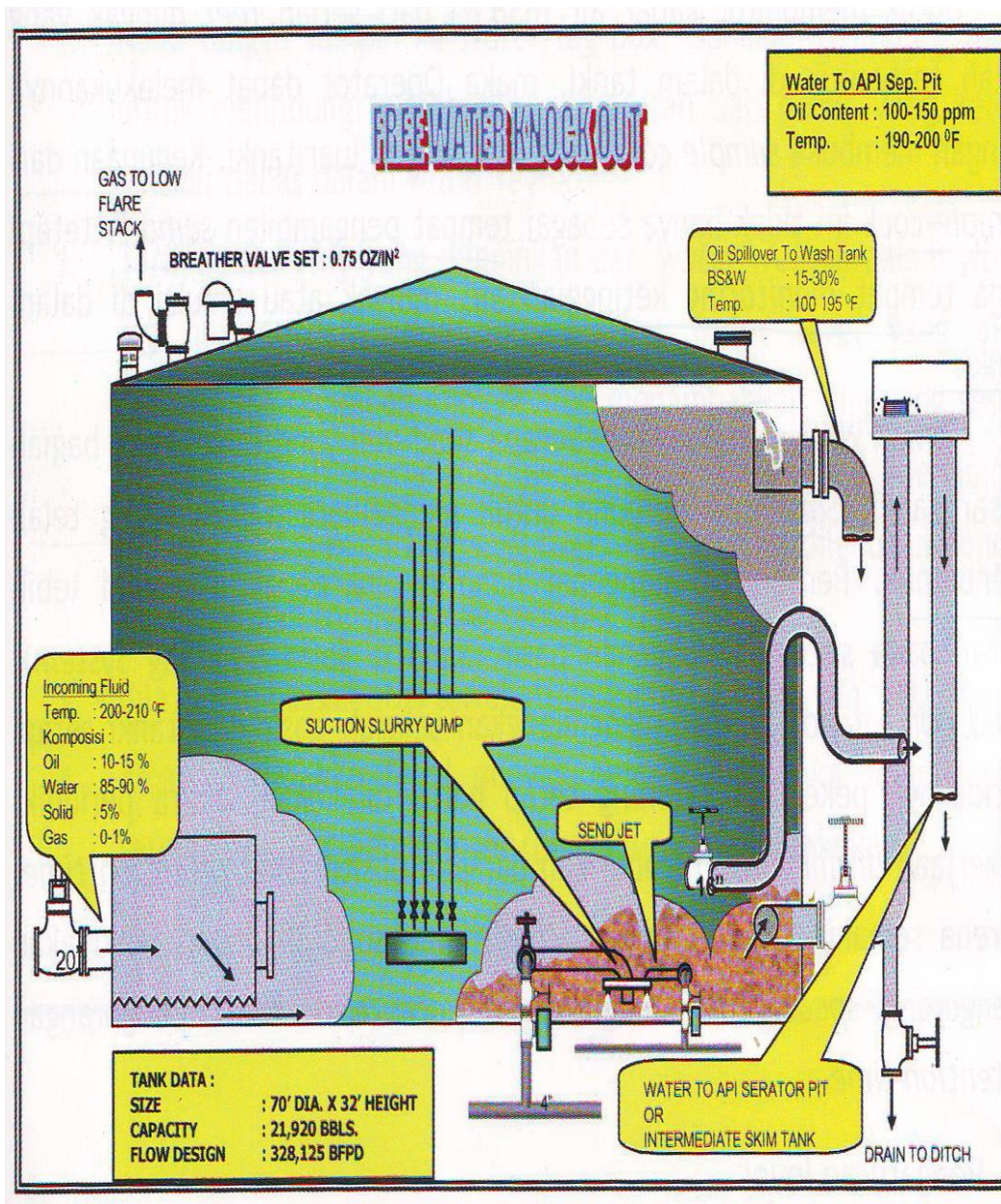
Ada tiga fase pemisahan di tanki FWKO:

1. Emulsi air-minyak yang relatif ringan (20-40% BS&W) akan mengapung.
2. Pasir dan *sediment* akan mengendap didasar.
3. Air

Pemisahan dari ketiga unsur diatas terjadi karena adanya perbedaan berat jenis (*density*). FWKO memisahkan sebagian besar air, pasir dan sedimen dari minyak. air dialirkan melalui *line water leg* ke fasilitas pengolahan air (*Water Treating Plant*) untuk diolah sebagai sumber air baku *steam generator*. Air yang telah terpisah didalam tanki FWKO menuju *Water leg* dan selanjutnya air tersebut mengalir ke pipa *header* yang meneruskannya ke beberapa buah *pit* pemisah (*API Seperator pit*) yang selanjutnya diproses dengan sebuah sistem pengolahan air (*water Treatment Plant*).

Lapisan minyak yang telah terbentuk dengan BS&W sekitar 20-40% mengalir ke *weir box* dan selanjutnya ke *wash tank* untuk waktu tinggal yang lebih lama yang memungkinkan proses separasi lebih lanjut.

Untuk memonitor kadar air (BS&W) dari setiap *feet* minyak yang telah terbentuk didalam tanki. Dapat dilakukan dengan membuka *sample chock* yang dipasang diluar tanki. Kegunaan dari *sample chock* ini adalah tidak hanya sebagai tempat pengambilan sampel, tetapi juga tempat *monitoring* ketinggian air, minyak atau emulsi didalam tanki.



GambarFree Water Knock Out(FWKO)

Pengaturan Level pada FWKO Tanki

Tanki FWKO mempunyai beberapa *sand pan* yang tersebar dibagian dasar tanki. *Sand pan* berguna untuk mengeluarkan pasir yang telah menumpuk. *Sand pan* ini tidak dapat menghilangkan seluruh pasir dari tanki tetapi setidaknya pekerjaan draining tetap harus dilakukan secara periodik karena semakin tinggi tumpukan

pasir atau solid di dalam tanki akan mengurangi ruang tanki. Pengurangan ruang tanki berarti pengurangan *retention time*.

Level fluida keseluruhan tanki FWKO adalah tingkat tumpahan emulsi (minyak+air) ke *spill over* di dalam tanki. *Free Water* keluar melalui *water leg* dengan menambah atau mencabut ring di dalam *water leg box*, operator dapat menaikkan atau menurunkan tinggi batas permukaan air di dalam tanki sebuah ring dengan tebal $\frac{1}{4}$ inchi akan mengubah batas permukaan liquid di dalam tanki lebih kurang satu *feet* hal ini sangat bergantung pada temperatur fluida, jumlah *oil pad*, *specific gravity* minyak dan air yang terdapat di dalam tanki FWKO tersebut.

FWKO tanki mempunyai sample chock yang terdapat di dinding tanki dengan jarak satu feet dan operator dapat memprofil tanki, sampel minyak dan air setiap empat jam sekali dari *sample chock* tersebut hal tersebut dilakukan berguna untuk mengetahui:

- *Interface level* antara minyak dan air (level terbaik pada 29')
- Komposisi dari emulsi dan *spill over* (BS&W 20-40%)
- Kondisi *free water* secara kualitatif dan kuantitatif.

Masalah-masalah dalam FWKO

Didalam *Free Water Knock Out* (FWKO) sering terjadi bermacam-macam masalah, diantaranya adalah sebagai berikut

1. Water cut (BS&W) di *spill over* FWKO <10%.
Jika hal ini terjadi akibatnya pergantian air di dalam *wash tank* akan berkurang sehingga efek *washing* juga akan berkurang.
2. Terdapat batasan minyak yang tidak jelas antara air dengan minyak.
Hal ini disebabkan karena bahan kimia yang bekerja tidak efektif sehingga fluida yang masuk kedalam tanki terlalu besar dan menyebabkan *settling time* berkurang.
3. Kadar minyak yang tinggi dalam air (*high oil content*) dan keluar melalui *water leg*.

4. *Vapor* keluar dari *breather valve*.

Hal ini disebabkan turunnya temperatur fluida sedangkan tekanan dalam melebihi *setting breather valve*.

5. Perubahan BS&W yang tiba-tiba.

Ini disebabkan oleh Ph air yang rendah sehingga menyebabkan efektifitas bahan kimia menjadi berkurang.

6. Penumpukan pasir dan lumpur.

7. Terbentuk *emulsion pad*.

Cara Mengatasi Masalah Yang Terjadi Dalam FWKO

a. Water cut (BS&W) di Spill-Over FWKO <10%

Penyebab dari *Water cut* di *spill over* FWKO <10% adalah sebagai berikut:

1. Temperatur dari liquid turun akibat hujan yang turun berkepanjangan.
2. Bahan kimia tidak lagi bekerja secara efektif (*quality dan quantity*)
3. *Turbulancy* yang ada pada FWKO akibat setting terlalu lama

Kondisi ini dapat diatasi dengan beberapa cara yang dapat kita lakukan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Operator dapat menaikkan tinggi level dari liquid agar supaya emulsi yang lebih tinggi BS&Wnya dari 10% dapat mengalir ke *wash tank*, agar kualitas air di *wash tank* tetap terjaga.
2. Kita harus menghentikan pekerjaan setting
3. Memeriksa konsumsi chemical
4. Memastikan HEX bekerja dengan baik

b. Batasan yang Tidak Jelas Antara Air dan Minyak

Hal-hal yang menyebabkan adanya batasan-batasan yang tidak jelas antara air dengan minyak, antara lain sebagai berikut:

1. Bahan kimia yang bekerja sudah tidak efektif (*quality dan quantity*)
2. Adanya gas yang masuk kedalam tanki
3. Temperatur dari liquid saat turun
4. Karena jumlah fluida yang masuk kedalam tanki terlalu besar maka *settling time* berkurang.

Cara mengatasi hal-hal yang diatas dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menaikkan pemakaian bahan kimia *demulsifier*
2. Memeriksa tekanan *gas boot*
3. Menaikkan temperatur dengan menambah bukaan steam pada HEX
4. Memastikan apakah ada sumur yang di *Spatching* atau ada penambahan sumur yang dimasukkan ke CGS.

c. Kadar minyak yang tinggi dalam air

Penyebab kadar minyak yang tinggi dalam air dan keluar melalui *water leg* sama dengan penyebab adanya batasan yang tidak jelas antara air dengan minyak,yaitu:

1. bahan kimia yang bekerja tidak efektif
2. adanya gas yang masuk kedalam tanki
3. temperatur liquid yang turun
4. *settling time* berkurang karena jumlah fluida yang masuk kedalam tanki terlalau besar.

Tetapi cara mengatasinya tidak sama kadar minyak yang tinggi dalam air dapat diatasi dengan cara:

1. Memastikan pompa *chemical* bekerja dengan baik
2. Menambahkan pemakain *reserve demulsion* untuk sementara saja jika perlu
3. Memastikan bahwa tidak ada sumur yang baru selesai *acidizing* dimasukkan kedalam sistem dengan memeriksa *hardnes*-snya dan kita dapat meminta informasi kepada operator lapangan
4. Memastikan temperatur fluida memadai (180-205 derajat *fahreinh*et)
5. Melakukan pengujian kandungan setelah perbaikan dilakukan

d. Vapor keluar dari breather valve

Ada dua hal yang membuat *vapor* terbawa bersama gas kondensasi

1. Karena turunnya temperatur fluida.

Penurunan temperatur diarenakan hujan yang cukup lama, sehingga menyebabkan gas yang melewati production line terkondensasi apabila hasil kondensasi memasuki tanki yang mempunyai temperatur yang lebih tinggi maka liquid hasil kondensasi tersebut akan berubah kembali menjadi gas.

2. Tekanan yang berada didalam tanki melebihi setting breather valve.
Terjadi pada saat turbulensi, gas akan berusaha keluar melalui *vent* atau *breather valve* yang menerobos lapisan minyak sehingga mengakibatkan *oil spill*.

Cara mengatasinya kita dapat melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Menurunkan level tanki secara perlahan atau bertahap
2. Memastikan 8" *by-pass line* terbuka
3. Membersihkan dinding tanki yang kotor
4. Melaporkan *oil spill* jika ada

e. Perubahan BS&W yang tiba-tiba

Ada dua hal yang menyebabkan perubahan yang terjadi pada BS&W secara tiba-tiba antara lain adalah sebagai berikut:

1. Tidak bekerjanya *Chemical Pump*
2. Ph air yang rendah dikarenakan masuknya *kill fluid* dan *acid* sehingga efektifitas bahan kimia menjadi berkurang.

Cara yang dapat kita lakukan untuk mengatasi hal semacam ini adalah sebagai berikut:

1. Memeriksa pompa bahan kimia
2. Memperhatikan tubing line jika ada yang bocor.
3. Memastikan pH air normal (pH = 7)

f. Penumpukan pasir dalam lumpur

Penumpukan pasir dan lumpur sering kita jumpai dalam proses *oil tretment*. Akibat yang ditimbulkan oleh penumpukan pasir dan lumpur ini membuat ruangan di dalam tanki semakin mengecil sehingga mempengaruhi proses pemisahan antara air dengan minyak.

Cara mengatasinya kita dapat melakukan dengan cara men-*drain* tanki secara manual atau aktifkan *sand plant*.

g. Terbentuknya emulsion pad

Emulsion pad terbentuk disebabkan oleh terlalu banyak memompakan oil dari *slop oil plant*.

Cara mengatasinya dapat kita lakukan dengan beberapa cara:

1. Mematikan *slop oil plant*
2. Menaikkan level FWKO agar *emulsion pad* yang terbentuk dapat berpindah ke *wash tank*
3. Memastikan lapisan *emulsion* pada *wash tank*
4. Menghidupkan *circulating pump*
5. Membuka *suction pump* pada level *emulsion pad*

Minyak telah digunakan untuk keperluan pencahayaan selama ribuan tahun. Di wilayah dimana minyak ditemukan di reservoir dangkal, rembesan minyak bumi atau gas mungkin dapat ditemukan secara alami, dan beberapa minyak dapat dengan mudahnya dikumpulkan dari rembesan atau kolam.

Selanjutnya, minyak akhirnya menjadi bahan bakar utama untuk kendaraan bermotor dan juga gas yang ditemukan dapat digunakan dalam kebutuhan sehari – hari.

D. Aktivitas Pembelajaran

1. Membaca Modul
2. Melakukan diskusi
3. Mengerjakan latihan / tugas
4. Persentase

E. Latihan / Kasus / Tugas

1. Jelaskan yang dimaksud Tangki Pengumpul (*Gathering Station*).....
.....
.....

2. Komponen-komponen peralatan yang terdapat di *gathering station*.....
.....
.....
3. Prinsip kerja Gas Bot adalah.....
.....
.....
4. Komponen bagian dari dari Fin Fan Cooler.....
.....
.....
5. Masalah-masalah yang ditemui pada FWKO dan jelaskan secara ringkas cara penanggulangannya.....
.....
.....
.....

F. Rangkuman

Fluida yang diproduksi dari sumur produksi dialirkan melalui flow line ke Statisun pengumpul atau lebih dikenal dengan *Gathering station*. Di lapangan minyak *Gathering Station* berfungsi sebagai tempat pengumpul fluida hasil produksi (minyak, air, gas) yang dihasilkan dari sumur-sumur minyak pada sebuah lapangan, kemudian fluida tersebut dipisahkan menurut kebutuhannya. Hal yang perlu diperhatikan dalam pemisahan *crude oil* di *Gathering Station* adalah cukupnya panas dan waktu retensi (*retention time*) dan pemakaian bahan kimia (*demulsifier*) bagi *crude oil* untuk melepaskan ikatannya dari gas, air, pasir dan sedimen lainnya.

Prinsip dasar pengolahan *crude oil* adalah pemisahan *gas-liquid*, *solid-liquid* dan pemisahan *oil-water*, yang dapat terjadi berdasarkan perbedaan sifat fisika yang dipengaruhi oleh cukupnya panas, waktu tinggal (*retention time*) dan bahan kimia (*demulsifier*) yang diinjeksikan pada aliran *produced fluid* untuk membantu proses pemisahan.

Pemisahan sampai dihasilkan minyak mentah yang dapat dijual terdiri dari peralatan utama berikut:

- *Heat Exchanger*
- *Degassing Boot Separator*
- *FWKO dan Wash Tank*
- *Shipping Tank*
- *Shipping Pump*
- *Metering*

G.Umpa Balik/ Tindak Lanjut

1. Jelaskan manfaat modul ini bagi peserta diklat
2. Berikan masukan saudara untuk kelebihan dan kelemahan modul ini
3. Berikan saran saudara untuk perbaikan modul ini ke depan

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : Operasi Produksi di Lapangan Minyak dan Gas (Mlgas)

A. Tujuan

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu. Dengan membahas modul ini secara tuntas diharapkan para guru dan tenaga pendidik dapat menguasai pengetahuan dibidang proses produksi dan operasi/kegiatan yang dilakukan dalam produksi Minyak dan Gas.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

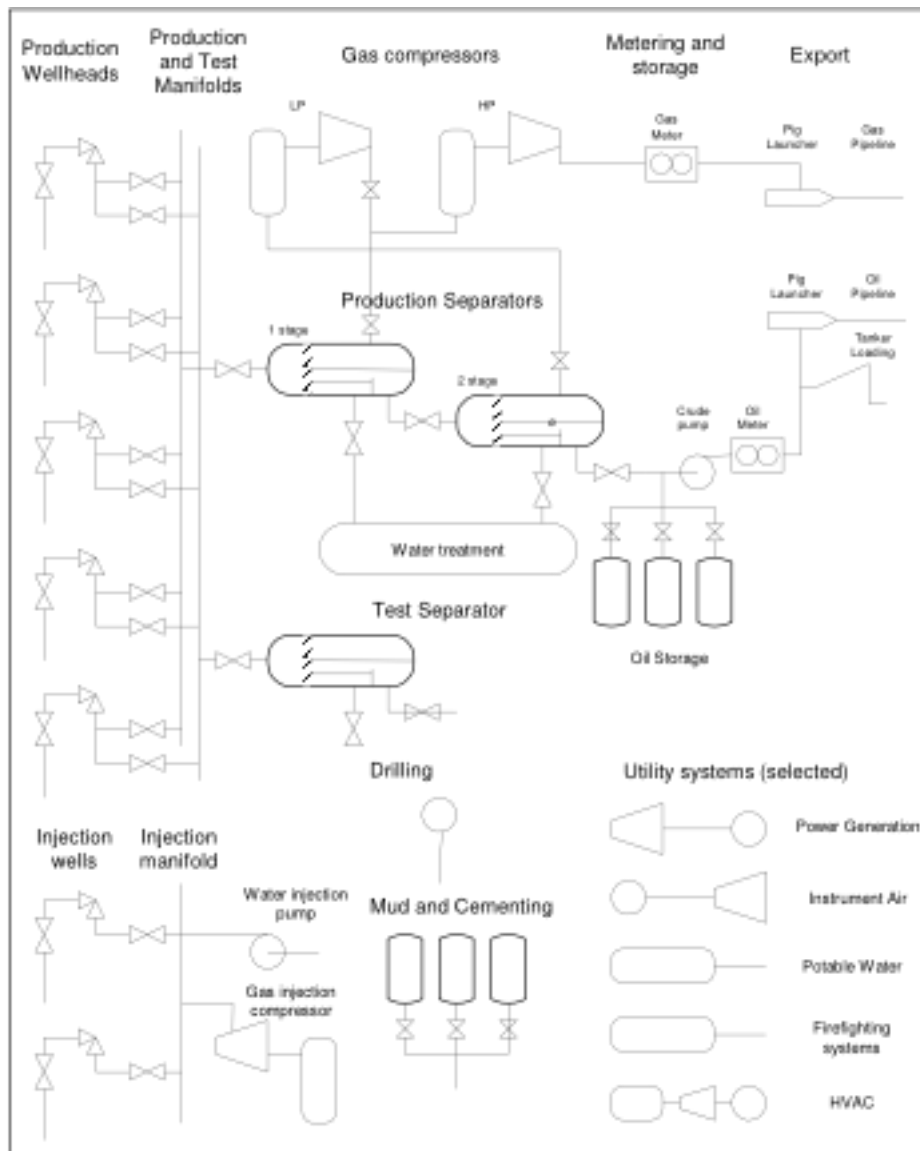
Dalam kegiatan pembelajaran Sistem Pengumpul pada Proses menentukan Proses Produksi Minyak indikator pencapaian kompetensi adalah guru dan tenaga pendidik mampu untuk memahami hal-hal sebagai berikut :

- Menentukan macam-macam operasi produksi, operasi pemeliharaan dan pengukuran
- Mengembangkan macam-macam operasi perencanaan dan pelayanan

C. Uraian Materi

GAMBARAN PROSES

Pada **Gambar 1** memberikan ilustrasi sederhana dalam proses produksi minyak. Jelaskan bagannya dengan rinci..
dan gas.



