



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Pengolahan Minyak dan Gas

Pedagogik : Pengembangan Instrumen Penilaian
Profesional : Pengoperasian Tangki Timbun Minyak
dan Gas Bumi

KELOMPOK
KOMPETENSI





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian
Teknik Pengolahan Minyak dan Gas

Penyusun :

Novia Rita, ST., MT
T. Minyak UIR Riau
nova_rita02@yahoo.com

No. HP

Reviewer :

Nurul Arifin, M.Sc
SMKN 3 Mandau
nurularipin776

085265959270

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



KATA PENGANTAR

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

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

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

Jakarta, Agustus 2015
Direktur Jenderal Guru dan Tenaga
Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	viii
BAB I 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 KOMPETENSI PEDAGOGIK	5
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : KAIDAH PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN DAN EVALUASI HASIL BELAJAR.....	5
A. Tujuan Pembelajaran	5
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	5
C. Uraian materi	5
D. Aktivitas Pembelajaran.....	15
E. Rangkuman.....	16
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	16
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : PENYUSUNAN KISI-KISI DAN SOAL.....	20
A. Tujuan Pembelajaran	20
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	20
C. Uraian materi	20
D. Aktivitas Pembelajaran.....	55
E. Latihan/Kasus/Tugas	56
F. Rangkuman.....	57
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	58
BAB III KOMPETENSI PROFESIONAL.....	63
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: PENGOPERASIAN TANGKI TIMBUN MINYAK & GAS BUMI.....	63

A. Tujuan.....	63
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	63
C. Uraian Materi	63
D. Aktifitas Pembelajaran	104
Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok)	104
E. Latihan Soal/ Kasus/ Tugas	107
F. Rangkuman.....	108
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	108
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: PROSES PENGOLAHAN GAS BUMI	114
A. Tujuan Pembelajaran	114
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	114
C. Uraian Materi	114
D. Aktifitas Pembelajaran	157
E. Latihan Soal/Kasus/Tugas	164
F. Rangkuman.....	165
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	167
BAB IV PENUTUP	189
EVALUASI	190
DAFTAR PUSTAKA	199
LAMPIRAN.....	201
Kunci Jawaban Latihan Soal Kb.1: Tangki Timbun Minyak Dan Gas Bumi	201
Kunci Jawaban Latihan Soal Profesional KB.2 Kompetensi I: Proses Pengolahan Gas Bumi.....	205
Kunci Jawaban Evaluasi Pedagogik KB.1 KOMPETENSI I.....	207
Kunci Jawaban Evaluasi Pedagogik KB.2 KOMPETENSI I.....	207
Kunci Jawaban Evaluasi Profesional KB.1 KOMPETENSI I : Tangki Timbun Minyak dan Gas Bumi.....	208
Kunci Jawaban Evaluasi Profesional KB.2 KOMPETENSI : Proses Pengolahan Gas Bumi.....	208