Gambar 1. Proses Transportasi Minyak dari Sumur (Lapangan) ke Tangki Pengumpul (SUMBER : havard devold 2006, ABB ATPA Oli And Gas)

Pada bagian sebelah kiri, kita dapat melihat bagian kepala sumur (wellheads) lalu menuju produksi dan test manifold. Dalam sebuah distribusi sistem produksi, ini juga disebut dengan sistem pengumpulan (gathering system). Untuk bagian selebihnya pada gambar merupakan proses sebenarnya, sering disebut dengan Gas Oil Separation Plant (GOSP). Tujuan dari GOSP adalah untuk memproses arus sumur menjadi produk bersih yang bisa dijual: minyak, gas alam, atau kondensat.

Sumur terletak pada sea floor. Seperti pada floating production sitem, minyak bumi diektrak pada seafloor. Digunakan pada kedalaman 7000 ft atau lebih.

A. Peralatan Produksi

Peralatan uji produksi di permukaan antara lain : choke manifold, separator, tangki pengumpul dan centrifuge yang dipakai untuk mengukur besaran-besaran produksi.

1. Choke Manifold

Choke manifold mempunyai dua fungsi yaitu :

- a). Mengatur arus dari wellhead. Untuk keperluan ini choke manifold memiliki tiga cabang yaitu :
 - *Manifold baypass* (tengah) digunakan untuk mengalirkan fluida pada saat clean up period.
 - Choke manifold (kiri dan kanan) digunakan untuk mengatur kapasitas arus fluida yang masuk separator pada saat flowing period dengan mengganti-ganti ukuran-ukuran choke yang telah dipersiapkan. Penggantian ukuran choke menyebabkan perubahan tekanan dan temperatur kepala sumur (FWHP dan FWHT).
- b). Menutup arus fluida dari wellhead bila diperlukan. Misalnya untuk memperoleh data tekanan dan temperatur di kepala sumur pada waktu tutup sumur (SWHP dan SWHT).

2. Separator

Fungsi utama separator adalah untuk memisahkan gas, minyak dan air yang datang dari sumur minyak atau gas, sehingga dapat dilakukan pengukuran data laju produksi gas, minyak dan air. Laju produksi dapat berubah jika ukuran choke yang dipasang di manifold dirubah. Bentuk separator ada tiga macam yaitu : vertikal, horisontal dan sferikal.

3. Tangki Pengumpul

Tangki pengumpul digunakan untuk menampung minyak dan air yang keluar dari separator-separator dengan maksud untuk mengambil tambahan sampel fluida, jika oil meter atau water meter tidak berfungsi dengan baik untuk mengukur laju produksi minyak atau air dan untuk kepentingan kalibrasi

kapasitas minyak atau air dan untuk kepentingan kalibrasi kapasitas minyak atau air dapat ditentukan pada tangki pengumpul. Caranya dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk pengisian satu satuan tangki pengumpul yang sudah diberi tanda (misalnya 1 bbl) kemudian dilakukan perhitungan kapasitas produksinya.

B. Laju Produksi Minyak, Gas dan Air

Laju produksi dari sumur bisa terdiri dari tiga macam yaitu laju produksi minyak, gas dan air. Besarnya ketiga laju produksi sangat penting dalam uji produksi. Laju produksi minyak (Q_o) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_o = \frac{24F_m K(1 - S_{hr})(1 - BSW)\Delta R}{\Delta T}$$

dimana :

Q_o = Laju Produksi minyak pada keadaan standart, STBO/d.

F_m = Koefisien oil meter. Ditentukan dari kalibrasi oil meter dan umumnya diambil $F_m = 1$.

K = Koreksi volume ke temperatur standart (60°F).

S_{hr} = Faktor penyusutan minyak. Ditentukan dari shrinkage meter.

BSW = Basic sediment and water. Ditentukan dengan centrifuge.

ΔR = Selisih pembacaan oil meter, bbl untuk interval ΔT .

ΔT = Interval waktu alir, jam.

Untuk mengukur minyak bersih memakai meteran arus, maka faktor meteran harus ditetapkan dulu melalui kalibrasi. Jika meteran dengan kompresator temperatur dan gravity otomatis, maka pembacaan sudah dikonversikan untuk volume minyak pada 60°F.

Laju produksi air (Q_w) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_w = \frac{24\Delta R}{\Delta R}$$

Laju produksi gas (Q_g) dihitung berdasarkan pembacaan tekanan, temperatur, gas gravity dan ukuran jepitan atau orifice yang digunakan :

1. Perhitungan melalui jepitan (di kepala sumur) untuk temperatur alir dan gas gravity diketahui :

$$Q_g = \frac{CP}{\sqrt{\gamma_g T}}$$

2. Perhitungan melalui jepitan untuk temperatur alir dan gas gravity tidak diketahui :

$$Q_g = \frac{CP}{18}$$

dimana :

Q_g = laju produksi gas, MSCF/d.

C = Koefisien jepitan.

P = Tekanan masuk, psi.

γ_g = Specific gravity gas.

T = Temperatur alir, $^{\circ}R$ ($T^{\circ}R = 460 + T^{\circ}F$).

3. Perhitungan melalui orifice meter (di separator)

$$Q_g = C^1 \sqrt{h_w P_f}$$

dimana :

Q_g = Laju produksi gas pada kondisi reservoir, cuft/d

C^1 = Konstanta arus orific. Yaitu kapasitas arus dalam cuft/jam pada kondisi reservoir jika pressure extension, $\sqrt{h_w P_f} = 1.0$.

h_w = Beda tekanan, in. Udara.

P_f = Tekanan statik, psi.

Harga C^1 dapat diperoleh dari hasil kali beberapa faktor yang dinyatakan sebagai berikut :

$$C^1 = F_b F_r Y F_{pb} F_{tb} F_{tf} F_g F_{pv} F_m$$

dimana :

F_b = Faktor dasar arus orific.

F_r = Faktor bilangan Reynolds.

$$= 1 + \frac{b}{\sqrt{h_w P_f}}$$

Y = Faktor ekspansi.

F_{pb} = Faktor tekanan dasar sumur.

F_{tb} = Faktor temperatur dasar sumur.

$$= \frac{T_b}{520}$$

T_b = Temperatur dasar sumur absolut.

F_g = Faktor specific gravity gas.

F_{tf} = Faktor temperatur alir gas yang diukur bukan pada 600F.

$$= \frac{520}{T_f}$$

T_f = Temperatur alir absolut sebenarnya.

F_m = Faktor meteran (hanya alat ukur jenis merkuri).

F_{pv} = Faktor superkompresibilitas.

PROSES UTAMA

KEPALA SUMUR (*WELLHEADS*)

Kepala sumur merupakan bagian permukaan pertama yang langsung berhubungan dengan reservoir. Kepala sumur mungkin juga sebuah sumur injeksi, yang digunakan untuk menginjeksikan air atau gas kembali ke reservoir untuk memperbaiki tekanan dan level ke produksi maksimum. Ketika sebuah sumur gas alam atau sumur minyak dibor, dan telah terbukti bahwa bersifat ekonomis dan komersil, sumur harus diberi penyelesaian (*completion*) agar minyak bumi atau gas alam dari formasi bisa menuju permukaan. Proses ini termasuk memperkuat lubang sumur dengan casing, evaluasi tekanan dan suhu pada formasi, lalu memasang peralatan yang dibutuhkan untuk memastikan arus gas alam atau minyak bumi efisien. Arus pada kepala sumur dikendalikan dengan sebuah *chocke*.



Gambar 7 Kepala Sumur (Well Head)

MANIFOLDS/GATHERING

Manifolds/ gathering digunakan untuk mengukur laju produksi setiap sumur produksi. Khusus untuk arus multifasa (kombinasi dari gas, minyak, dan air), perlu perlakuan berbeda. Membutuhkan alat yang berbeda dari arus satu fasa.



Gambar 8. Manifold/Gathering

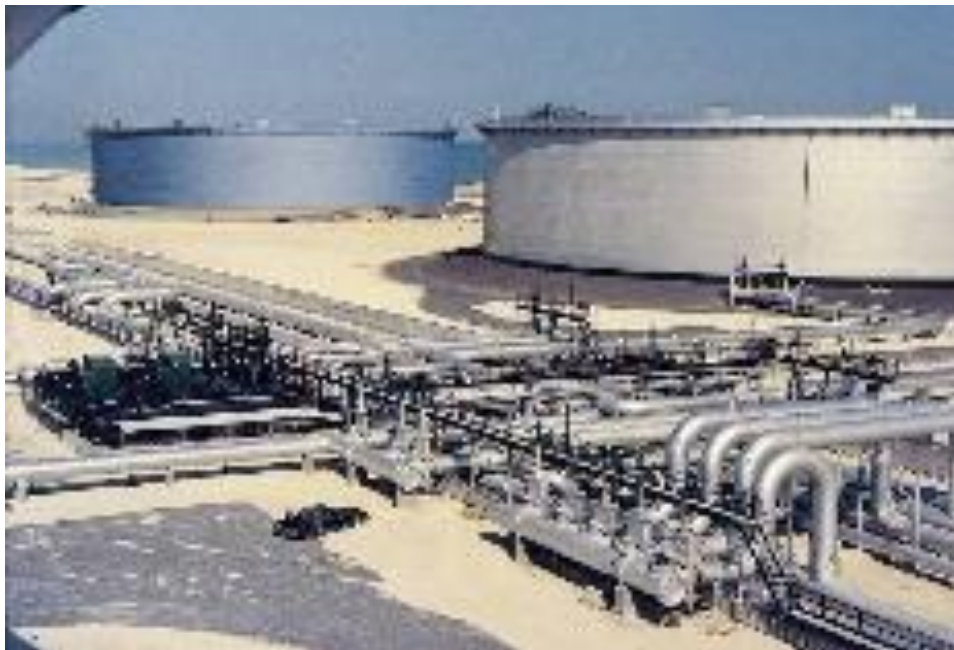
SEPARATION



Gambar 9.

Beberapa sumur memiliki murni produksi gas yang mana dapat langsung dialirkan ke gas treatment dan/atau kompresor. Kebanyakan sumur – sumur memberikan kombinasi dari gas, minyak, air dan juga bermacam kontaminasi yang mana harus dipisahkan dan diproses. Separator memiliki beberapa bentuk dan design tergantung dari yang dibutuhkan.

METERING, STORAGE, DAN EXPORT



Gambar 10



Gambar 11

Beberapa tempat pengumpulan tidak semuanya memiliki tempat penyimpanan untuk gas. Tetapi untuk minyak kebanyakan memiliki tempat penyimpanan (*storage tank*) terutama jika produksi minyak dalam jumlah yang banyak. Metering stations dibuat agar operator bisa memonitor dan memanajemen gas alam dan minyak untuk diekspor.



Gambar 12

Pipeline memiliki ukuran diameter yang beragam, mulai dari 6 inch sampai 48 inch. Untuk memastikan efisiensi operasi dalam pipeline, operator secara rutin melakukan inspeksi apakah terjadi korosi atau penyumbatan.

OPERATION AND PRODUCTION

Departement Operation dan Production bertugas untuk mengontrol fluida yang diproduksi dari sumur ke gathering station (GS) dan memisahkan anantara crude oil, gas ,dan air serta pengotor-pengotor lainnya yang ada dalam fluida agar crude oil yang didapat berkualitas.

Fluida yang diproduksi dari sumur produksi ditampung di stasiun pengumpul (*gathering station*) untuk dilakukan proses pemisahan. Proses pemisahan fluida tersebut meliputi : minyak, air dan gas. Adapun prinsip dasar dari proses pemisahan fluida ini, yaitu :

- Panas (T),
- Tekanan (P)
- Setling Time
- Bahan Kimia (Chemical)

Fluida yang diproduksi dari sumur produksi sebelum masuk ke *gathering station* pada mainline diberikan chemical berupa demulsifier dan reverse demulsifier yang berfungsi untuk memecahkan emulsi pada fluida. Selanjutnya fluida tersebut dipisahkan secara berbeda di stasiun pengumpul minyak. Bagian-bagian dari station pengumpul tersebut, meliputi : *gas boot*, *wash tank*, *shipping tank*, *recycle tank*, *skimming tank*, *balance tank*, *filter unit*, dan lain sebagainya.

Untuk fungsi dari masing-masing tersebut di atas menjadi dua bagian, yakni *Gathering Station* (GS) dan *Enhanced Oil Recovery* (EO)

FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PEMILIHAN METODE PRODUKSI ARTIFICIAL

Untuk memilih salah satu metode *artificial lift* yang tepat untuk suatu sumur ada beberapa factor yang mempengaruhi pemilihan metode *artificial lift*. Adapun factor yang perlu diperhatikan dalam memilih *metode artificial lift*, antara lain :

1. Inflow Performance

Konsep arus fluida masuk ke dalam lubang sumur atau *Inflow Performance* merupakan ulah kerja sumur yang tergantung arus dari reservoir menuju ke lubang sumur. *Inflow Performance* dikontrol oleh karakteristik reservoir seperti tekanan reservoir, produktivitas dan karakteristik fluida.

Inflow Performance sumur biasanya diperlihatkan dalam bentuk produktivitas formasi yaitu besarnya barel minyak atau fluida dari sumur yang dapat diproduksi pada tekanan reservoirnya. Salah satu bentuk produktivitas formasi dapat diperkirakan dengan perhitungan *Productivity index* (PI). *Productivity index* disini hanya merupakan gambaran secara kualitatif mengenai kemampuan suatu sumur untuk memproduksi pada suatu kondisi tertentu. Untuk melihat kelakuan sumur memproduksi, maka harga PI dinyatakan secara grafis, yaitu grafik yang menunjukkan hubungan antara tekanan alir dasar sumur (P_{wf}) dengan laju produksi. Grafik tersebut adalah *Inflow Performance Relationship* (IPR). Dimana dalam pemilihan metode untuk *gas lift* harus memperhatikan *Productivity index* (PI) dari sumur tersebut yang merupakan salah satu persyaratan bahwa untuk *continuous flow* digunakan pada sumur yang mempunyai PI tinggi (> 0.5 B/D/psi) dan P_s tinggi relative terhadap kedalaman sumur sedangkan untuk *intermittent flow gas lift* digunakan pada sumur yang mempunyai PI rendah (< 0.5 B/D/psi) dan P_s rendah.

2. Laju Produksi

Total laju produksi liquid yang dihasilkan adalah control dalam pemilihan metode pengangkatan. Laju produksi yang tinggi akan dibutuhkan

pengangkatan gas lift dan ESP. Yang penting di sini adalah kondisi reservoir itu sendiri, yaitu tekanan yang mengontrol besarnya laju produksi liquid. Batasan besar laju produksi dalam pemilihan metode artificial lift sebagai berikut :

- a. Bila laju produksi > 20000 B/D, maka metode *artificial lift* yang cocok digunakan adalah *ESP*
- b. Bila laju produksi antara $2000 - 10000$ B/D dapat menggunakan semua metode *artificial lift* kecuali *Rod Pump*
- c. Bila laju produksi antara $100 - 1000$ B/D dapat menggunakan semua metode *artificial lift*
- d. Bila laju produksi < 100 B/D, yang digunakan adalah semua metode *artificial lift*, kecuali *ESP*

3. **Water Cut**

Water cut secara langsung mempengaruhi laju produksi total. *Water cut* yang tinggi mempengaruhi *inflow performace* yang sesungguhnya. Air juga menghasilkan penambahan kehilangan tekanan di dalam tubing, akibatnya densitasnya yang lebih besar dari minyak sehingga akan membutuhkan tekanan yang lebih besar untuk mengangkatnya kepermukaan. Menurut Kermit. E Brown yang paling cocok dengan kondisi seperti ini adalah pengangkatan dengan menggunakan *ESP*.

4. **Gas Liquid Ratio (GLR)**

GLR mempengaruhi pemilihan metode *artificial lift*, terutama desain dari mekanisme pengangkatan. Semua metode pengangkatan mengalami penurunan efisiensi dengan bertambahnya GLR, sampai dengan 2000 scf/bbl dapat ditangani oleh semua metode pengangkatan. Sucker rod memiliki efisiensi kira-kira 40% bila GLR di atas 2000 scf/bbl. Pada $2000 - 5000$ scf/bbl, *intermittent flow gas lift* lebih efisien digunakan karena gas keluar sejalan dengan perputaran gas (injeksi gas). Pada *continuous flow gas lift* penambahan gas akan menurunkan tekanan alir dasar sumur (P_{wf}) sehingga menghasilkan efisiensi pengangkatan yang kecil, karena banyaknya gas dalam kolom akan dapat mengakibatkan adanya back pressure karena besarnya P_{wf} tidak dapat mengatasi kehilangan tekanan. Bagaimanapun GLR yang tinggi akan menjadi problem bagi metode pengangkatan buatan.

5. Kedalaman Lubang Bor

Batasan penggunaan metode *artificial lift* terhadap kedalaman lubang bor adalah sebagai berikut :

- a. Bila kedalaman sumur > 12000 ft, maka metode *artificial lift* yang dapat digunakan hanya *Hydraulic Pump*
- b. Bila kedalamannya $10000 - 12000$ ft, maka yang digunakan adalah semua metode *artificial lift*, kecuali *ESP* karena adanya batasan temperatur
- c. Bila kedalamannya < 8000 ft, maka semua metode *artificial lift* dapat digunakan

6. Ukuran Casing dan Tubing

Ukuran casing disini untuk membatasi ukuran tubing. Semua metode *artificial lift* dapat menggunakan tubing 4,5 dan 5,5 in. Pada metode gas lift dengan menggunakan *continuous flow*, tubing 2 in dapat digunakan untuk laju produksi < 1000 B/D, sedangkan untuk laju produksi > 5000 B/D menggunakan casing > 7 in dan tubing $> 3,5$ in. Pada dasarnya semakin kecil ukuran casing semakin kecil pula laju produksi yang dihasilkan. Pipa yang berukuran terlalu kecil akan mengakibatkan *friction loss* yang besar dan mengakibatkan pengurangan efisiensi volumetric dari *gas lift* dan *ESP*.

7. Tipe Kompleksi

Desain *artificial lift* juga tergantung tipe kompleksi, apakah dengan *open hole* atau menggunakan interval perforasi. Pertimbangan utama adalah *inflow performance*.

Pada *open hole*, *caving* dan problem pasir dapat mengurangi *inflow performance*. Pada interval perforasi, penyumbatan lubang perforasi menurunkan *inflow performance*. Dipertimbangkan juga untuk *dual* atau *triple tubing completion*, selain itu dilihat kondisi lapangan. Sebagai contoh apakah tersedia gas atau tidak apabila nantinya metode *artificial lift* yang akan dipasang adalah *gas lift*, bila ada maka tubing dikompleksi dengan menambah *side pocket mandrel* sebagai tempat *valve gas lift*. Bila tidak ada gas, bisa juga menggunakan compressor, tetapi harga sebuah kompresor sangat mahal sehingga perlu diperhitungkan secara matang pemilihan metode *artificial lift* yang akan digunakan.