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Spherical Storage Tank</i>	66
Gambar 2. <i>Noded Spheroidal Storage Tank (Courtesy of C-E Natco)</i>	67
Gambar 3. <i>Horizontal Tank (www.highlandtank.com/ul-142-horizontal-double-wall)</i>	68
Gambar 4. <i>Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kubah (Fixed Dome Roof)</i>	70
Gambar 5. <i>Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kerucut (Fixed Cone Roof)</i> ...	71
Gambar 6. <i>Tangki Silindris Tegak Atap Bergerak (Floating Roof)</i>	72
Gambar 7. <i>Bentuk Bolted Tank (http://lektisii.net/4-53271.html)</i>	73
Gambar 8. <i>Pipe Storage (GPSA Engineering Data Book, 2004)</i>	74
Gambar 9. <i>Diagram alir penyebab terjadinya Losses (QAS Wakidin, 2011)</i> .	79
Gambar 10. <i>Siklus Vapor Recovery (QAS Wakidin, 2011)</i>	81
Gambar 11. <i>Cara Penentuan Volume Minyak Dengan Metode Innage (QAS Pertamina Slide, 2011)</i>	88
Gambar 12. <i>Cara Penentuan Volume Minyak Dengan Metode Ullage (QAS Pertamina Slide)</i>	90
Gambar 13. <i>Tabung Tangki dalam posisi vertikal (a) dan Horizontal (b) (Sulthan Yusuf, 2009)</i>	91
Gambar 14. <i>Tabung Tangki Tidak Terisi Penuh (Sulthan Yusuf, 2009)</i>	92
Gambar 15. <i>Volume Parsial Dalam Tangki Timbun (GPSA Engineering Data Book, 2010)</i>	93
Gambar 16. <i>Fasilitas Tangki Timbun (Kemendikbud, 2013)</i>	94
Gambar 17. <i>Penimbunan Bawah Tanah (GPSA, 2004)</i>	99
Gambar 18. <i>Jenis-jenis tangki timbun dengan sistem refrigerated</i>	102
Gambar 19. <i>Tangki Penyimpanan Gas Cair Fully Refrigerated</i>	103
Gambar 20. <i>Diagram Fasa Dry Gas (William D,McCain, 1990)</i>	118
Gambar 21. <i>Diagram Fasa Wet Gas (William D,McCain, 1990)</i>	118
Gambar 22. <i>Diagram Fasa Gas Kondensat (William D,McCain, 1990)</i>	120
Gambar 23. <i>Separator Dua Fasa</i>	125
Gambar 24. <i>Separator Tiga Fasa</i>	125
Gambar 25. <i>Proses Glycol Dehydration Unit</i>	128

Gambar 26. Plat Orifice Meter	132
Gambar 27. Recording Chart	133
Gambar 28. Prinsip Kerja Gas Chromatography	134
Gambar 29. Associated gas & Non Associated Dalam Proses Produksi	137
Gambar 30. Glycol TEG Absorber	140
Gambar 31. <i>Reboiler</i>	141
Gambar 32. Flow Diagram TEG (Slide Chevron, 2010)	143
Gambar 33. Proses Pemisahan Gas dengan <i>Oil, Condensate, & Water</i>	144
Gambar 34. Skema Proses Amine Sweetening (Arnold K, Stewart M, 1989)	148
Gambar 35. Skema Proses <i>Physical Solvent</i> (Arnold K, Stewart M, 1989)..	149
Gambar 36. Proses Dehidrasi Gas (wbsakti.files.wordpress.com, 2012)....	157

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Matrik Uji Gregory.....	49
Tabel 2. Pemilihan Tangki Timbun Minyak Bumi (Arnold K, Stewart M.,1986)	69
Tabel 3. Penanggulangan Faktor Aktual.....	76
Tabel 4. Penanggulangan Random Error	77
Tabel 5. Penanggulangan Sistematis Error	78
Tabel 6. Komponen Senyawa Hidrokarbon Gas Bumi.....	115
Tabel 7. Komponen Senyawa Non-Hidrokarbon Gas Bumi	115
Tabel 8. Konstanta a Untuk Masing – Masing Metode.....	121
Tabel 9. Glycol TEG Regeneration Process	142
Tabel 10. Harga MEA dan DEA.....	152
Tabel 11. Perbandingan Proses Batch	154

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Undang-undang No. 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen, telah menyatakan dasar legal pengakuan atas profesi guru dengan segala dimensinya. Di dalam UU ini disebutkan bahwa guru adalah pendidik profesional dengan tugas utama mendidik, mengajar, membimbing, mengarahkan, melatih, menilai, dan mengevaluasi peserta didik pada pendidikan anak usia dini jalur pendidikan formal, pendidikan dasar, dan pendidikan menengah. Tugas ini tercermin dalam kompetensi pedagogik dan kompetensi professional seorang guru. Oleh sebab itu Guru perlu ditingkatkan kompetensinya melalui diklat dengan menggunakan modul.

Desain modul ini dirancang untuk memperkuat kompetensi guru dari sisi pengetahuan, ketrampilan serta sikap secara utuh. Dimana proses pencapaiannya melalui pembelajaran pada sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai satu kesatuan yang saling mendukung dalam mencapai kompetensi tersebut.