8. Karakteristik Fluida Reservoir

Karakteristik fluida reservoir yang mempengaruhi cara produksi yaitu viscositas, dan faktor Volume Formasi. Karakteristik ini akan dapat mempengaruhi lolosnya minyak dengan metode pengangkatan buatan.

a. Viscositas

Untuk viscositas minyak yang tinggi biasanya sewaktu diproduksi ikut membawa pasir atau padatan lainnya, sehingga apabila digunakan *plunger fits* (rongga antara plunger dan core barrel) yang kecil maka plunger akan cepat aus. Untuk itu apabila viscositas minyak tinggi maka sebaiknya digunakan *plunger fits* yang besar sehingga efisiensi pompa akan tinggi.

b. Faktor Volume Formasi

Faktor Volume Formasi (FVF) menggambarkan angka barrel dari fluida yang diangkat, yang disesuaikan dengan kondisi di permukaan. Faktor ini harus dipertimbangkan untuk semua metode pengangkatan. Perlu diingat bahwa FVF yang tinggi atau rendah tidak menunjukkan performance yang lebih baik dalam perbandingan antara metode pengangkatan.

9. Temperatur di Dalam Sumur

Temperatur seperti juga tekanan, semakin dalam temperatur semakin besar. Sebuah katup gas lift yang telah diset tekanan buka/tutupnya di permukaan (*work shop*) tekanan settingnya akan berubah pada saat katup tersebut dipasang didalam sumur selama katup tersebut dioperasikan.

Dengan demikian tekanan setting katup tersebut harus diperhitungkan terhadap temperatur di titik kedalaman di mana katup tersebut akan dipasang.

Untuk memperoleh gambaran temperatur pada setiap titik kedalaman di dalam sumur yang diteliti, survey mengenai temperatur sangat disarankan, tetapi apabila hal ini tidak dilaksanakan karena berbagai alasan seperti waktu dan biaya maka dilakukan pendekatan berikut.

Ambil data temperatur dari hasil test produksi pada saat sumur pertama dibor (*pressure build-up test*), kemudian ambil data temperatur di permukaan selama sumur tersebut dioperasikan. Tarik garis dari kedua titik tersebut maka akan diperoleh distribusi temperatur pada setiap kedalaman di dalam sumur

Batasan temperatur untuk metode artificial lift adalah :

1. *Sucker Rod Pump* sangat bagus pada temperatur 550°F
2. *ESP* terbatas pada temperatur < 250°F untuk standar dan < 350°F untuk *ESP* dengan special motor dan kabel
3. *Hydraulic Pump* dapat beroperasi pada temperatur 300°F untuk standar material dan 500°F untuk special material

10. Mekanisme Pendorong

a. Depletion Drive Reservoir

Ketika tekanan reservoir turun, cairan akan mengalir dengan fluida terangkat ke atas permukaan dengan bantuan gas yang terlarut. Tidak adanya *aquifer* atau fluida injeksi untuk membantu mengekspansi fluida (menambah bantuan tenaga pendorong) menjadikan recovery rendah. Pada mula-mulanya metode artificial lift tidak digunakan pada sumur masih “*flowing*”, jika ingin dipasang metode *artificial lift* setelah kompleksi sumur, maka pertimbangan desain harussudah disiapkan. Produksi yang semakin rendah dengan semakin bertambahnya waktu produksi adalah karakteristik *depletion drive*, ditunjukkan dengan penurunan tekanan reservoir yang cepat dan diikuti dengan turunnya laju produksi. Pertimbangan hal ini dapat menentukan metode *artificial lift* yang akan digunakan. Dengan adanya gas, maka metode *gas lift* yang paling dipertimbangkan.

b. Water Drive Reservoir

Water influx atau injeksi air menyebabkan fluida reservoir bergerak/pindah ke lubang bor. Dari adanya *water influx* ini diharapkan recovery lebih besar dari depletion drive dan *water cut* yang semakin besar, *water cut* yang tinggi ditambah dengan optimum pengangkatan yang besar dibandingkan dengan semua mekanisme pendorong yang ada, maka metode *artificial lift* yang akan digunakan dapat diseleksi sesuai dengan keadaan tersebut

c. Gas Cap Drive Reservoir

Pada reservoir dua fasa, fasa gas berasal dari gas cap dan liquid berasal dari oil zone. Perpindahan minyak dari formasi ke lubang bor adalah dari ekspansi *gas cap*. Perubahan GOR terhadap produksi mempengaruhi pemilihan metode *artificial lift* yang akan digunakan.

Dengan adanya gas, maka metode *gas lift* lebih diperhitungkan karena metode gas lift paling toleransi terhadap gas.

11. Kondisi Permukaan

Ada beberapa factor dipermukaan yang dapat mempengaruhi dalam pemilihan cara produksi, seperti fasilitas permukaan (peralatan), tempat dan penyediaan sumber tenaga (*power source*) untuk pengangkatan buatan.

Fasilitas peralatan di permukaan akibat adanya *surface choke*, *flow line* dan separator yang secara langsung dapat mempengaruhi pengangkatan fluida reservoir ke permukaan. Peralatan di permukaan ini dapat mempengaruhi kehilangan tekanan sehingga dalam memilih metode produksi selalu berhubungan dengan tekanan di permukaan, hal ini dapat terlihat pada perencanaan metode produksi dimana akan selalu memperhitungkan *beam (choke) performance* dan *horizontal flow*.

Pada suatu lapangan minyak lepas pantai (*offshore*) ada hal yang perlu dipertimbangkan, karena pada *offshore* mempunyai tempat yang terbatas dan merupakan daerah yang sering menimbulkan korosi. Pada umumnya cara yang digunakan adalah metode produksi yang prinsipnya mempunyai sedikit peralatan yang ada di permukaan, dan biasanya digunakan untuk kondisi lubang sumur yang miring. Yang dimaksud dengan sedikit peralatan di permukaan adalah termasuk peralatan distribusi pipa, peralatan untuk penyediaan sumber tenaga atau *power source*. Sedangkan untuk lapangan minyak di darat biasanya problem (kesulitan) ini pengaruhnya kecil, kecuali pada daerah khusus seperti adanya daerah terpencil dan banyak H_2S .

12. Problem Operasi Produksi

Problem operasi yang sering dijumpai dalam memproduksi suatu sumur yaitu problem pasir, *paraffin*, *scale*, korosi, BHT dan iklim.

Untuk problem pasir (*unconsolidated*) dimana dengan adanya arus produksi maka pasir-pasir tersebut akan terikut arus. Apabila digunakan metode pompa maka pasir-pasir ini akan mengakibatkan goresan-goresan yang tajam pada plunger pompa sehingga akan mengakibatkan kerusakan dan efisiensi pompa menurun.

Untuk minyak jenis *paraffin* dimana titik tuangnya adalah tinggi maka dengan adanya penurunan temperatur sepanjang arus akan mengakibatkan minyak tersebut membeku, sehingga akan dapat menyumbat arus minyak di dalam pipa. Jika penyumbatan terjadi di *tubing string*, *wellhead* atau *flowline* akan menyebabkan backpressure sehingga akan mengurangi efisiensi, maka pembersihan dan pencegahan sangat dibutuhkan. *Sucker rod pumping* lebih menguntungkan daripada metode yang lain karena rods akan terus-menerus membersihkan *paraffin* (*scraping action*). *High-temperature fluids* dan *inhibitor* dapat disirkulasikan pada *hydraulic system*. *Plunger* menjalankan secara otomatis *paraffin scrapers* (pembersihan *paraffin*)

Adanya air yang terproduksi dapat mengakibatkan terjadinya endapan (*scale*) dan korosi. *Scale* adalah senyawa dalam bentuk padatan sebagai hasil reaksi antara ion-ion tertentu yang terjadi dalam suatu system larutan. Pada prinsipnya *scale* akan terjadi apabila air mengandung ion-ion yang mampu membentuk senyawa yang kelarutannya terbatas atau terjadi perubahan kondisi atau komposisi air yang bisa memperkecil larutan senyawa. Senyawa tersebut bisa membentuk system suspensi dengan air dan akan membentuk sumbatan-sumbatan pada beberapa tempat, atau senyawa itu bisa melekat pada pipa. Macam-macam *scale* yang berat adalah senyawa CaSO_4 , BaSO_4 dan senyawa Fe. Kebanyakan *scale* yang mengandung Fe adalah hasil korosi. Pengendapan *scale* akan mengurangi ID dari tubing sehingga akan mengurangi efisiensi. Pencegahannya dengan bahan kimia additive dapat memberikan umur pompa yang lebih panjang dan dapat memelihara tubing. *Plungers* akan menjaga tubing tetap bersih.

Korosi dapat disebabkan oleh electrolysis antara tipe metal yang berbeda, H_2S atau CO_2 yang terkandung dalam fluida produksi, salinitas yang tinggi atau saturasi air asin atau proses oksidasi dari metal. Kasus gas lift dengan corrosive gas dapat di atasi dengan menginjeksikan *gas dehydrated*.

Kondisi iklim permukaan yang sangat berbeda akan mempengaruhi pemilihan peralatan pengangkatan. Iklim yang sangat panas menyebabkan masalah kelebihan panas pada peralatan permukaan dan fasilitas pendingin harus disediakan. Iklim yang sangat dingin menyebabkan masalah pembekuan untuk bahan bakar sehingga isolasi dan pemanasan sangat

dibutuhkan. Juga untuk daerah yang mempunyai angin kencang dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan dan debu atau kabut dapat menyebabkan masalah operasional.

13. Ekonomi

Dalam pemilihan metode produksi hendaknya perlu dipertimbangkan faktor ekonomi yang menyangkut nilai ekonomis dari penggunaan metode produksi yang akan digunakan, baik secara konvensional maupun mekanik serta bahan dan peralatan pendukungnya. Hal ini penting karena menyangkut banyaknya yang akan dikeluarkan untuk mengusahakan pengangkatan buatan pada sumur yang sudah tidak dapat mengalirkan minyak secara alamiah, sehingga penekanan biaya perlu diperhitungkan agar didapatkan hasil yang

diharapkan. Adapun hasil yang diharapkan adalah dapat memperoleh minyak seoptimal mungkin dengan biaya artificial lift yang rendah. Oleh karena itu ada faktor-faktor yang perlu diperhatikan agar dapat menyesuaikan penggunaan metode produksi yang tepat pada sumur yang akan dilakukan artificial lift. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan tersebut adalah :

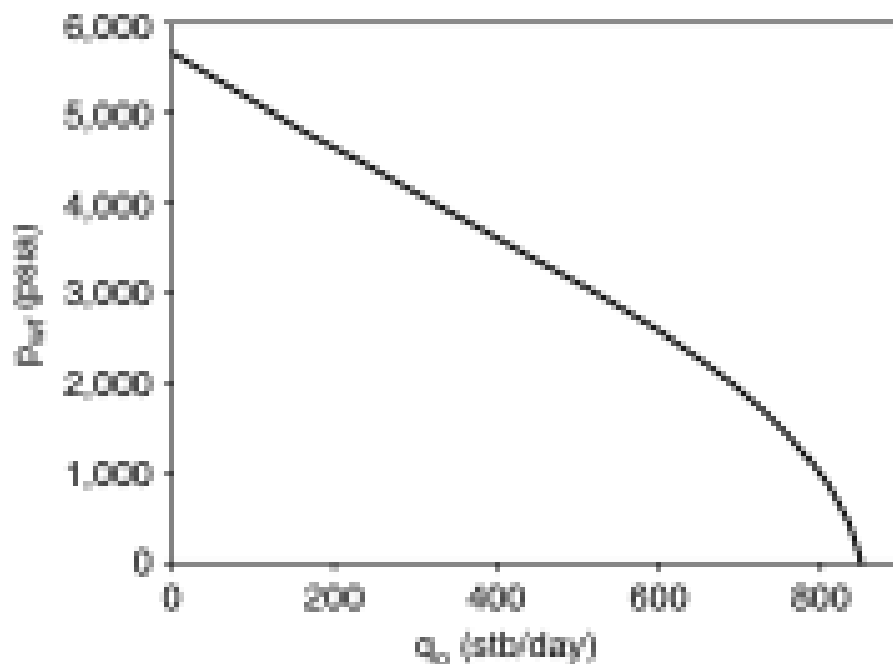
1. *Initial capital investment*
2. Biaya operasi per bulan atau indicator pemasukan
3. Umur peralatan
4. Banyak sumur yang akan digunakan metode *artificial lift*
5. Tersedianya cadangan peralatan
6. Umur sumur

SURFACE FACILITY

Surface facility adalah semua peralatan dipermukaan yang digunakan untuk memfasilitasi fluida yang diproduksi dari sumur produksi sampai ke Gathering Station (GS) dan diproses antara fluida air,minyak,dan gas hingga air diinjeksikan kembali ke bawah permukaan (EOR).

1. Inflow Performance

Inflow performance adalah arus air, minyak dan gas dari formasi menuju kedalam sumur (dasar sumur), yang di pengaruhi oleh productivity index-nya atau lebih umum disebut Inflow Performance Relationship (IPR).IPR digunakan untuk mengevaluasi reservoir deliverability. Kurva IPR adalah tampilan grafik dari hubungan antara tekanan bawah sumur (P_{wf}) dan laju produksi liquid. Contoh dari kurva IPR bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



GambarContoh Inflow Performance Relationship (IPR)

PI atau J adalah angka yang akan menentukan potential formasi yang bersang kutan, dimana angka tersebut didapat dari persamaan berikut :

$$PI = q/(P_s - P_{wf})$$

Dimana :

PI = productivity index, bbl/day psi

q = laju produksi, bbl/day

P_{wf} = tekananalirdasarsumur, psi

P_s = tekananstatik reservoir, psi

Untuk menentukan harga PI secara langsung adalah sewaktu sumur tersebut flowing. Kemudian dicatat harga Pwf dan q sumur tersebut. Dari pressure build-up curve dapat ditentukan tekanan static reservoir (Ps).

Cara menghitung produksi sumur :

$$BFPD = \frac{\text{jumlah fluida yang terdeteksi}}{\text{lama test}} \times 1440$$

Dan

$$BOPD = BFPD \times \text{Water Cut}$$

Sifat fluida bisa berubah tergantung dari tekanan dan suhu pada sistem produksi minyak dan gas. Untuk melakukan simulasi pada sistem, sangatlah penting untuk membagi sistem menjadi beberapa titik yang memisahkan sistem untuk setiap elemen – elemen. Analisa sistem untuk menentukan laju produksi fluida dan tekanan pada titik yang spesifik disebut dengan Analisa Nodal.

Untuk memperoleh laju produksi optimum dapat diperoleh dengan cara memvariasikan ukuran tubing, pipa salur, jepitan dan tekanan kerja separator. Pengaruh kelakuan arus fluida di masing-masing komponen terhadap sistem sumur secara keseluruhan akan dianalisa dengan menggunakan Analisa Sistem Nodal. Ada 6 komponen yang menghubungkan antara formasi produktif dengan separator, keenam komponen ini berpengaruh terhadap laju produksi sumur yang akan dihasilkan.

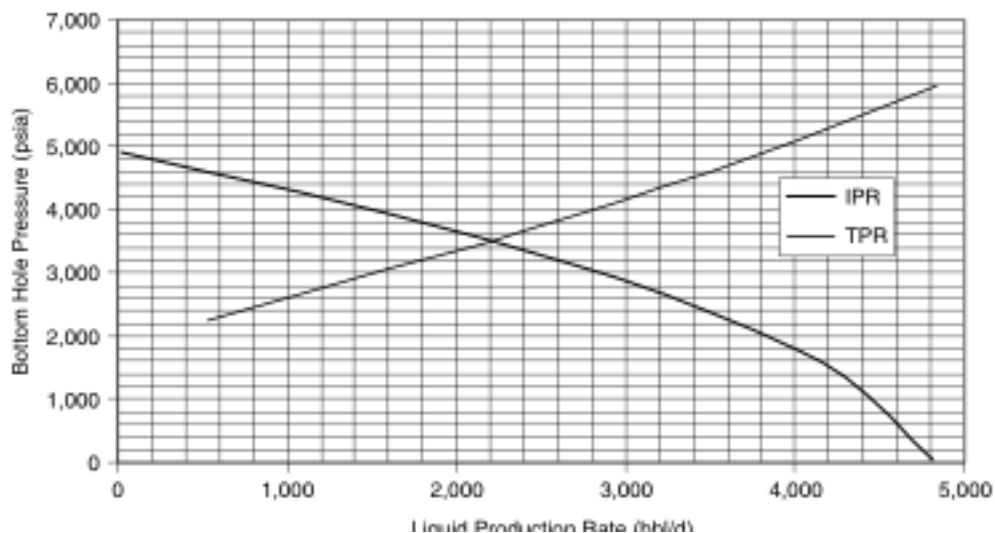
Keenam komponen ini adalah :

1. Komponen formasi produktif/reservoir.
2. Komponen kompleks
3. Komponen tubing
4. Komponen pipa salur ("*flowline*")
5. Komponen restriksi (jepitan)
6. Komponen separator

Nodal merupakan titik dua pertemuan antara 2 komponen, dimana titik pertemuan tersebut secara fisik akan terjadi keseimbangan, dalam bentuk keseimbangan massa ataupun keseimbangan tekanan. Hal ini berarti bahwa massa fluida yang keluar dari suatu komponen akan sama dengan masa fluida yang masuk ke dalam komponen berikutnya yang akan saling berhubungan atau tekanan di ujung suatu komponen akan sama dengan tekanan di ujung komponen yang lain yang berhubungan. Sesuai dengan Gambar 1, dalam sistem sumur produksi dapat ditemukan 4 titik nodal, yaitu :

1. Titik Nodal di dasar sumur

Ketika titik di bawah sumur digunakan sebagai titik solusi dalam analisa nodal, arus masuk merupakan IPR dan arus keluar merupakan Tubing Performance Relationship (TPR). Titik nodal ini merupakan pertemuan antara kompoenen formasi produktif/reservoir dengan komponen tubing apabila kompleksi sumur adalah *open hole* atau titik pertemuan antara komponen tubing dengan kompleksi apabila sumur diperforasi/dipasangi *gravel pack* . Umumnya, analisa nodal pada dasar sumur ditentukan dari plotting kueva IPR dan TPR dan pertemuan antara dua garis itu merupakan jawabannya.



Gambar 14.

2. Titik Nodal di kepala sumur

Titik nodal ini merupakan titik pertemuan antara komponen tubing dan komponen pipa salur dalam hal ini sumur tidak dilengkapi dengan jepitan atau

merupakan titik pertemuan antara komponen tubing dengan komponen jepitan apabila sumur dilengkapi dengan jepitan

3. Titik Nodal di Separator

Pertemuan komponen pipa salur dengan komponen separator merupakan suatu titik nodal.

4. Titik Nodal di “Upstream/Downstream” Jepitan

Sesuai dengan letak jepitan, titik nodal ini dapat merupakan pertemuan antara komponen jepitan dengan komponen tubing, apabila jepitan dipasang di tubing sebagai “*safety valve*” atau merupakan pertemuan antara komponen tubing dipermukaan dengan komponen jepitan, apabila jepitan dipasang di kepala sumur.

Analisa sistem nodal dilakukan dengan membuat diagram tekanan-laju produksi, yang merupakan grafik yang menghubungkan antara perubahan tekanan dan laju produksi untuk setiap komponen.

Hubungan antara tekanan dan laju produksi di ujung setiap komponen untuk sistem sumur secara keseluruhan, pada dasarnya merupakan kelakuan arus di :

1. Media berpori menuju dasar sumur, yangmana kelakuan arus akan berpengaruh.
2. Pipa tegak/tubing dan pipa datar/horisontal.
3. Jepitan

Analisa sistem nodal terhadap suatu sumur, diperlukan untuk tujuan :

1. Meneliti kelakuan aliran fluida reservoir di setiap komponen sistem sumur untuk menentukan pengaruh masing-masing komponen tersebut terhadap sistem sumur secara keseluruhan.
2. Menggabungkan kelakuan arus fluida reservoir di seluruh komponen sehingga dapat diperkirakan laju produksi sumur.