Modul yang berjudul “ Modul Diklat Pasca UKG Paket Teknik Pengolahan Minyak Gas dan Petrokimia Grade 9 ” merupakan sejumlah kompetensi yang diperlukan untuk guru SMK pada program keahlian Perminyakan yang diberikan pada Jenjang Menengah-2 dengan perolehan nilai 81-90 pasca Uji Kompetensi Guru (UKG). Modul ini merupakan usaha minimal yang harus dilakukan oleh guru untuk mencapai sejumlah kompetensi yang diharapkan dalam kompetensi inti dan kompetensi dasar sesuai dengan pendekatan ilmiah (*scientific approach*) yang dipergunakan dalam kurikulum 2013. Langkah-langkah pendekatan ilmiah dalam proses pembelajarannya dimulai dari menggali informasi melalui pengamatan, pertanyaan dan percobaan,

kemudian mengolah data dan informasi, menyajikan data atau informasi dan dilanjutkan dengan menganalisis, menalar dan kemudian menyimpulkan serta kegiatan lain yang sesuai dan relevan, serta bersumber dari alam sekitar kita. Modul ini dilengkapi dengan materi yang tercakup dalam kompetensi Pedagogik dan kompetensi professional. Materi Kompetensi pedagogik pada modul ini membahas tentang pengembangan instrumen penilaian, Sedangkan kompetensi professional membahas tentang Memadukan teknik pengoperasian tangki timbun dan losses selama penyimpanan dan penyaluran; Menentukan macam - macam gas bumi dan komposisi gas bumi.

B. Tujuan

1. Peserta Diklat dapat mengembangkan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar.
2. Peserta Diklat dapat memadukan teknik pengoperasian tangki timbun dan losses selama penyimpanan dan penyaluran
3. Peserta Diklat dapat menentukan macam-macam gas bumi dan komposisi gas bumi

C. Peta Kompetensi

Kompetensi Utama	Kompetensi Inti	Kompetensi Guru
Pedagogik	8. Menyelenggarakan Penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar	8.4. Mengembangkan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar. 8.7 Melakukan evaluasi proses dan hasil belajar.
Profesional	20. Menguasai materi, struktur, konsep dan pola pikir keilmuan	20.38. Memadukan teknik Pengoperasian tangki timbun dan

	yang mendukung mata pelajaran yang diampu	losses selama penyimpanan dan penyaluran. 20.40. Menentukan macam-macam gas bumi dan komposisi gas bumi.
--	---	---

D. Ruang Lingkup

Ada pun ruang lingkup dari modul ini meliputi :

1. Penentuan aspek-aspek proses dan hasil belajar.
2. Melakukan pengujian terhadap produk migas
3. Mengontrol karakteristik produk dan bahan baku yang mudah menguap : RVP, distilasi dan Menspesifikasi karakteristik produk dan bahan baku yang disimpan.
4. Mengkombinasikan volume absorvasi dan volume standart dan Merumuskan volume yang didapat dari pengukuran langsung : data pengukuran, temperatur minyak, density.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Langkah pembelajaran dalam modul ini dibagi dalam dua aktivitas, yakni aktivitas kelas dan individual. Aktivitas kelas dilaksanakan dalam bentuk kegiatan ceramah, diskusi dan curah pendapat dalam bentuk klasikal learning. Aktivitas individual meliputi, membaca modul, melakukan latihan dan membuat rangkuman dan melakukan evaluasi individual.

Dengan mengikuti langkah pembelajaran yang telah ditentukan ini, diharapkan peserta Diklat dapat meningkatkan kompetensinya, yang pada akhirnya meningkatkan kualitas pembelajaran di kelas, sehingga dapat meningkatkan kualitas hasil belajar peserta didik di sekolah.

Di dalam modul ini anda akan menemukan bagian-bagian sebagai berikut :

1. Pendahuluan

Anda menemukan informasi tentang latar belakang, tujuan, Peta Kompetensi, ruang lingkup modul, dan saran penggunaan modul.