Untuk menganalisa pengaruh suatu komponen terhadap sistem sumur secara keseluruhan, dipilih titik nodal terdekat dengan komponen tersebut. Sebagai contoh apabila ingin mengetahui pengaruh ukuran jepitan terhadap laju produksi sumur, maka dipilih titik nodal di kepala sumur atau apabila ingin diketahui pengaruh jumlah lubang perforasi terhadap produksi maka dipilih titik nodal di dasar sumur.

Perencanaan sistem sumur produksi ataupun perkiraan laju produksi dari sistem sumur yang telah ada dengan menggunakan Analisa Sistem Nodal ini sangat tergantung dari ketelitian dan tepatnya pemilihan korelasi/metoda kelakuan arus fluida reservoir yang digunakan dalam analisa. Penyelesaian Analisa Sistem Nodal ini selain disesuaikan dengan komputer juga dapat diselesaikan dengan kurva-kurva "*Pressure Traverse*", asalkan kurva-kurva yang digunakan dibuat khusus untuk lapangan berdasarkan korelasi yang dipilih.

2. Vertical Lift

Merupakan studi mengenai kehilangan tekanan (pressure loss) sepanjang pipa vertikal yang disebabkan oleh adanya gesekan antar dinding pipa dengan fluida yang mengalir.

3. Bean Performance

Merupakan studi mengenai pressure loss yang terjadi pada arus fluida reservoir pada saat melalui suatu pipa yang diameternya diperkecil pada suatu tempat saja, kemudian fluida akan mengalir kembali melalui pipa dengan diameter semula.

Pemilihan ukuran bean/choke di lapangan dimaksudkan agar tekanan down-stream di dalam flow line yang disebabkan oleh tekanan separator tidak berpengaruh terhadap tekanan kepala sumur (THP) dan kelakuan produksi sumur. Tekanan kepala sumur atau tubing sedikitnya dua kali lebih besar dari tekanan flow line.

4. Artificial Lift

Artificial lift adalah metoda yang dipakai untuk memproduksi minyak mentah dari sebuah sumur setelah tekanan yang tersedia secara alami dalam sumur itu tidak mampu lagi untuk mengangkat minyak kepermukaan.

Adapun jenis artificial lift yang umum dipakai di lapangan antara lain :

- Sucker Rod Pump (SRP)
- Progressive Cavity Pump (PCP)
- Hydraulic Pumping Unit (HPU)
- Electric Submersible Pump (ESP)

Produktifitas formasi

Produktifitas formasi merupakan kemampuan formasi untuk memproduksi fluida yang terkandung didalam reservoir pada tekanan tertentu, yang biasanya dinyatakan dengan Produktivity Index (PI).

Produktivity Index (PI) merupakan indeks yang digunakan untuk menyatakan kemampuan suatu sumur untuk memproduksi pada kondisi tekanan tertentu, yaitu merupakan perbandingan antara laju produksi yang dihasilkan suatu sumur terhadap pressure draw down ($P_s - P_{wf}$). Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$PI = \frac{q}{(P_s - P_{wf})}$$

Sedangkan harga q dalam satuan lapangan dapat didekati dengan persamaan Darcy, untuk arus radial adalah :

$$q = \frac{0.007082 \ k \ h \ (P_s - P_{wf})}{\mu_o \ B_o \ \ln (r_e - r_w)}$$

Apabila harga q diatas dimasukkan kedalam persamaan (3-1), maka diperoleh persamaan PI dalam bentuk lain, yaitu :

$$PI = \frac{0.007082 \ k \ h}{\mu_o \ B_o \ \ln (r_e - r_w)}$$

Keterangan :

- q = laju produksi, BPD
- P_s = tekanan statik reservoir, Psi
- P_{wf} = tekanan alir dasar sumur, Psi
- k = permeabilitas, mD
- μ_o = viscositas minyak, cp
- B_o = faktor volume formasi, STB/BBL
- r_w = jari-jari sumur, ft
- r_e = jari-jari pengurasan, ft

Produktivity Index yang diperoleh secara langsung maupun secara teoritis hanya merupakan gambaran secara kualitatif mengenai kemampuan suatu sumur untuk memproduksi. Dalam kaitannya dengan perencanaan suatu sumur ataupun dengan melihat kelakuan suatu sumur untuk memproduksi, maka harga PI

dapat dinyatakan dalam bentuk grafis yang disebut dengan inflow performance relationship (IPR). Mengingat sumur-sumur berproduksi dengan kadar air cukup tinggi, maka kadar air haruslah dipertimbangkan dalam pembuatan kurva IPR tersebut.

Metode pembuatan kurva IPR dengan memperhitungkan kadar air ini dikembangkan oleh Pudjo Sukarno dengan anggapan bahwa :

- faktor skin = 0
- gas, minyak dan air berada dalam satu lapisan dan mengalir bersama-sama secara radial.

Berdasarkan analisa regresi yang diberikan oleh Pudjo Sukarno, maka persamaan yang dipergunakan untuk pembuatan kurva IPR arus tiga fasa adalah :

$$\frac{q_o}{q_{\max}} = A_0 + A_1 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right) + A_2 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right)^2$$

A_n ($n = 0, 1$ dan 2) adalah konstanta persamaan yang harganya berbeda untuk water cut yang berbeda. Hubungan antara konstanta tersebut dengan water cut ditentukan pula secara analisa regresi dan diperoleh persamaan :

$$A_n = C_0 + C_1 (\text{water cut}) + C_2 (\text{water cut})^2$$

Harga C_n ($n = 0, 1$ dan 2) untuk masing-masing harga A_n dapat dilihat pada Tabel III-1.

Tabel III-1

Konstanta C_n Untuk Setiap Harga A_n

A_n	C_0	C_1	C_2
A_0	0,970321	$-0,115661 \times 10^{-1}$	$0,179050 \times 10^{-4}$
A_1	-0,414360	$0,392799 \times 10^{-2}$	$0,237075 \times 10^{-5}$

A ₂	-0,564870	0,762080 x 10 ⁻²	-0,202079 x 10 ⁻⁴
----------------	-----------	-----------------------------	------------------------------

Besarnya water cut dalam memproduksi minyak akan berubah sesuai dengan perubahan tekanan alir dasar sumur pada suatu harga tekanan reservoir, maka perlu dibuat suatu hubungan antara tekanan alir dasar sumur dengan water cut. Hubungan ini dinyatakan sebagai P_{wf}/P_r terhadap water cut $WC/(WC @ P_{wf} \approx P_r)$, harga ini ditentukan dengan simulator. Persamaan yang diperoleh dengan analisa regresi adalah :

$$\frac{WC}{WC @ P_{wf} \approx P_r} = P_1 \text{ Exp } P_2 \left(\frac{P_{wf}}{P_r} \right)$$

harga P_1 dan P_2 pada persamaan (3-6) tergantung dari harga water cutnya, dan dari hasil analisa regresi di peroleh :

$$P_1 = 1,02074 - 0,130447 \ln (WC)$$

$$P_2 = -0.02133 + 0,110604 \ln (WC)$$

Sedangkan harga water cut dalam rumus tersebut dinyatakan dalam persen (%).

Screening criteria (pemilihan Pompa)

Ada beberapa kriteria umum yang perlu diperhatikan dalam penggunaan pompa yang disesuaikan dengan kondisi sumurnya, yaitu :

- 1. PCP (Progressive cavity pump) :** Sangat cocok untuk high viscosity oil (kental), tidak bising, maximum head capacity 9800 feet, maximum pump capacity 3750 BPD, cocok untuk directional well.
- 2. ESP (electrical submersible pump) :** Untuk sumur yang dalam minimal 3000 ft, untuk sumur dengan produksi yang besar, untuk laju alir reservoir tinggi, untuk sumur yang kepasiran pompa ini tidak dapat digunakan.
- 3. Sucker rod pump (SRP) :** Bisa digunakan pada sumur dangkal dengan tingkat kepasiran tinggi dengan kedalaman pompa mulai dari 600 ft sampai dengan 3000 ft. Tipe pompa ini sangat banyak digunakan oleh industri perminyakan karena biaya operasionalnya relatif murah serta fleksibel terhadap laju produksi dan mudah dipindahkan dari lokasi satu ke lokasi lainnya. untuk sumur dengan kemiringan besar pompa angguk tidak dapat digunakan. Kemampuan pompa angguk dalam mengatasi problem sumur adalah :

- pasir : sedang
- Parafin : buruk
- scale : baik
- korosi : baik
- Emulsi : baik

Pompa angguk mempunyai fleksibilitas yang besar untuk mengubah laju produksi dan mudah dalam pengoperasiannya.

a). Sucker Rod Pump (SRP)

Teknologi Pompa Air mulai berkembang di China sekitar 400 BC, dan di Mesir 476 BC. Pada zaman Romawi (Abad 1) Sumur air menggunakan sejenis pompa angguk. SRP disebut juga dengan *beam pumping*, karena menggunakan energi mekanik untuk mengangkat fluida ke permukaan. Dua per tiga sumur-sumur minyak/air di dunia menggunakan SRP, terutama di lapangan dangkal dan juga 85% dari 90% sumur minyak di USA menggunakan SRP.

Sucker rod pump merupakan salah satu metoda pengangkatan buatan, dimana untuk mengangkat minyak ke permukaan digunakan pompa dengan tangkai pompa (rod). Pompa ini digunakan pada sumur-sumur dengan viskositas rendah – medium, tidak ada problem kepasiran, GOR tinggi, sumur-sumur lurus dan fluid level tinggi.

SRP dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan letak titik pusat putaran pada walking beam, yaitu:

1. Di tengah : *Conventional*
2. Di ujung depan : *Mark II*
3. Di ujung belakang : *Air balanced*

Untuk lapangan Langgak, SRP atau yang lebih dikenal dengan *Tubing Pump* berjenis convential, yaitu SRP dengan letak titik pusat putaran pada *walking beam* di tengah.

Bagian – bagian dari Sucker Rod Pump yaitu :

- **Driver**

Sebuah motor listrik atau reciprocating engine yang dipakai untuk menggerakkan Pumping Unit.

- ***Gear Reducer***

Alat untuk menurunkan putaran dari motor atau engine sesuai dengan kebutuhan.

- ***Crank***

Crank disambungkan pada sumbu putaran rendah yang keluar dari gear box yang berputar 360°. Lobang yang sebelah luar dari crank disambungkan ke pitman. Kalau counter weight dibutuhkan oleh pumping unit, maka ia dapat dipasang pada crank.

- ***Pitman***

Pitman dipasang untuk menghubungkan crank dengan walking beam dan berfungsi untuk merubah gerakan berpiutar dari gear box menjadi gerakan turun naik pada walking beam.

Panjang stroke pemompaan (SL) pada setiap pumping unit dirubah dengan memindahkan sambungan pitman pada lobang yang ada pada crank. Bila sambungan dirubah kearah sumbu gear box (inboard) maka stroke length menjadi lebih pendek sedangkan kalau menjauhi sumbu gear box (outboard) maka stroke length menjadi lebih panjang.

- ***Walking Beam***

Walking beam bergerak keatas dan kebawah dan ditopang oleh samson post dan saddle bearing.

- ***Horse Head***

Horse head dipasang pada walking beam dengan memakai engsel sling. Horse head disambung ke polish rod agar polish rod dapat bergerak keatas dan kebawah mengikuti gerak dari walking beam.

- ***Carrier Bar atau Hanger***

Polish rod masuk kedalam carrier bar dan diatasnya dipasang clamp sehingga carrier bar melalui wire line atau sling yang dibahagian atas disambungkan ke horse head dan dapat mengangkat dan menghantar polish rod keatas dan kebawah.

- **Counter Weight**

Pada crank pumping unit, counter weight di pasang pd crank. Sedangkan pd beam balance pumping unit, counter weight di pasang pd ujung belakang walking beam. Counter weight berfungsi untuk menyamakan muatan motor penggerak di waktu upstroke dan downstroke, dan memperkecil horse power yang di butuhkan oleh motor.

- **Brake (Rem)**

Berfungsi untuk mengatur posisi horse head, jika pumpin unit harus dimatikan untuk keperluan perbaikan pada well atau pada pumping unit itu sendiri.

Cara kerja :

- a) Sumber tenaga putaran datang dari Prime Mover (power Sources) yang dihubungkan ke Gear Box, menghasilkan putaran pada Crank. Kemudian Pitman merubah gerakan berputar pada Crank menjadi gerakan turun naik pada Walking Beam.
- b) Gerakan turun naik ini melalui bridle dihubungkan ke Polyshe Rod.
- c) Polyshe Rod bersama rangkaian Sucker Rod akan menggerakkan plunger turun naik
- d) Gerakan travelling valve akan mengaktifkan standing valve (upstroke & downstroke)
- e) Pada saat upstroke, standing valve terbuka dan travelling valve tertutup, pada saat itu fluida akan memasuki lower pump barrel (terjadi perbedaan tekanan)
- f) Pada saat downstroke, standing valve akan tertutup dan travelling valve akan terbuka sehingga fluida yang terperangkap akan bergerak maju ke upper pump barrel.
- g) Proses ini akan berkelanjutan sampai pipa akan penuh berisi fluida dan akan bergerak menuju ke permukaan

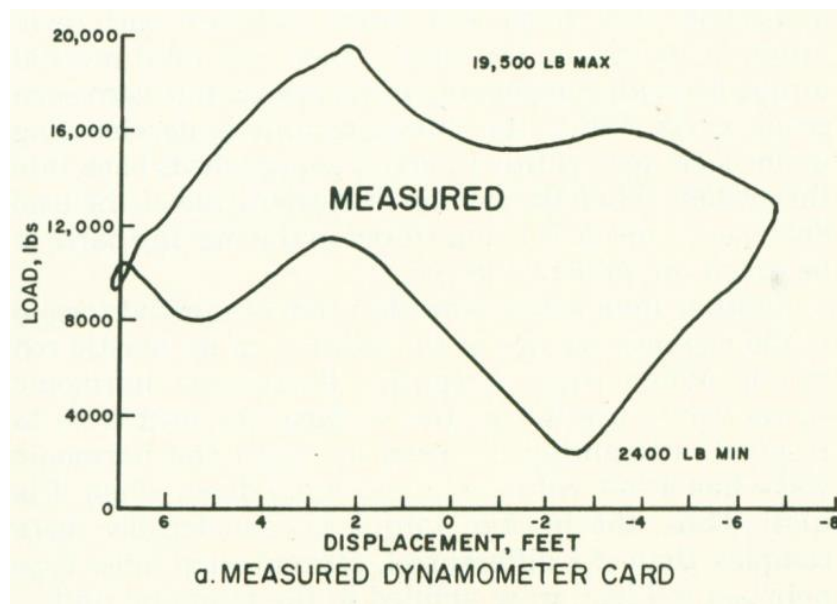
Note :

1. Kecepatan fluida memasuki barrel tergantung pengaturan “Stroke Per Menit” (SPM) dari pumping unit.

2. Panjang langkah travelling valve ditentukan oleh “Stroke Length” (SL) pumping unit.

Beban yang di angkat oleh SRP dapat diukur dengan menggunakan alat pengukur beban yang disebut *Dynamometer*. *Dynamometer* digunakan dengan cara mengukur beban pada *polished rod* yang sesuai dengan gerakan *polished rod*. *Dynamometer* secara siklis mengukur karakteristik beban pompa *sucker rod* dalam selang waktu tertentu. Hasil pengukuran beban tersebut menentukan karakteristik *pumping unit* secara keseluruhan untuk selang waktu tertentu yang akan datang.

Kartu catatan pengukuran beban dari *Dynamometer* disebut *Dynamometer Card*. *Dynamometer Card* disebut juga sebagai *Dynagraph*.



Gambar 15

b). *Progressing Cavity Pump (PCP)*

PCP merupakan suatu metoda artificial lift sistem yang digunakan untuk memompakan minyak ke permukaan dengan memanfaatkan ulir dari pompa.

Rangkaian pompa ulir terdiri dari dua bagian utama :

- **Rangkaian dalam sumur (Subsurface Equipment)**
 - Rotor

- Stator
- Gas anchor
- Sucker rods

➤ **Rangkaian dipermukaan (Surface Equipment)**

- Motor penggerak (prime mover)
- Roda gigi penggerak
- Alat penahan putaran balik dari pompa

Stator dihubungkan dengan ujung bawah tubing dan rotor dihubungkan dengan sucker rod sebagai bagian yang berputar didalam tubing. Rotor dimasukkan kedalam stator, apabila rotor berputar maka kavitas yang terbentuk dalam stator akan menghisap fluida dan selanjutnya mendorong kepermukaan. Rangkaian permukaan berfungsi sebagai penggerak. Motor penggerak yang berputar akan memutar sucker rod dan rotor sehingga proses pengangkatan terjadi.

Keuntungan penggunaan PCP

- PCP hanya memerlukan daya sebesar 30 % daya yang diperlukan oleh ESP untuk sumur yang sama.
- Biaya perawatan sumur yang murah.

Karena pekerjaan ulang (service) cukup menggunakan crane yang berkapasitas 15 ton untuk mengangkat peralatan bawah permukaan jika terjadi kerusakan atau untuk penggantian. Sedangkan peralatan dipermukaan kecil kemungkinan untuk rusak.

- Efisiensi volumetris pompa ulir dapat mencapai 90% dan kapasitas pemompaan tersebut dapat bervariasi dengan mengubah kecepatan laju putaran pompa sesuai kemampuan produksi reservoir
- Laju arus dari pompa ulir tersebut tidak terpengaruh oleh tekanan pipa alir
- Dapat mengangkat fluida yang berpasir
- Bagian penggerak utama, termasuk motor terdapat di permukaan sehingga kemungkinan rusak karena kondisi sumur sangat kecil. Untuk perbaikan pada rangkaian ini, perangkat perawatan sumur tidak diperlukan

- Dapat melakukan sirkulasi melalui pipa produksi setelah rotor diangkat keluar dari stator
- Jumlah suku cadang lebih sedikit

Kelemahan Penggunaan PCP

1. Sumur produksi sebaiknya vertical well
2. Kedalaman sumur maksimal 4000 ft
3. Kapasitas produksi maksimum 2000 BFPD
4. Usia stator dapat mencapai 2 tahun
5. Tidak dapat digunakan untuk sumur aromatik (kadar H₂S yang tinggi)

Proses pemasangan PCP adalah sebagai berikut :

1. Sambungkan stator pada ujung pipa produksi yang paling bawah, kemudian diturunkan sampai pada kedalaman sumur yang dikehendaki. Apabila sumur mengandung gas, maka gas anchor dapat dihubungkan pada ujung bawah stator. Setelah tubing terpasang dalam sumur dan digantungkan pada tubing hanger (dengan menggunakan rig)
2. Pekerjaan selanjutnya adalah memasukkan sucker rod kedalam sumur dengan menggunakan crane. Ujung terbawah sucker rod disambungkan dengan rotor, kemudian dimasukkan kedalam tubing sampai rotor menyentuh pin penahan pada stator. Lenturan sucker rod harus diperhatikan agar sucker rod tidak tertekuk didalam tubing. Untuk operasi yang baik, setelah duduknya rotor pada pin penahan, sucker rod perlu diangkat setinggi 1 ft.
3. Langkah selanjutnya adalah memasang rangkaian permukaan (motor penggerak dan sebagainya)
4. Pasang pulley yang berukuran sesuai dengan kecepatan putar yang dikehendaki untuk mencapai laju produksi yang diinginkan
5. Setelah semuanya komplet, maka pompa siap untuk dioperasikan.

Pemeliharaan rangkaian PCP antara lain :

- ❖ Pemberian grease pada bagian tertentu dirangkaian permukaan seperti roda penggerak dan bagian – bagian lainnya yang dianggap perlu
- ❖ Penambahan minyak pelumas pada gear box

- ❖ Penyetelan seal O – ring pada stuffing box agar tidak terjadi kebocoran dengan mengencangkan baut stuffing box untuk memampatkan seal O – ring
- ❖ Menjaga agar V – belt tidak kendur dan perlu penggantian secara berkala.



Gambar..... PCP

c). *Hydraulic Pumping Unit (HPU)*

Hydraulic pumping unit adalah salah satu pompa yang dipakai untuk memompakan minyak mentah dari dalam sumur bila tenaga reservoir yang tersedia tidak mampu lagi untuk mengangkat minyak mentah kepermukaan. Hydraulic pumping unit terdiri dari Surface Components dan Subsurface Components.

Prinsipnya adalah power fluid dengan bantuan fluida tersebut dapat menggerakkan piston dan piston menggerakkan pompa, disebut juga Hydraulic Piston Pump. Bila power fluid tersebut dipakai untuk mempercepat produksi dengan sistem nozzle, disebut Jet Pumping.

➤ ***Basic Surface Components, terdiri dari :***

- Well head control assembly

- Power fluid manifold
- Surface power unit
- Gas boot
- Power fluid tank

➤ ***Subsurface components***

Terdiri dari kombinasi hydraulic engine dan reciprocating pump. Engine piston disambung langsung dengan pump piston melalui packed – off rod. Engine berfungsi untuk mengubah arus power fluid menjadi gerakan turun naik. Pompa mengubah piston yang bergerak untuk memompa production fluid. Penggunaan power fluid dapat secara tertutup yang artinya power fluid tidak tercampur dengan production fluid. Secara terbuka yaitu power fluid bercampur dengan production fluid.



GambarUnit HPU

e). Electric Submersible Pump (ESP)

Electric submersible Pump adalah pompa centrifugal yang terdiri dari beberapa stages. Satu stages terdiri dari satu impeller yang bergerak (stator) dan satu diffuser (rotor). Type dan stages dari pompa ini akan menentukan banyaknya fluida yang dapat di produksi. Electric submersible pump digunakan

pada sumur-sumur yang dalam dan dapat memberikan laju produksi yang besar. Selain untuk sumur produksi, ESP juga dapat untuk proyek-proyek water flooding dan pressure maintenance, dimana ESP dipasang pada sumur-sumur injeksi. Selain dari itu dapat juga digunakan pada sumur-sumur yang tidak menggunakan tubing (tubingless completion) dan produksi dilakukan melalui casing. Pada umumnya pompa jenis ini digunakan pada sumur-sumur artificial lift dengan produksi besar dan GOR rendah.

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 di permukaan dengan perantara kabel listrik yang di-clamp pada tubing dengan jarak 15 hingga 20 ft.

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.

Komponen utama ESP yaitu :

a. Komponen Diatas Permukaan

Electrical Submersible Pump unit yang berada diatas permukaan diartikan suatu kesatuan peralatan yang penempatannya berada di atas permukaan tanah, yaitu *Well Head*, *Junction Box*, *Switchboard*, *Transpormator* dan *Electric Cable* sebagai media penghubungnya.

1. *Weel Head (Tubing Support)*

Well Head atau *tubing support* adalah alat yang digunakan untuk menggantungkan *tubing string* dan *ESP* dibagian dalam sumur pada *casing* dipermukaan. *Well Head* dilengkapi dengan “*Sea*” agar tidak bocor pada lubang untuk kabel dan *tubing*, menjaga agar fluida tidak dapat keluar dari *casing*. *Well Head* didesain untuk dapat menahan tekanan sampai dengan 3000 psi.

2. *Junction Box (kotak penghubung)*

Untuk alasan keamanan *junction box* antara *well head* dan *switchboard*. *Junction Box* berfungsi sebagai tempat pelepasan gas agar tidak merambat naik melalui kabel ke dalam *switchboard*. Jika gas dibiarkan naik ke permukaan dan berkumpul di *switchboard* dapat menimbulkan kondisi yang membahayakan dimana *switchboard* dapat meledak. Jarak minimum yang diijinkan yaitu 15 feet dari kepala sumur dan 35 feet dari *switchboard*, dan dipasang kira-kira 2 s/d 3 ft diatas permukaan tanah.

3. Switchboard (Panel Listrik Pompa ESP)

Switchboard merupakan panel kontak yang dilindungi dalam kotak baja yang tahan cuaca, yang berfungsi mengatur dan melindungi pompa *ESP* pada waktu operasi. Alat ini merupakan kombinasi dari *motor starter*, alat pencatat tegangan, dan alat penstabil tegangan aruslistrik selama pompa beroperasi. *Switchboard* sebaiknya diletakkan sekitar 50 hingga 100 kaki dari sumur dan mempunyai kapasitas tegangan 440-4800 volt. Pemilihan panel kontak ini berdasarkan besarnya *HP* (*horse power*) motor, voltage dan aruslistrik. Didalam kotak ini isinya tergantung dari keperluan, umumnya ada sekering (*fuse*), alat otomatis untuk mematikan pompa *ESP* (*Over Under-Load Protection*), tombol saklar (*switch*), *Start-stop* Otomatis dengan menggunakan tiner, peralatan anti petir dan pencatat ampere (*recorder ammeter*).

4. Transformator (travo listrik)

Transformer merupakan suatu alat listrik untuk mengubah voltage dari satu harga ke harga lainnya. Fungsi dari *transformator* adalah mengatur tegangan dari pembangkit tenaga listrik menjadi suatu tegangan yang diperlukan oleh motor agar dapat menggerakkan sistem pompa. Motor memiliki tegangan operasi yang berbeda, oleh sebab itu tegangan dari sumber tegangan (*primary line*) sebelum masuk ke motor harus disesuaikan dahulu dengan tegangan operasi motor. Transformator dipilih berdasarkan besarnya *KVA* yang diperlukan oleh motor.

Transformer dilengkapi dengan kaitan pengangkat untuk memuatkan, menurunkan, dan menangani. Sebuah *spreader bar* dan kabel akan digunakan untuk menjaga *transformer* dalam suatu posisi vertikal untuk menghindari kerusakan. Selalu pastikan penutup dipasang ditempatnya sebelum dipindahkan. *Transformer* sebaiknya diletakkan sekitar 50 hingga 100 ft dari sumur.

b. Komponen Dibawah Permukaan

Komponen dibawah permukaan untuk sumur-sumur dengan *ESP* pada dasarnya terdiri dari, *Electric cabel*, *Bleeder Valve*, *Check Valve*, *Pump*, *Intake Gas Separator*, *Protector*, *Motor*, *Centralizer*, *Cable Bond*, *Y Block*, dan *R Nipple*.

5. Electric Cable

Electric Cable berfungsi untuk menghantarkan aruslistrik dari *Switchboard* kemotor *ESP*. kabel ini dibuat dari bahan tembaga maupun *alumunium*. Ada dua jenis kabel yang dipakai yaitu, kabel pipih dan kabel bulat. Yang masing-masing terdiri dari tiga buah kawat konduktor yang satu sama lain dipisahkan dengan isolator berlapis-lapis dan keseluruhannya dibungkus (*amour*) yang terbuat dari *Galvanize* atau *monel*. Pemilihan kabel yang dipakai tergantung besarnya aruslistrik yang mengalir, temperatur fluida, jumlah dan tekanan gas didalam *annulus*, ruang antar motor, pompa, *casing* juga adanya sifat korosi pada fluida. Pemakaian kabel ditempelkan dan diikat pada rangkaian *tubing* dengan menggunakan *Banding Clamp*, kabel standar mempunyai masa pakai 10 tahun, untuk maksimum temperatur 167°F.

Kabel pipih (*flat cable*) dipakai pada daerah motor pompa sampai sedikit diatas pompa dengan tujuan untuk mengurangi total *diameter* rangkaian *ESP*. pemasangan kabel pipih diikat dengan pelindung (*flat clamp guard*). Kabel bulat (*round cable*) dipakai pada daerah diatas rangkaian *ESP* sampai *switchboard*.

6. Bleeder Valve

Bleeder Valve dipasang pada *tubing hanger* dan mempunyai fungsi mencegah minyak keluar kepermukaan pada saat rangkaian *tubing* dicabut.

7. Check Valve

Check Valve dipasang diatas pompa, dan berfungsi mencegah fluida turun kembali kepompa yang dapat mengakibatkan putaran balik pada saat pompa berhenti. Juga diperlukan untuk pengetes kebocoran rangkaian *tubing* pada saat perawatan sumur.

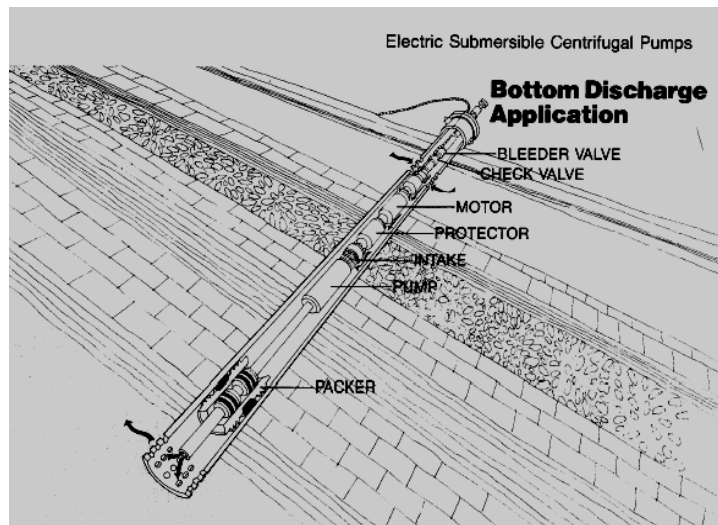
8. Pump

ESP merupakan dari jenis pompa sentrifugal yang banyak digunakan pada sistem eksplorasi sumur minyak. Pompa adalah bagian yang terletak diatas

intake gas separator dan berfungsi untuk memindahkan fluida sampai kepermukaan. Pompa terdiri dari tingkat-tingkat, setiap tingkat terdiri dari *impeller* dan *diffuser*. Pompa di gerakkan oleh gaya *centrifugal*. Jumlah yang digunakan berdasarkan pada kebutuhan pengangkatan fluida dan tekanan permukaan yang dikehendaki. Laju alir pompa tiap tingkatnya sangat bergantung pada *diameter impeller* pompa dan bentuk geometri pompa. *Head* pompa tergantung dari bentuk geometri susunan *impeller* dan *diffuser* yang juga dipengaruhi *diameter* pompa.



GambarPeralatan ES



GambarKomponen ESP

Intake / Gas Separator (pasokan / pemisah gas)

Intake / gas separator disambung pada bagian bawah pompa dengan cara menyambung kedua *shaft* pompa dan *intake* dengan menggunakan *coupling*. *Intake* berfungsi sebagai tempat masuknya fluida kedalam pompa. *Gas separator* ini digunakan pada sumur-sumur yang banyak mengandung gas. Gas yang terproduksi bersama dengan fluida akan berpengaruh buruk terhadap pompa, dapat berakibat matinya pompa. Beberapa sumur memproduksi gas yang cukup besar yang dapat menyebabkan pompa berputar sendiri, yang menyebabkan mengurangi efisiensi pompa. Volume gas bebas dapat dikurangi dengan penurunan *PSD (Pump Setting Depth)* untuk menambah tekanan di *intake* atau dengan memasang *Gas Separator*. *Gas separator* ini masih dapat bekerja dengan baik pada sumur-sumur yang memiliki *Gas Oil Ratio (GOR)* lebih dari 100 cuft/bbl.

Kegunaan dari *Gas Separator* antara lain adalah :

9. *Protector / Seal Section (Pelindung)*

Protector atau *Seal Section* merupakan bagian dari pompa benam listrik yang terletak pada bagian atas motor. *Protector* merupakan penyekat antara fluida sumur dan *electric oil* di dalam motor, supaya tidak masuk ke dalam motor

bila fluida sumur masuk ke dalam motor akan menyebabkan kegagalan dini. Selain itu fungsi lain *protector* adalah :

1. Sebagai penghubung rumah pompa dengan motor
2. Menyeimbangkan tekanan di dalam pompa terhadap tekanan lubang bor
3. Mencegah masuknya fluida sumur ke dalam motor

4. *Electric Motor (Motor Listrik)*

Motor merupakan penggerak utama dari sistem pompa benam listrik. Motor ini dipasang pada bagian bawah dari unit pompa dan pada porosnya dihubungkan ke poros *protector* yang terpasang pada bagian atasnya. Motor listrik ini menggunakan arus listrik dari permukaan yang merupakan motor listrik induksi tiga fasa, *rotor* sangkar dan dua kutup yang mempunyai kecepatan 3500 rpm pada 60 HZ dan 2915 rpm pada 50 HZ. Motor listrik ini terdiri dari tiga bagian, yang bergerak disebut *rotor* dan bagian yang diam (tetap) disebut *stator* dan *insulator*. Rumah motor diisi sejenis minyak *oli* yang *dielectric* yang juga dapat berfungsi sebagai pelumas, pendingin dan anti karat pada dinding luarnya, maka pada instalasinya motor harus dipasang di atas perforasi.

5. *Centralizer*

Fungsi dari *centralizer* adalah supaya pemasangan pompa selalu ditengah – tengah *casing* produksi, sehingga kerusakan kabel karena gesekan dapat dicegah. *Centralizer* dipasang pada sumur-sumur yang miring dan pemilihan ukurannya tergantung dari ukuran pompa, ukuran *casing* dan sudut kemiringan sumur.

6. *Cable Bond (Pengikat kabel)*

Cable bond digunakan untuk mengikat kabel dan *tubing control line* dengan rangkaian *tubing*. *Cable bond* dibuat dari *stainless steel* agar tidak cepat berkarat (*corrosif*), yang biasanya mengakibatkan putusanya *cable bond*. Bila *cable bond* putus maka kabel turun ke bawah, sehingga kabel harus dipancing.

7. *Unit Cable Elektrik*

Cable gunanya adalah untuk mengalirkan arus listrik dari sumber ke *electric Motor*, *cable* ini ditempelkan sepanjang *tubing* dengan menggunakan *clamp*. *Unitcable* ini terdiri atas tiga buah kabel tembaga yang satu dengan yang lain dipisahkan oleh pembalut yang terbuat dari karet. Pada bagian luar *cabel* ini di bungkus dengan pelindung baja. Ada dua jenis *cabel* yaitu *Flat cable* (pipih) dan *Round cable* (bulat). Pemilihan di antara *casing* dengan *tubing* maupun unit pompanya dan besarnya *voltage* yang dibutuhkan elektrik motor.

8. Down hole Censor (sensor Bawah Permukaan)

Alat ini kadang-kadang dipasang dibawah motor untuk mengukur tekanan, temperatur, getaran dan arus listrik. Di dalam instalasi *ESP* alat ini dilengkapi alat monitor yang berada di permukaan guna mengetahui tekanan, temperatur, getaran dan kehilangan arus listrik di pompa *ESP* secara langsung.

9. Y-Block

Y-Block dipasang di bagian atas pompa *ESP* dengan rangkaian *tubing*. Alat ini berbentuk seperti huruf Y terbalik, yang dipasang tepat di bawah pompa *ESP*. Cabang Y yang lurus di bagian bawahnya dipasang *F-Nipple* dan *Instrument tube* dan cabang Y yang lainnya dipasang pompa *ESP*. Pada *F-Nipple* dipasang *flowthru plug* untuk mencegah arus balik, sehingga fluida formasi yang keluar dari pompa bisa naik ke permukaan. *Instrument* dipakai untuk keperluan perforasi, *pressure survey*, *production logging*.

10. Control Line

Control line berbentuk *tubing* atau pipa dengan diameter kecil (1/4" atau 3/8") yang dipasang sepanjang *tubing* menuju *DHSV* atau *intake* pompa *ESP*, dengan tujuan untuk membuka *DHSV* atau memompakan bahan kimia (*scale*, *inhibitor*, *defoamer*, *corrosion inhibitor*) yang dikirim dari atas permukaan menuju pompa.

B. PIPE LINE

1.Flow line

Adalah pipa penyalur fluida dari sumur produksi ke production line.

2. Production line

Adalah pipa penyalur fluida dari flow line ke main line.

3. Main line

Adalah pipa penyalur fluida dari main line ke stasiun pengumpul.

4. Incoming line

Adalah pipa penyalur fluida yang menghubungkan main line ke stasiun pengumpul

C. GATHERING STATION (GS)

Gathering Station (GS) adalah tempat pengumpulan fluida (air, minyak dan gas) yang diproduksi dari sumur-sumur produksi minyak. Fluida yang berasal dari field dialirkan ke production line, masuk ke *Gas Boot*, kemudian gas tersebut dipisahkan dari liquid, dimana gas dialirkan ke *Flare Stack*, dan cairan masuk ke *Wash Tank* yang terdiri dari dua buah *Wash Tank*, di dalam *Wash Tank* tersebut minyak dengan air akan dipisahkan secara gravitasi dimana minyak yang sudah bersih dialirkan ke *Shipping Tank*,

Proses pemisahan minyak dan pengumpul di Gathering Station (GS) melewati beberapa tahapan, antara lain :

1. Gas Boot

Merupakan peralatan yang ada di GS berfungsi untuk memisahkan gas dari liquid yang berasal dari field, dimana gas mempunyai density yang lebih ringan akan ke atas menuju Flare, sedangkan liquid mengalir ke Wash Tank.



Gambar.....Gas Boot

2. Wash Tank

Fungsi utama Wash Tank adalah untuk memisahkan antara minyak dengan air. Di tanki ini minyak akan mengalir ke Shipping Tank, sedangkan air mengalir ke Clarifier Tank melalui Water Leg.



GambarWash Tank

3. Shipping Tank

Setelah proses yang dilalui di wash tank, akan dipompakan ke shipping tank. Shipping tank adalah tanki pengumpul minyak bersih yang sudah diproses di Wash Tank, minyak yang dialirkan ke dalam tanki ini benar-benar bersih dari kadar air (maximum 0.1 % 0). Oleh karena itu Shipping Tank dilengkapi dengan Circulating Pump yang akan memompakan minyak di bagian bawah tanki, jika ada air yang terikut akan dikembalikan ke Incoming line, untuk diproses kembali. Shipping juga dilengkapi dengan beberapa level switch, dimana pada level tertentu pompa akan hidup secara otomatis dan pada level tertentu pompa akan mati secara otomatis.



Gambar.....Shipping Tank

4. Charge Pump

Adalah pompa yang mengalirkan minyak ke LACT UNIT dan ke Shipping Pump, dimana pompa ini hidup dan mati secara otomatis berdasarkan level di Shipping Tank dan secara manual dilakukan bila keperluan dan pada saat tutup produksi.

5. Shipping Pump

Pompa ini berfungsi untuk mentransferkan atau memompakan minyak yang akan dikirim ke Pusaka GS melalui Shipping Line. Pompa ini akan hidup secara otomatis berdasarkan level di Shipping Tank. Sedangkan, shipping pump yang ada di Pusaka GS berfungsi untuk mentransferkan atau memompakan minyak yang akan dikirim ke Zamrud GS melalui Shipping Line.



Gambar.....Shipping Pump

6. **Lact Unit (Meter Prover)**

Lact Unit (Meter Prover) merupakan alat mengukur volume minyak yang akan dikirim ke Dumai dan untuk mengkompresikan jumlah minyak mentah yang dihasilkan ke dalam standar °API. Lact unit ini dilengkapi dengan ATA (Automaticaly Temperatur Across).

7. **Flare Stack**

Flare Stack adalah suatu unit untuk pembakaran gas yang dibuang (dibakar), karena jika tidak dibakar gas tersebut akan berbahaya untuk lingkungan sekitar baik itu pencemaran lingkungan dan kesehatan manusia.