2. Uraian Materi

Pada bagian ini anda mempelajari materi pelajaran yang harus anda kuasai

3. Aktivitas Pembelajaran

Anda menemukan berbagai bentuk kegiatan belajar yang harus dilakukan untuk memantapkan pengetahuan, keterampilan, serta nilai dan sikap yang terkait dengan uraian materi.

4. Latihan/Kasus/Tugas

Pada bagian ini anda mengerjakan soal-soal atau melaksanakan tugas untuk mengukur kemampuan anda terhadap topik pelajaran yang telah anda pelajari.

5. Ringkasan

Anda menemukan inti sari dari uraian materi kegiatan pembelajaran yang disajikan diakhir kegiatan pembelajaran.

6. Umpan Balik/Tindak Lanjut

Pada bagian ini anda akan menulis pernyataan deskriptif tentang hal-hal yang telah dipelajari/ditemukan selama pembelajaran, rencana pengembangan dan implementasinya, input terhadap pembelajaran berikutnya.

7. Kunci jawaban Latihan/Kasus/Tugas

Anda menemukan kunci jawaban dari latihan-latihan yang anda kerjakan.

8. Evaluasi

Anda menemukan seperangkat tes yang diberikan untuk mengukur penguasaan terhadap materi yang dipelajari

BAB II

KOMPETENSI PEDAGOGIK

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : KAJIDAH PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN DAN EVALUASI HASIL BELAJAR

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti sesi ini, peserta diklat dapat menerapkan kaidah pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi hasil belajar sesuai dengan karakteristik teknik perminyakan.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Kaidah pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar dijelaskan dengan benar.

C. Uraian materi

1. Kaidah Pengembangan Instrumen

Dalam pengembangan instrumen hasil belajar perlu dipahami domain perilaku/kemampuan yang akan diukur sebelum menyusun instrumen. Pemahaman terhadap domain perilaku yang akan diukur menentukan apakah instrumen yang dikembangkan tepat sehingga pengukuran dan hasilnya juga tepat. Perilaku yang akan diukur, pada Kurikulum Berbasis Kompetensi tergantung pada tuntutan kompetensi. Setiap kompetensi di dalam kurikulum memiliki tingkat keluasan dan kedalaman kemampuan yang berbeda. Semakin tinggi kemampuan/perilaku yang diukur sesuai dengan target kompetensi, maka semakin sulit soal dan semakin sulit pula menyusunnya. Dalam Standar Isi, perilaku yang akan diukur dapat dilihat pada “perilaku yang terdapat pada rumusan kompetensi dasar atau pada standar kompetensi”. Bila ingin mengukur perilaku yang lebih tinggi, guru

dapat mendaftar terlebih dahulu semua perilaku yang dapat diukur, mulai dari perilaku yang sangat sederhana/mudah sampai dengan perilaku yang paling sulit/tinggi, berdasarkan rumusan kompetensinya (baik standar kompetensi maupun kompetensi dasar). Dari susunan perilaku itu, dipilih satu perilaku yang tepat diujikan kepada peserta didik, yaitu perilaku yang sesuai dengan kemampuan peserta didik di kelas.

Pengembangan instrumen (penulisan soal) didasarkan pada spesifikasi yang terdapat dalam kisi-kisi soal. Agar soal yang dihasilkan lebih bermutu maka perlu mengikuti kaidah-kaidah penulisan soal. Kaidah penulisan soal merupakan petunjuk atau pedoman dalam menulis soal, sehingga soal mampu menjangkau informasi secara optimal. Kaidah-kaidah dalam penulisan soal ini dapat dikelompokkan atas 3 bagian yaitu :

- a. Kaidah yang menyangkut Materi ; berkaitan dengan kesesuaian dan kebenaran isi (materi) yang diujikan.
- b. Kaidah yang menyangkut konstruksi; berkaitan dengan grafika, penempatan dan kelengkapan soal.
- c. Kaidah yang menyangkut penggunaan bahasa; menyangkut bahasa yang digunakan dalam penulisan butir soal.