Gambar.....Flare Stack

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : Pengambilan Contoh (Sampel) Minyak

B. Tujuan

Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu. Dengan membahas modul ini secara tuntas diharapkan para guru dan tenaga pendidik dapat menguasai pengetahuan dalam hal pengambilan sampel minyak.

C. Indikator Pencapaian Kompetensi

Dalam kegiatan pembelajaran Pengambilan Sampel Minyak pencapaian kompetensi adalah guru dan tenaga pendidik mampu untuk memahami hal-hal sebagai berikut :

- Menentukan tata cara pengambilan contoh minyak menurut Quantity Accounting System (QAS)
- Menggunakan tujuan tank Sampling
- Membandingkan pengambilan contoh minyak di Well head Separator dengan minyak di tangki Flow line

D. Uraian Materi

OIL QUANTITY ACCOUNTING SYTEM

Dalam Industri Minyak dan Gas, salah satu kegiatan yang penting dilakukan adalah *Oil Quality Accounting System* (QAS). Kegiatan QAS adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk mengukur, menghitung dan membuat laporan dari kuantitas akhir dan kualitas minyak mentah, gas diproduksi, sisa minyak yang masih tertinggal di *Tank Storage* atau *Floating Storage*. Jumlah Crude Oil & Gas yang akan disalurkan ke penjualan atau dikirimkan ke pengilangan minyak untuk diproses lebih lanjut harus memenuhi kondisi standar hal yang sah dan formal dalam perusahaan saling terkait.

Untuk menghindari kerugian yang besar dari penjualan Crude Oil & Gas, *remaining stock* dan penjualan di tingkat pengecer harus dilakukan dengan standarisasi pengukuran dan jumlah cadangan minyak yang akan dijual, setelah Crude Oil & Gas telah Terpisah dan tersimpan. Standarisasi kegiatan Oil Quality Accounting System ini merujuk pada peraturan pemerintah, prosedur BP MIGAS, standar Internasional (ASTM-IP, AGA).

Oil Quantity Accounting System (QAS) adalah suatu kegiatan pengukuran dan pelaporan aliran minyak yang diaplikasikan dalam pengelolaan produksi minyak mulai Stasiun Pengumpul/Stasiun Pengumpul Utama sampai dengan sales point. Pada pelaksanaannya, Operasi Lapangan bertugas melakukan pengukuran, perhitungan, entry data dan pelaporan angka produksi (Vem Rahmad Handoyo, Pertamina 2015). Kegiatan *Oil Accounting* dimaksudkan untuk melakukan perhitungan, rekonsiliasi, analisa dan pelaporan aliran minyak. Tujuan dari dilakukannya QAS adalah untuk mendapatkan laju alir Minyak yang *accountable* dan *auditable*.

Proses produksi migas merupakan suatu kegiatan rangkaian proses yang mempunyai alur panjang dari tahap eksplorasi, eksploitasi, pengolahan sampai kepada penjualan migas ke konsumen. Minyak yang diproduksi dari sumur produksi akan di alirkan menuju stasiun pengumpul dan setelah mengalami proses pemisahan dengan fluida lain yang terproduksi bersama, minyak mentah akan disalurkan ke kilang untuk selanjutnya akan didistribusikan ke konsumen melalui BUMN yang telah ditunjuk oleh pemerintah.

Sebagai gambaran (Vem Rahmad Handoyo, Pertamina 2015) Proses Alur Migas Pertamina EP adalah proses dari alur bisnis migas, mulai dari pengeboran minyak mentah, pengolahan sampai dengan penjualan ke pelanggan. Dari sumur pengeboran minyak, minyak mentah disimpan di stasiun pengumpul, PPP dan terminal PT. Pertamina EP. Di PT Pertamina EP selanjutnya minyak mentah ada yang langsung dijual ke PT. Pertamina (Persero) atau di ekspor. Minyak mentah diolah di kilang Pertamina (Persero) dan selanjutnya didistribusikan ke Unit Pemasaran/Depo. Proses penjualan ke pelanggan dilakukan oleh petugas Unit Pemasaran/Depo.

Dalam hal pelaporan laju alir Minyak, perlu adanya Laporan Produksi untuk keperluan Manajemen K3S dan SKK Migas. Jumlah Minyak Bumi “Kondisi Net Standard” yang diukur di SP/SPU/PPP/Terminal berdasarkan angka rekonsiliasi dalam kondisi Net Standard bbls, Jumlah Minyak Bumi “Kondisi Net Standard” yang siap dikapalkan atau keluar dari terminal atau PPP untuk tujuan penjualan ke pihak lain dalam Net Standard Bbls. Adapun Pelaporan Persediaan (Stock) perlu disajikan yang meliputi jumlah seluruh persediaan minyak bumi, jumlah persediaan yang siap untuk dikapalkan, jumlah persediaan yang tidak dapat dipompakan, jumlah stock yang ada dalam pipa yang selalu berisi minyak bersih.

Batas Tanggung Jawab Operasi Produksi Dan Keuangan :

- Bagian Operasi/Produksi: Produksi sumur minyak/gas – Pengukuran dan analisa minyak – Pencatatan sumber data – Lifting – Inventory – Perhitungan

- Bagian Keuangan : Lifting – Inventory – Perhitungan dan analisa – Pelaporan – Konsolidasi rekonsolidasi – loss control dan follow up

Tugas Dan Tanggung Jawab Pengawas Juru Ukur (Vem Rahmad Handoyo, Pertamina 2015) :

1. Bertanggung jawab atas terlaksananya pengukuran minyak dan pencatatan dan penyimpanan (Filling System) sumber data, sesuai dengan pedoman Akuntansi Minyak Pertamina (*Pertamina Quantity Accounting System*)
2. Bertanggung jawab atas keselamatan pekerja, peralatan dan lingkungan kerja
3. Dapat menganalisa hasil-hasil pengukuran dan perhitungan arusminyak
4. Koordinasi dengan fungsi keuangan untuk memvalidasi hasil perhitungan dan input data ke dalam MySAP
5. Memastikan entry data dilakukan setiap hari

Tugas Dan Tanggung Jawab Juru Ukur :

1. Memelihara dan mempergunakan peralatan / alat ukur secara baik dan benar
2. Melakukan pengukuran sesuai dengan ketentuan yang berlaku (prosedur ASTM dan ketentuan setempat)
3. Melakukan pekerjaan pengambilan contoh secara baik dan benar dan menyerahkannya kepada petugas laboran
4. Selalu memperhatikan / melaksanakan segi-segi keselamatan dalam tugasnya
5. Mencatat/menuliskan angka-angka hasil pengukuran secara jujur dan benar pada format yang telah disediakan
6. Membuat laporan hasil pengukuran/pekerjaan yang telah dilaksanakan secara baik dan benar
7. Melakukan serah terima pekerjaan/peralatan dengan petugas berikutnya secara jelas dan menandatangani formulir laporan yang telah disediakan

Tugas dan Tanggung Jawab Staf Administrasi Migas :

1. Menerima tank ticket dan melakukan perhitungan

2. Mencatat/menuliskan angka-angka hasil pengukuran secara jujur dan benar pada format yang telah disediakan
3. Membuat laporan hasil pengukuran/pekerjaan yang telah dilaksanakan secara baik dan benar
4. Setiap hari melaksanakan entri data ke dalam sistem My SAP (real time)

Tugas Dan Tanggung Jawab Accounting Revenue :

1. Menerima tank ticket dan dokumen pendukung lainnya
2. Monitoring dan kontrol input data produksi harian di MySAP
3. Melakukan rekonsiliasi antar operasi produksi dan keuangan setiap bulan
4. Membuat laporan arusminyak setiap akhir bulan

Aspek Keselamatan Kerja Juru Ukur Tanki :

1. Sebelum naik tangga tanki, perhatikan keadaan sekitar tanki
2. Selama naik, satu tangan berpegang pada pagar tangga, menghindari listrik statis
3. Setibanya di atap tanki, perhatikan arah angin dan berdirilah membelakangi arah angin
4. Bukalah lubang ukur secara perlahan dan lakukan pengukuran sesuai tata cara yang berlaku
5. Setelah pengukuran selesai, tutuplah lubang ukur dengan baik, dan bersihkan ceceran minyak di sekitar lubang ukur
6. Jika hari mendung, hujan yang disertai kilat, pengukuran harus dihentikan
7. Alat ukur yang digunakan jangan sampai dapat menimbulkan bunga api/listrik statis dan harus memenuhi standar ASTM-IP

Aspek Ketelitian Dalam Pengukuran Minyak

1. Juru ukur tanki dan petugas analisa laboratorium sangat berperan dalam proses serah terima minyak
2. Kesalahan pengukuran level cairan akan berakibat losses yang besarnya proporsional dengan besarnya tanki yang diukur
3. Perbedaan pengukuran 1 mm pada tanki kapasitas 12 bbls/mm, akan rugi sebesar 12 barrel, jika berulang 3 kali dalam seminggu berarti ada 156 kali dalam

setahun, sehingga berakibat losses minyak/kerugian dalam satu tahun menjadi
 $12 \times 156 = 1872$ bbls

2. TEKNIK PENGAMBILAN SAMPEL RESERVOIR

Sampel fluida reservoir ini terbagi atas dua jenis, yaitu :

- sampel fluida reservoir bawah permukaan (bottom hole sample)
- sampel fluida reservoir permukaan (surface sample) yang merupakan sampel fluida reservoir yang diambil dari fluida yang terproduksi ke permukaan.

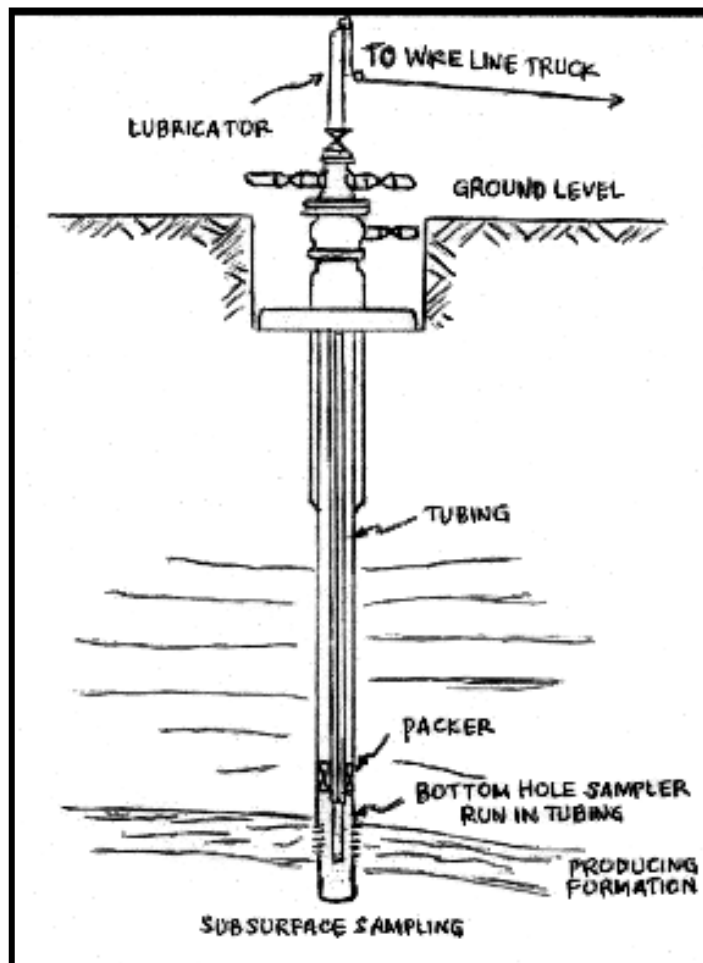
Sampel fluida reservoir yang representatif (suatu sampel fluida reservoir yang mempunyai kondisi tekanan dan temperatur yang sama persis dengan kondisi fluida reservoir yang ada dalam pori-pori batuan reservoir).

Teknik-teknik pengambilan sampel fluida reservoir hidrokarbon (minyak dan gas) untuk tujuan analisa PVT umumnya terdiri dari:

- a. bottom hole sampling
- b. recombination sampling
- c. split stream sampling yang dikhususkan untuk pengambilan sampel fluida reservoir berupa gas kondensat.

b. Bottom Hole Sampling

Bottom hole sampling merupakan suatu teknik pengambilan sampel fluida reservoir bawah permukaan dengan cara menggunakan suatu alat pengumpul sampel (sampling bomb) yang diturunkan ke dalam lubang sumur dengan menggunakan operasi wire line. Dimana suatu alat sampling bomb ini dapat mengumpulkan sampel fluida sebanyak 600 ml.



Gambar
Skematik Bottom Hole Sampling

Pada setiap operasi bottom hole sampling, biasanya sampel fluida reservoir diambil sebanyak dua kali volume sample chamber dari alat sampling bomb tersebut. Dimana dalam pemilihannya teknik bottom hole sampling haruslah diperhatikan arus fluida dari suatu reservoir ke dasar sumur dan dari dasar sumur ke permukaan yang biasanya dinyatakan dalam arus fluida satu fasa dan dua fasa, serta kondisi reservoir yang biasanya dinyatakan dalam kondisi reservoir jenuh dan tak jenuh.

prosedur pengambilan sampel fluida reservoir dengan teknik bottom hole sampling :

- Pilih suatu sumur yang memungkinkan untuk dilakukan pengambilan sampel, kemudian persiapkan sumur tersebut.
- Dalam pemilihan sumur harus diperhatikan hal-hal berikut :
- Pilih sumur yang mempunyai produktivitas tinggi, agar tekanan formasi di sekitar lubang sumur juga tinggi.
- Sedapat mungkin dipilih sumur baru, agar saturasi gas bebasnya semini mungkin.
- Pilih sumur yang tidak memproduksi free water.
- Pilih sumur yang mempunyai tekanan alir dasar sumur (P_{wf}) tertinggi pada laju arus yang stabil.
- Pilih sumur yang berproduksi dengan GOR yang stabil.

Dalam mempersiapkan sumur diperhatikan hal-hal berikut ini :

- Alirkan sumur dengan laju alir yang rendah, kemudian alirkan sumur dengan laju alir yang konstan sampai GOR di permukaan juga konstan. Waktu yang diperlukan mendapatkan GOR konstan ini tergantung pada saturasi gas bebas saat sumur disiapkan.
- Tutup sumur agar terjadi pressure build up (kenaikan tekanan) di formasi sekitar lubang sumur. Waktu penutupan sumur ini tergantung pada produktivitas sumur (bisa mencapai 2 atau 3 jam, sampai 72 jam) maka, fluida reservoir akan masuk ke dalam lubang sumur saat sumur ditutup.
- Apabila sumur telah dipilih dan dipersiapkan, turunkan sampling bomb dengan wire line untuk mengambil sampel dari dasar sumur. Sebisa mungkin usahakan sampling bomb diletakkan dekat dengan titik perforasi sumur, agar tidak terjadinya perbedaan tekanan.
 - Apabila sampel fluida reservoir telah terjebak dalam sample chamber kemudian sampling bomb tersebut diangkat ke permukaan dan terlebih dahulu diperiksa apakah mungkin terjadi kebocoran dari alat tersebut.
 - Ukur tekanan dan temperatur sampling bomb tersebut. Dimana tekanan sampling bomb harus sedikit lebih kecil dari tekanan dasar sumur (P_{wf}) pada waktu pengambilan sampel. Dengan demikian sampel bisa dianggap representatif.

Selain menggunakan alat sampling bomb sampel bawah permukaan dapat juga diambil dengan menggunakan peralatan drill stem test. Volume dari alat DST ini adalah berisi satu liter atau lebih. Teknik DST bottom hole sampling ini tidak baik digunakan untuk sumur dengan water cut besar dari 5%, karena akan sulit dalam hal membaca tekanan fluida di permukaan. Selain itu sampel bawah permukaan dapat juga diambil dengan menggunakan alat uji formasi yang dimasukkan ke dalam open hole suatu sumur. Banyaknya sampel fluida yang bisa diambil adalah dua unit, dimana setiap unit berisi empat gallon (15 liter).

b. Recombination Sampling

Recombination sampling adalah suatu teknik pengambilan sampel fluida reservoir permukaan (surface sample) dengan cara mencampurkan kembali fasa gas dengan fasa minyak yang telah dipisahkan pada separator dengan suatu perbandingan (ratio) tertentu. Dimana untuk mencampurkan gas dan minyak biasanya digunakan persamaan berikut :

$$R_{sp} = R_p \times S_s$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 &= \text{GOR separator} \left(\frac{SCF}{BBL} \right) \\
 &= \text{GOR stock tank} \left(\frac{SCF}{STB} \right) \\
 &= \text{Separator fluid shrinkage factor} \left(\frac{STB}{sep.BBL} \right)
 \end{aligned}$$

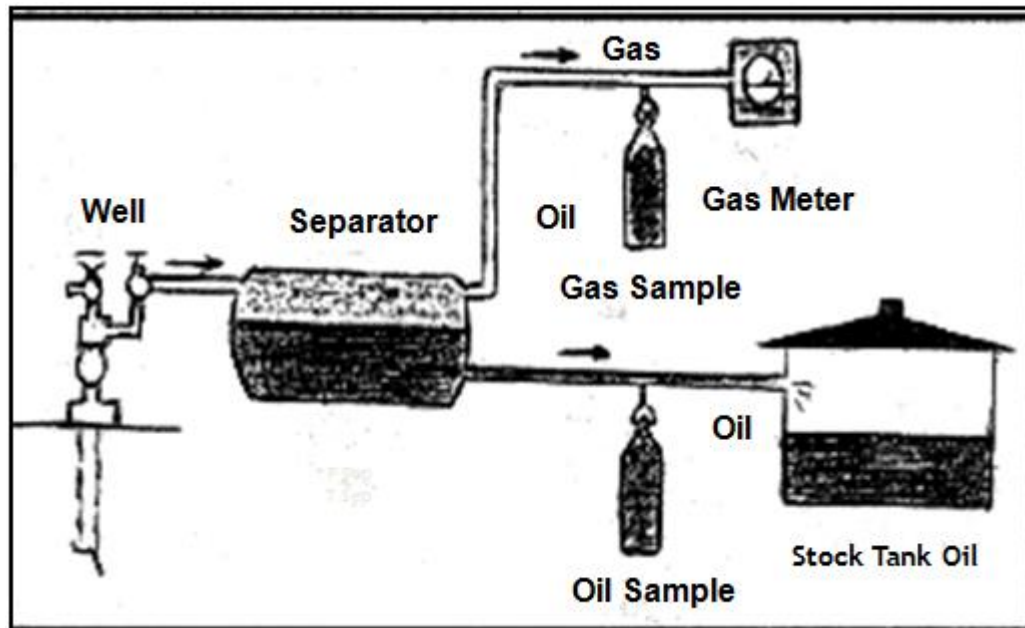
Harga S_s dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$S_s = \frac{V_{stb.oil}}{V_{separator}}$$

Pada saat operasi recombination sampling dilakukan, perlu dicatat data-data berikut :

- Volume minyak dalam separator dan stock tank
- Tekanan dan temperatur di separator
- Tekanan dan temperatur di stock tank
- Spesific gravity fluida di stock tank dan separator

- Perbandingan antara gas di separator dengan minyak di stock tank
- Temperatur dan tekanan arus dasar sumur. **Gas**



GambarSkematik Recombination Sampling

prosedur pengambilan sampel fluida reservoir dengan teknik recombination sampling :

- Pilih dan persiapkan suatu sumur seperti teknik bottom hole sampling.
- Alirkan sumur untuk beberapa waktu sampai GOR permukaan stabil. Harga GOR ini harus diteliti untuk 3 interval waktu, biasanya 2 sampai 4 jam atau lebih.
- Bila GOR telah stabil, maka ambil sampel gas dan minyak dari separator yang sama pada kondisi arus yang sama. Gas yang diambil harus cukup banyak, karena kompresibilitas gas sangat tinggi dibandingkan minyak. Sampel gas diambil dari suatu katub bagian atas separator. Sedangkan sampel minyak diambil pada bagian hulu separator. Adapun banyaknya sampel minyak yang harus diambil adalah sedikitnya dua botol sampel (volume satu botol adalah 600 cm³). Sedangkan aturan pengumpulan sampel gas sebagai berikut :
 - Apabila $GOR < 1500 \text{ scf/bbl}$: 4 silinder

- Apabila $1500 < \text{GOR} < 3000$ scf/bbl : 6 silinde
- Apabila $\text{GOR} > 3000$ scf/bbl: 8 silinder

Suatu sumur dianggap siap dilakukan recombination sampling jika sumur tersebut telah clean-up, laju arus sumur stabil, tekanan dan temperatur arus dasar sumur stabil, tekanan separator dan temperatur inletnya juga stabil, serta tekanan dan temperatur kepala sumur yang juga telah stabil.

B. Split Stream Sampling

Split stream sampling merupakan suatu teknik pengambilan sampel fluida reservoir yang hanya digunakan untuk mengambil sampel fluida dari sumur gas kondensat.

Kualifikasi dan prosedur yang digunakan dalam memilih dan mempersiapkan sumur untuk split stream sampling sama dengan metoda recombination sampling, hanya saja perlu dicatat tekanan dan temperatur fluida yang mengalir pada titik dimana sampel fluida tersebut diambil.

Dalam split stream sampling ini umumnya digunakan suatu pipa berdiameter kecil yang disisipkan dalam arus fluida. Sebagian dari arus fluida dibelokkan melalui pipa ini menuju botol sampel. Sampel gas kondensat bisa juga diperoleh dengan menyisipkan pipa kedalam tubing dengan panjang 8 sampai 10 feet di bawah kepala sumur ataupun pipa alir yang jauh dari separator. Kecepatan fluida yang mengalir dalam pipa saat mengambil sampel harus dijaga sama dengan kecepatan dalam pipa alir.

Metoda split stream sampling ini sangat cepat kerjanya dan bila digunakan dengan separator kecil yang temperaturnya dapat dikontrol, maka analisa fluida reservoir dapat dilakukan langsung di lapangan.

Analisa PVT Fluida Reservoir Hidrokarbon

Analisa PVT fluida reservoir merupakan suatu simulasi yang digunakan untuk mengamati perubahan volume fluida reservoir yang terjadi akibat dari perubahan tekanan dan temperatur saat fluida tersebut diproduksi.

Analisa PVT ini dimulai dengan menempatkan sampel fluida reservoir ke dalam cell laboratorium. Dimana cell laboratorium ini berupa tabung silinder yang kondisi tekanan dan temperaturnya dapat diubah dengan cara menginjeksikan atau mengeluarkan mercury yang ada di dalamnya. Sehingga piston yang terdapat dalam tabung tersebut tertarik atau tertekan. Untuk tekanan cell ini diatur dari metering pressure yang ada.

- Analisa PVT minyak di laboratorium terdiri dari beberapa analisa dan pengujian, antara lain :
 - pengecekan kualitas sampel minyak,
 - analisa komposisi kimia hidrokarbon,
 - uji PVT dengan flash liberation test,
 - uji PVT dengan differential liberation test,
 - uji PVT dengan separator test,
 - pengukuran harga viskositas.

a. Pengecekan Kualitas Sampel Minyak

Pengecekan kualitas sampel minyak merupakan analisa pendahuluan dari analisa PVT minyak yang meliputi : pengecekan harga titik gelembung dan pemilihan sampel minyak yang dianggap representatif.

Adapun data yang dilaporkan adalah volume air, volume sampel minyak, dan tekanan dan temperatur reservoir.

b. Analisa Komposisi Kimia Hidrokarbon

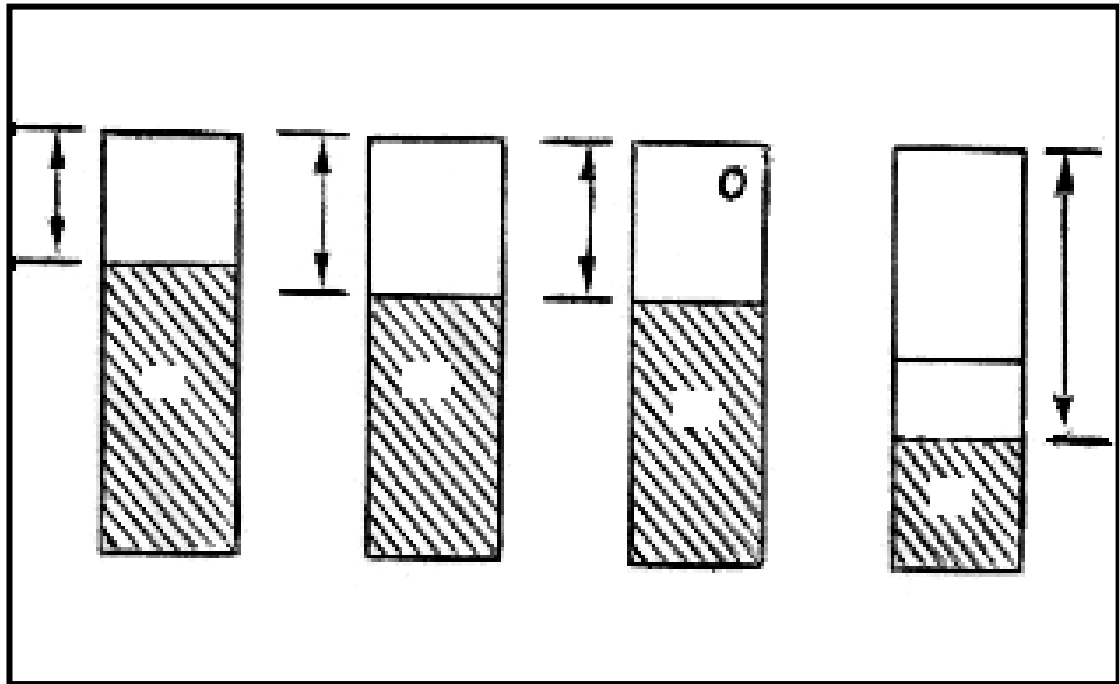
merupakan bagian dari analisa PVT minyak yang paling banyak memiliki kegunaan dalam perhitungan teknik reservoir dan produksi, seperti :

- penentuan persentase komposisi hidrokarbon gas dan minyak yang diperlukan dalam perhitungan teknik reservoir,
- menentukan bagaimana fluida reservoir akan dikilangkan atau diolah,
- menentukan molekul yang dapat menyebabkan korosi pada alat-alat produksi.

c. Uji PVT Dengan Flash Liberation Test

Flash Liberation test merupakan suatu pengamatan terhadap tekanan dan volume fluida minyak yang dilakukan untuk menentukan tekanan bubble point dan volume total relatif sebagai akibat dari adanya perubahan kondisi tekanan dari dasar sumur hingga ke separator.

Flash Liberation test ini dimulai dengan menempatkan sampel minyak ke dalam cell laboratorium pada kondisi tekanan dan temperatur reservoir yang diketahui volume sampel minyak dalam cell tersebut. Kemudian selanjutnya tekanan cell dikurangi dengan memperbesar volume fluida di dalamnya dengan mengeluarkan mercury dalam cell atau dengan cara menarik piston.



Gambar..... **Skematik Pengujian Flash Liberation Test**

Prosedur pengujian dari flash liberation test ini adalah :

- ✓ Masukkan sampel minyak ke dalam cell. Kemudian set tekanan dan temperaturnya sama dengan tekanan dan temperatur reservoir
- ✓ Turunkan tekanan cell perlahan dengan mengeluarkan mercury dari dalam cell. Amati dan catat setiap nilai tekanan yang diturunkan serta perubahan volume fluida yang terjadi dalam cell.
- ✓ Plot besarnya nilai tekanan terhadap volume fluida yang dicatat pada setiap penurunan tekanan, seperti terlihat pada gambar berikut.
- ✓ Bagi semua nilai volume total fluida reservoir dengan volume fluida pada saat tekanan bubble point. Perbandingan volume total dengan volume bubble point ini disebut volume relatif :

$$\left(\frac{V_t}{V_{sat}} \right)^F$$

✓ Volume Relatif =

Dimana :

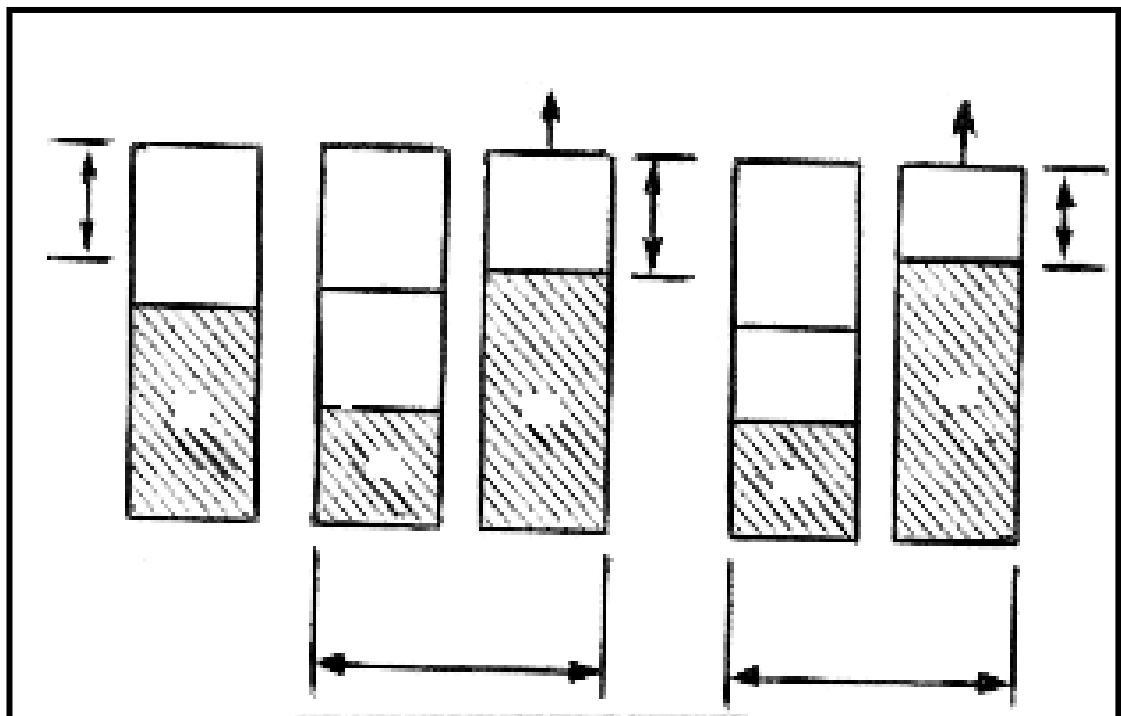
Lambang F menunjukkan pengukuran flash liberation test

Uji PVT Dengan Differential Liberation Test

Pada prinsipnya pengukuran PVT yang dilakukan dengan differential liberation test umumnya hampir sama dengan flash liberation test. Perbedaannya terdapat pada tujuan pengujian yang dilakukan

data-data yang akan didapatkan dari differential liberation test ini adalah:

- o faktor volume formasi minyak pada tekanan bubble point (BoD),
- o factor Z,
- o faktor volume formasi gas (Bg),
- o kelarutan gas pada kondisi tekanan bubble point (RsDb),
- o kelarutan gas dalam minyak pada tekanan di bawah tekanan bubble point (RsD),
- o volume total relatif (BtD).



Gambar Skematik Pengujian Differential Liberation Test

Prosedur pengujian PVT dengan differential liberation test adalah :

- ✓ Masukkan sampel fluida reservoir ke dalam cell laboratorium. Kemudian atur tekanan cell sama dengan tekanan bubble point dan temperatur cell pada temperatur reservoir.
- ✓ Turunkan tekanan cell perlahan dengan cara memindahkan mercury dari dalam cell. Pada setiap langkah penurunan tekanan, keluarkan semua gas bebas dari cell dengan tekanan konstan.
- ✓ Kumpulkan gas tersebut dan ukur kuantitas dan spesifik gravity nya.
- ✓ Ukur volume liquid (V_o), yang tertinggal dalam cell tersebut.
- ✓ Ulangi proses di atas dengan menurunkan tekanan cell sampai tercapainya tekanan atmosfer. Pada poin ini, temperatur cell juga diturunkan hingga 60 oF. Volume liquid yang tertinggal dalam cell disebut dengan volume residual oil.
- ✓ Ukur faktor volume minyak pada kondisi bubble point (BoD) dengan membagi volume minyak yang diukur dalam cell pada tekanan bubble point dengan volume residu minyak (residual oil).
- ✓ Ukur densitas minyak pada temperatur reservoir dan beberapa tekanan reservoir di bawah tekanan bubble point.
- ✓ Hitung faktor deviasi gas atau faktor z dengan persamaan berikut :

$$z = \frac{VR.PR.T_{sc}}{V_{sc}.P_{sc}.TR}$$

- ✓ Hitung faktor volume formasi gas dengan persamaan berikut :

$$Bg = \frac{0,0282.z.T}{p} \bullet \text{ ft}^3/\text{scf}$$

- ✓ Ukur banyaknya volume gas pada kondisi tekanan bubble point (R_{sDb}).
- ✓ Ukur kelarutan gas dalam minyak pada tekanan di bawah tekanan bubble point (R_{sD}) dengan membagi volume total gas yang dikeluarkan selama proses dengan volume residu minyak (cubic feet).
- ✓ Hitung faktor volume formasi total (minyak dan gas) atau yang disebut juga dengan volume total relatif yang diberi simbol BtD dengan persamaan berikut :

$$BtD = BoD + Bg(R_{sDb} - R_{sD})$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 BtD &= \text{volume total relatif (minyak dan gas),} & \left(\frac{\text{scf}}{\text{residual.bbl}} \right) \\
 BoD &= \text{volume minyak relatif,} & \left(\frac{\text{scf}}{\text{residual.bbl}} \right) \\
 Bg &= \text{faktor volume formasi gas,} & \left(\frac{\text{ft}^3}{\text{scf}} \right) \\
 RsDb &= \left(\frac{\text{scf}}{\text{bbl.residual.oil}} \right)
 \end{aligned}$$

kelarutan gas dalam minyak pada saat tekanan bubble point dan di atas tekanan bubble point,

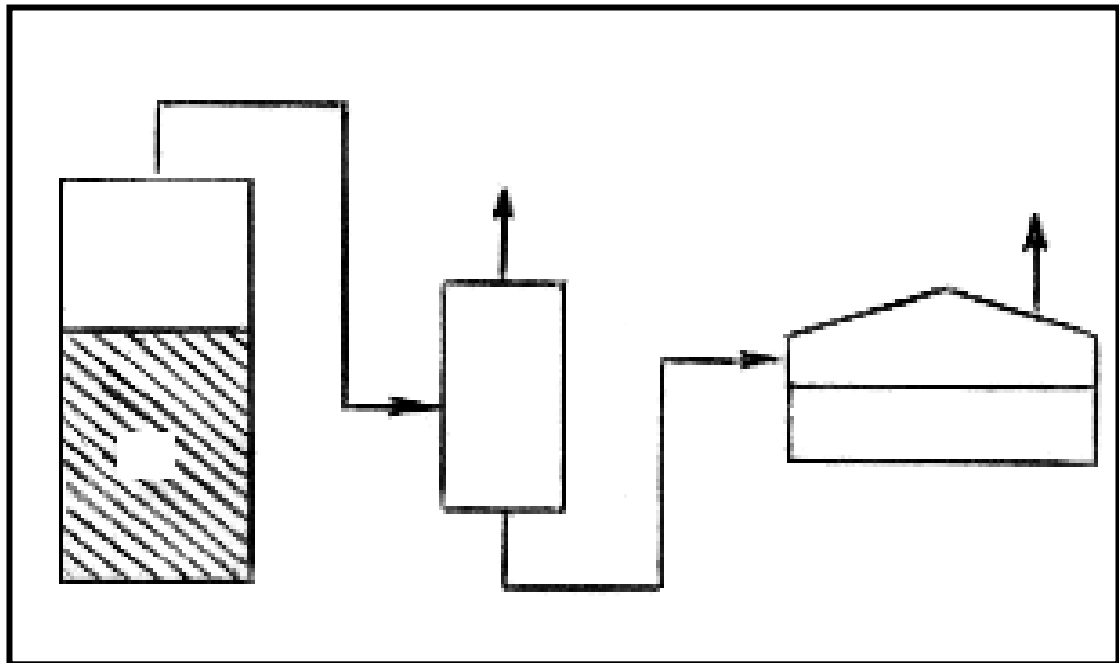
Lambang D menunjukkan hasil uji dari differential liberation test.

Uji PVT Dengan Separator Test

Separator test adalah salah satu test lainnya dari analisa PVT minyak yang merupakan test yang rutin, dimana test ini digunakan untuk memperoleh data dari sampel fluida reservoir pada saat tekanan bubble point. Temperatur pada separator laboratorium dan stock tank biasanya disesuaikan pada kondisi rata-rata lapangan, dimana tekanan di dalam separator biasanya dalam tekanan atmosfer.

Adapun tujuan dari separator test adalah untuk menentukan :

- volume minyak pada kondisi cell,
- volume separator liquid pada kondisi separator,
- volume stock tank minyak dengan mengukur keduanya pada kondisi stock tank dan kondisi standar,
- volume gas yang dipindahkan dari pengukuran separator pada kondisi standar, dan
- volume gas yang dipindahkan dari pengukuran stock tank pada kondisi standar.



GambarSkematik Pengujian Separator Test

Prosedur pengujian PVT dengan separator test :

- ✓ Masukkan sampel fluida minyak ke dalam cell laboratorium.
- ✓ Atur temperatur cell sama dengan temperatur reservoir dan tekanan cell sama dengan tekanan bubble point.
- ✓ Turunkan tekanan cell perlahan dengan memindahkan mercury dari dalam cell dan kemudian keluarkan fasa liquid melalui pipa menuju separator untuk dilakukan pemisahan fasa gas dengan fasa minyak.
- ✓ Jaga tekanan cell pada tekanan bubble point kemudian atur temperatur separator dan stock tank dengan kondisi lapangan.
- ✓ Tekanan stock tank harus selalu sama dengan tekanan atmosfer. Sedangkan tekanan di separator bisa diatur oleh operator.
- ✓ Keluarkan minyak dan gas menuju stock tank gas, untuk fasa minyak dilakukan pengukuran data-data berikut :
 - Faktor volume formasi minyak
 - Solution gas oil ratio (GOR)

Volume liquid yang dikeluarkan dari dalam cell diukur pada tekanan bubble point, dan volume stock tank liquid pada kondisi standar. Semua volume disesuaikan dengan kondisi standar.

$$RsSb = \frac{\text{Volume gas di separator} + \text{Volume gas di stock tank}}{\text{Volume minyak di stock tank}}$$

Huruf S menunjukkan bahwa hasil dari suatu separator test.

Huruf b menunjukkan kondisi bubble point (saturasi) di reservoir.

Spesifik gravity gas, diukur pada kondisi separator dan stock tank.

Hitung juga faktor volume separator, yang merupakan volume separator liquid pada kondisi separator dibagi dengan volume minyak di stock tank liquid pada kondisi standar.

Contoh Kasus

1. Contoh Pengukuran Data Flash Liberation Test

Dari pengujian PVT dengan flash liberation test untuk jenis fluida black oil diperoleh data seperti tabel 3.1. Dimana test ini dimulai dengan tekanan sebesar 5000 psig dan pada temperatur 220 °F.

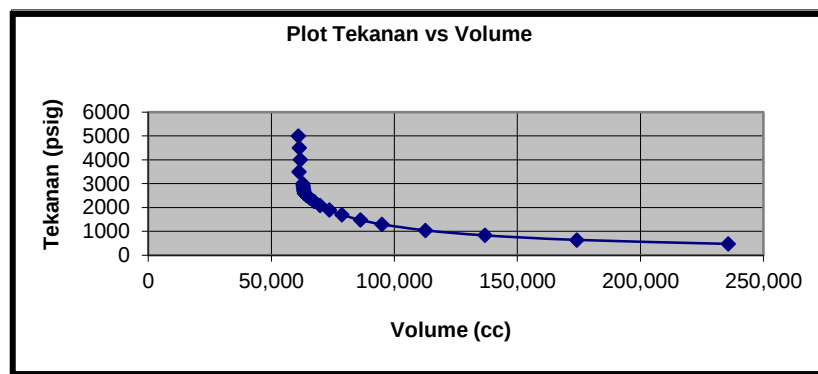
Tabel./..... Data Hasil Uji Flash Liberation Test

Tekanan (psig)	Volume Total (cc)	Tekanan (psig)	Volume Total (cc)
5000	61.030	2401	65.532
4500	61.435	2253	67.400
4000	61.866	2090	69.901
3500	61.341	1897	73.655
3000	62.866	1698	78.676
2900	62.974	1477	86.224
2800	63.088	1292	95.050
2700	63.208	1040	112.715
2605	63.455	830	136.908

2591	63.576	640	174.201
2516	64.291	472	235.700

➤ **Solusi**

1. Plot tekanan versus volume total, maka diperoleh grafik berikut.



Gambar 3.5. Hasil Plot Tekanan Vs Volume Total Fluida

2. Dari perubahan slope pada grafik di atas, maka didapatkan harga :
 - Tekanan bubble point (P_b) = 2620 psig
 - Volume fluida saturasi (V_b) = 63.316 cc.
3. Hitung volume relatif fluida dengan membagi semua nilai volume total dengan volume saturasi dengan persamaan :

$$\text{Volume Relatif} = \left(\frac{V_t}{V_{sat}} \right)_F = \left(\frac{V_t}{V_b} \right)_F$$

Maka, akan didapatkan berbagai harga volume relatif fluida berikut.

TabelData Volume Relatif Fluida Hasil Uji Flash Liberation Test

Tekanan (psig)	Volume Total (cc)	Volume Relatif (cc)
5000	61.030	0,963895
4500	61.435	0,970292
4000	61.866	0,977099
3500	61.341	0,968807
3000	62.866	0,992893

2900	62.974	0,994599
2800	63.088	0,996399
2700	63.208	0,998294
2605	63.455	1,002195
2591	63.576	1,004106
2516	64.291	1,015399
2401	65.532	1,034999
2253	67.400	1,064502
2090	69.901	1,104002
1897	73.655	1,163292
1698	78.676	1,242593
1477	86.224	1,361804
1292	95.050	1,501200
1040	112.715	1,780198
830	136.908	2,162297
640	174.201	2,751295
472	235.700	3,722598

2. Contoh Pengukuran Data Differential Liberation Test

Dari suatu differential liberation test untuk jenis fluida black oil, diperoleh data-data seperti pada tabel 3-3. Dimana diketahui data berikut :

- $P_R = 1850$ psig dan $P_{sc} = 14.65$ psia

- $T_R = 220$ °F dan $T_{sc} = 60$ °F

- $R_{sDb} = 854$ scf/bbl residual oil

Hitunglah sifat-sifat fisik fluida reservoir dari pengujian tersebut.

TabelHasil Uji Differential Liberation Test

Tekanan (psig)	Volume Gas Dipindahkan Pada $T = 220$ °F (cc)	Volume Gas Dipindahkan Pada Kondisi Standar (scf)	Volume Minyak (cc)	Gravity Gas
---------------------------	---	--	-----------------------------------	------------------------

2620	-		63.316	
2350	4.396	0.02265	61.496	0.825
2100	4.292	0.01966	59.952	0.818
1850	4.478	0.01792	58.528	0.797
1600	4.96	0.01693	57.182	0.791
1350	5.705	0.01618	55.876	0.794
1100	6.891	0.01568	54.689	0.809
850	8.925	0.01543	53.462	0.831
600	12.814	0.01543	52.236	0.881
350	24.646	0.01717	50.771	0.988
159	50.492	0.01643	49.228	1.213
0		0.03908	42.540	2.039
			39.572	
		0.21256	Pada 60 °F	

Solusi :

1. Hitung volume minyak relatif (B_{oD})

$$B_{oD} = \frac{V_o \text{ pada kondisi } P_b}{V_o \text{ minyak residu}}$$

$$B_{oD} = \frac{58.528 \text{ cm}^3}{39.572 \text{ cm}^3}$$

$$= 1.479$$

2. Hitung factor z

$$z = \frac{V_R \cdot p_R \cdot T_{sc}}{V_{sc} \cdot p_{sc} \cdot T_R}$$

$$= \frac{(4.478 \text{ cm}^3) (35.315 \times 10^{-6} \text{ ft}^3 / \text{cm}^3) (1850 + 14.7 \text{ psia}) (520 \text{ }^\circ\text{R})}{(0.01792 \text{ ft}^3) (14.65 \text{ psia}) (680 \text{ }^\circ\text{R})}$$

$$= \frac{153.340}{178.519}$$

$$= 0.859$$

3. Hitung harga solution gas-oil-ratio ($R_s D$) dengan menggunakan rumus berikut :

$$R_s D = \frac{\text{Volume total gas yang dikeluarkan selama pengujian}}{\text{Volume oil residu}}$$

$$\begin{aligned} R_s D &= \frac{(0.21256 - 0.02265 - 0.01966) \text{ scf}}{(39.572 \text{ cm}^3 \text{ minyak residu}) (6.29 \times 10^{-6} \text{ bbl/cm}^3)} \\ &= \frac{0.152}{0.000248} \\ &= 684 \text{ scf/bbl minyak residu} \end{aligned}$$

4. Hitung faktor volume formasi gas (B_g) dengan menggunakan rumus berikut :

$$\begin{aligned} B_g &= \frac{0.0282 \cdot z \cdot T}{p} \\ &= \frac{(0.0282) (0.859) (680^\circ R) (680^\circ R)}{(1850 + 14.7 \text{ psia})} \\ &= 0.00882 \text{ ft}^3/\text{scf} \end{aligned}$$

5. Hitung volume total relatif fluida (B_{tD}) dengan menggunakan rumus berikut :

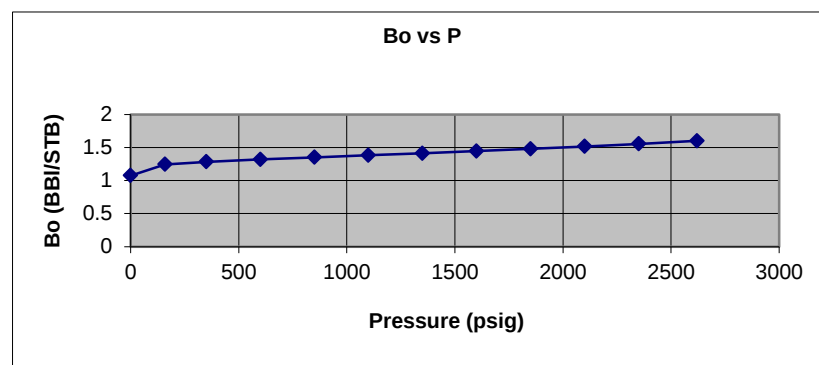
$$\begin{aligned} B_{tD} &= B_{sD} + B_g (R_{sDb} - R_{sD}) \\ &= 1.479 + \frac{(0.00882 \text{ ft}^3 / \text{scf})}{5.615 \text{ ft}^3 / \text{bbl}} (854 - 684) \\ &= 1.749 \text{ RB/bbl minyak residu} \end{aligned}$$

6. Jika diplot antara harga faktor volume formasi minyak yang terdapat pada tabel 3.4 dengan berbagai nilai tekanan, maka akan diperoleh grafik B_o Vs P seperti pada gambar 3.7.

Tabel..... Harga B_o Dari Hasil Uji Differential Liberation Test

Tekanan (psig)	Volume Minyak Pada T= 220 °F (cc)	$B_o = \frac{V_o \text{ Pada Kondisi Res}}{V_o \text{ Pada Kondisi Standar}}$
2620	63.316	1,600020
2350	61.496	1,554028
2100	59.952	1,515011
1850	58.528	1,479026
1600	57.182	1,445012
1350	55.876	1,412008

1100	54.689	1,382013
850	53.462	1,351006
600	52.236	1,320024
350	50.771	1,283003
159	49.228	1,244011
0	42.540	1,075003
	39.572 Pada 60 °F	



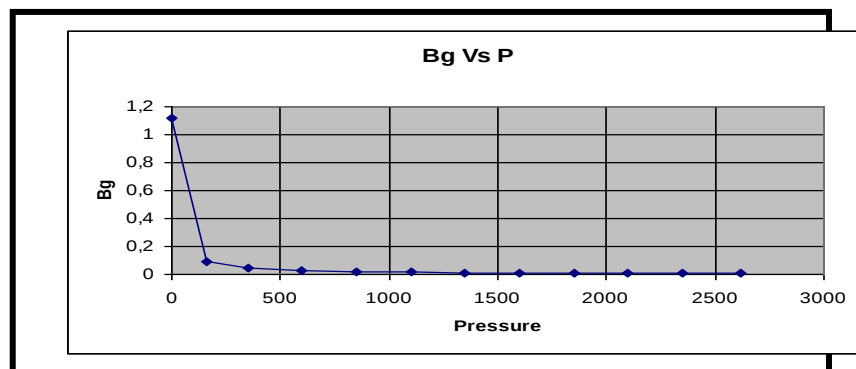
Gambar Plot B_o Hasil Uji Differential Liberation Test Vs Tekanan

7. Selanjutnya jika diplot antara harga faktor volume formasi gas yang terdapat pada tabel 3.5 dengan berbagai nilai tekanan, maka akan diperoleh grafik hubungan B_g Vs P yang terlihat pada gambar 3.8.

Tabel 3.5. Harga B_g Dari Hasil Uji Differential Liberation Test

Tekanan (psig)	Volume Gas Dipindahkan Pada $T = 220\text{ }^{\circ}\text{F}$ (cc)	Volume Gas Dipindahkan Pada Kondisi Standar (scf)	$B_g = \frac{0,0082\ zT}{P}$ (ft ³ /scf)
2620	-		0.00625

2350	4.396	0.02265	0.00696
2100	4.292	0.01966	0.00779
1850	4.478	0.01792	0.00882
1600	4.96	0.01693	0.01020
1350	5.705	0.01618	0.01207
1100	6.891	0.01568	0.01477
850	8.925	0.01543	0.01904
600	12.814	0.01543	0.02680
350	24.646	0.01717	0.04517
159	50.492	0.01643	0.09483
0		0.03908	1.12056
		0.21256	0.00625



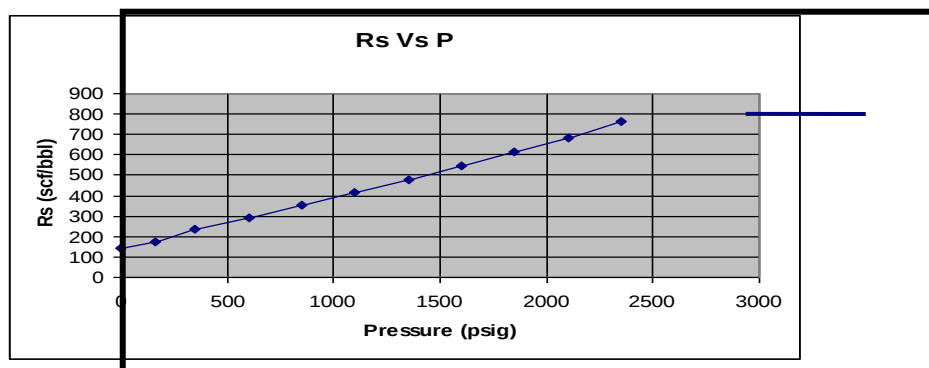
GambarPlot B_g Hasil Uji Differential Liberation Test Vs Tekanan

8. Selanjutnya jika diplot antara harga kelarutan gas dalam minyak yang terdapat pada tabel 3.6 dengan berbagai nilai tekanan, maka akan diperoleh grafik hubungan R_s Vs P yang terlihat pada gambar 3.9.

Tabel Harga R_s Dari Hasil Uji Differential Liberation Test

Tekanan (psig)	Volume Gas Dipindahkan Pada T = 220 °F (cc)	Volume Gas Dipindahkan Pada Kondisi Standar	$R_s = \frac{V_{g1} - V_{g2}}{V_{oR}}$ (scf/bbl)
-------------------	---	--	---

		(scf)	
2620	-		
2350	4.396	0.02265	762.973
2100	4.292	0.01966	683.988
1850	4.478	0.01792	611.993
1600	4.96	0.01693	543.976
1350	5.705	0.01618	478.972
1100	6.891	0.01568	415.977
850	8.925	0.01543	353.986
600	12.814	0.01543	291.995
350	24.646	0.01717	237.477
159	50.492	0.01643	171.469
0		0.03908	14.4630
		0.21256	



Gambar Plot R_s Hasil Uji Differential Liberation Test Vs Tekanan

3. Contoh Perhitungan Data Separator Test

Dari suatu separator test yang dilakukan untuk jenis fluida black oil yang volume separator liquidnya diukur pada tekanan dan temperatur separator sebelum dikumpulkan ke stock tank. Hitunglah data sifat –sifat fisik fluida reservoir yang diperoleh jika diketahui :

- Volume minyak pada P_b dan T_{res} adalah 182.637 cm^3
- Volume separator liquid pada $P \text{ 100 psig}$ dan $T \text{ 75 }^\circ\text{F} = 131.588 \text{ cm}^3$
- Volume stock tank minyak pada $P \text{ 0 psig}$ dan $T \text{ 75 }^\circ\text{F} = 124.773 \text{ cm}^3$

- Volume stock tank minyak pada P 0 psig dan T 60 °F = 123.906 cm³
- Volume gas yang dikeluarkan dari separator = 0.52706 scf
- Volume gas yang dikeluarkan dari stock tank = 0.07139 scf
- Spesifik gravity dari minyak di stock tank = 0.8217
- Spesifik gravity dari gas separator = 0.786
- Spesifik gravity gas dari stock tank = 1.363

➤ **Solusi :**

Adapun prosedur pengukuran sifat-sifat fisik fluida reservoir dengan separator test ini antara lain adalah :

1. Hitung GOR pada kondisi separator dan kondisi stock tank :

- GOR pada kondisi separator

$$\begin{aligned}(GOR)_{SP} &= \frac{\text{volume gas yang dikeluarkan dari separator}}{\text{volume liquid separator pada } P = 100 \text{ psig dan } T = 75^\circ F} \\ &= \frac{0.52706 \text{ scf}}{(131.588 \text{ cm}^3) (6.29 \times 10^{-6} \text{ bbl/cm}^3)} \\ &= 637 \text{ scf/SP bbl}\end{aligned}$$

- GOR pada kondisi stok tank

$$\begin{aligned}(GOR)_{ST} &= \frac{\text{volume gas yang dikeluarkan dari stock tank}}{\text{volume stock tank minyak pada } P = 0 \text{ psig dan } T = 75^\circ F} \\ &= \frac{0.07139 \text{ scf}}{(124.773 \text{ cm}^3) (6.29 \times 10^{-6} \text{ bbl/cm}^3)} \\ &= 91 \text{ scf/ST bbl}\end{aligned}$$

2. Hitung GOR dasar pada kondisi separator dan kondisi stock tank

- GOR dasar pada kondisi separator

$$\begin{aligned}(GOR)_{SP} &= \frac{\text{volume gas yang dikeluarkan dari separator}}{\text{volume stock tank minyak pada } P = 0 \text{ psig dan } T = 60^\circ F} \\ &= \frac{0.52706 \text{ scf}}{(123.906 \text{ cm}^3) (6.29 \times 10^{-6} \text{ bbl/cm}^3)} \\ &= 676 \text{ scf/SP bbl}\end{aligned}$$

- GOR dasar pada kondisi stock tank

$$(GOR)_{ST} = \frac{\text{volume gas yang dikeluarkan dari stock tank}}{\text{volume stock tank minyak pada } P = 0 \text{ psig dan } T = 60^\circ F}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0.07139 \text{ scf}}{(123.906 \text{ cm}^3)(6.29 \times 10^{-6} \text{ bbl/cm}^3)} \\
&= \frac{0.07139 \text{ scf}}{7.79369 \text{ stb}} \\
&= 92 \text{ scf/ST bbl}
\end{aligned}$$

3. Hitung faktor volume formasi minyak (B_o) dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
B_{oSB} &= \frac{\text{volume liquid yang dikeluarkan dari cell laboratorium}}{\text{volume liquid yang sampai di stock tank}} \\
&= \frac{182.637 \text{ res cm}^3}{123.906 \text{ ST cm}^3} \\
&= 1.474 \frac{\text{res bbl}}{\text{STB}}
\end{aligned}$$

4. Hitung faktor shrinkage separator dan faktor shrinkage stock tank

- Faktor shrinkage separator

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{volume separator liquid}}{\text{volume stock tank minyak pada } P = 0 \text{ psig dan } T = 60^\circ F} \\
&= \frac{131.588 \text{ res cm}^3}{123.906 \text{ ST cm}^3} \\
&= 1.602 \frac{\text{SP bbl}}{\text{STB}}
\end{aligned}$$

- Faktor shrinkage stock tank

$$\begin{aligned}
&= \frac{\text{volume separator minyak pada } P = 0 \text{ psig dan } T = 75^\circ F}{\text{volume stock tank minyak pada } P = 0 \text{ psig dan } T = 60^\circ F} \\
&= \frac{124.773 \text{ res cm}^3}{123.906 \text{ ST cm}^3} \\
&= 1.007 \frac{\text{SP bbl}}{\text{STB}}
\end{aligned}$$

5. Konversikan spesifik gravity dari minyak di stock tank ke $^\circ\text{API}$

$$\begin{aligned}
\text{Derajat API} &= \frac{141.5}{\gamma_o} - 131.5 \\
&= \frac{141.5}{0.8217} - 131.5 \\
&= 40.7
\end{aligned}$$

E. Latihan/Kasus/Tugas

Diket :

Hasil test = 47 bbl

Lama test = 5 jam

Water Cut = 95 %

$$R_{sp} = R_p \times S_s$$

Ditanya : 1. BFPD ?

2. BOPD ?

h) Rangkuman

i) Umpan Balik dan Tindak Lanjut

j) Kunci Jawaban

Jawab:

$$BFPD = \frac{47}{300} \times 1440$$

$$= 225 \text{ bfpd}$$

BFPD =

$$= 1428 \times 97 \%$$

$$= 1428 \times 0,3$$

$$= 428 \text{ bbl / D}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Allen , T.O., Robert A.P., "Production Operation Well Completion, Workover and Stimulation", Volume 1 dan 2, Second Edotion, Oil and Gas Consultans International, Inc. Tulsa, Oklahoma, 1982.
- Brown, K. E, "The Technology of Artificial Lift Methods", Volume 1, PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1977.
- Brown, K. E, "The Technology of Artificial Lift Methods", Volume 2a, dan 2b, PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1980.
- Brown, K. E, "The Technology of Artificial Lift Methods", Volume 4, PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1984.
- Clark, N. J., "Element of Petroleum Reservoir", Henry Doherty series, New York, 1969.
- Koesoemadinata, R. P., "Geologi Minyak dan Gas Bumi", ITB, Bandung, 1980.
- Nind, T. E. W, "Principle of Oil Well Production", McGraw Hill Book Company, New York, 1964 & 1981.
- Sukarno, Pudjo. Dan Leksono Mucharam., "Arus Fluida Multifasa Dalam Pipa", Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Ilmu Kebumian dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung, 2000.