Secara umum kaidah penyusunan soal dapat dipahami seperti uraian di bawah ini :

- a. Petunjuk pengerjaan dan rumusan soal harus jelas dan menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar.
- b. Rumusan soal harus sesuai dengan indikator
- c. Butir soal tidak tergantung pada jawaban soal sebelumnya
- d. Rumusan soal tidak boleh mengandung petunjuk (clue) kepada kunci jawaban.
- e. Materi soal harus sesuai dengan jenjang/jenis pendidikan atau tingkatan kelas.

- f. Rumusan soal harus mempertimbangkan tingkat kesulitan soal

Dengan mempertimbangkan keunggulan masing-masing bentuk soal dan kaidah penyusunannya, diharapkan tercipta soal yang mampu mengukur sejauh mana siswa dapat menguasai materi yang ia pelajari. Perangkat soal sebagai salah satu alat penilaian diharapkan dapat mengungkap semua domain terutama aspek kognitif siswa. Alat penilaian jangan hanya berfungsi sebagai sumatif tetapi juga sebagai sarana peningkatan motivasi belajar.

2. Mengonstruksi Pertanyaan Esai

Tes esai adalah salah satu bentuk tes tertulis, yang susunannya terdiri atas item-item pertanyaan yang masing-masing mengandung permasalahan dan menuntut jawaban siswa melalui uraian-uraian kata yang merefleksikan kemampuan berpikir siswa.

Bentuk pertanyaan atau item tes esai dapat dikonstruksi dengan menggunakan kata bantu pertanyaan tertentu yang mengandung unsur singkatan 4W +1H, *Where* (di mana), *who* (siapa), *what* (apa), *why* (mengapa), dan *how* (bagaimana). Di samping itu pertanyaan esai direncanakan secara sistematis untuk mendorong para siswa agar memiliki kemampuan mengekspresikan ide-ide mereka dengan menggunakan bahasa atau kata-kata sendiri, menggunakan informasi dari pengetahuan mereka sendiri, kemudian menuangkannya secara bebas dalam lembaran jawaban yang ada. Kemampuan mengekspresikan ide-ide siswa sendiri itulah yang sebenarnya merupakan kelebihan dari tes esai.

Beberapa contoh tes esai diantaranya dapat dilihat berikut ini :

- a. Sebutkan dua alasan pokok mengapa transmisi roda gigi lebih menguntungkan dibanding dengan transmisi sabuk (*belt transmission*)!
- b. Apakah fungsi minyak pelumas pada kotak transmisi roda gigi (*transmission gear box*)?

Kegagalan yang sering terjadi, yang berasal dari guru sebagai evaluator dalam mengonstruksi pertanyaan tidak dapat memotivasi para siswa agar mau mengungkapkan kemampuannya dalam menuangkan ide-ide mereka. Berikut adalah beberapa contoh item pertanyaan esai yang dirasakan masih kurang baik.

Contoh jelek : Mengapa bahan bakar bensin banyak disukai di masyarakat?

Lebih baik : Nyatakan tiga macam alasan yang dapat menerangkan, mengapa bahan bakar bensin banyak disukai masyarakat.

Ada beberapa cara yang harus diperhatikan guru (evaluator) dalam menyusun tes esai, yaitu :

- a. Hendaknya memfokuskan pertanyaan esai pada materi pembelajaran yang tidak dapat diungkap dengan bentuk tes lain misalnya tes objektif. Ada beberapa faktor penting dalam proses belajar mengajar, yang hanya bisa diungkap oleh tes esai diantaranya pembelajaran yang kompleks, organisasi materi, integrasi penyusunan jawaban, dan ekspresi penuangan ide dari pemikiran siswa kedalam bentuk jawaban soal. Itu semua menjadikan tes esai tetap menjadi pilihan para guru.
- b. Hendaknya memformulasikan item pertanyaan yang mengungkap perilaku spesifik yang diperoleh dari pengalaman hasil belajar. Pertanyaan yang tidak mengarah pada tujuan instruksional sebaiknya dikesampingkan terlebih dahulu.
- c. Item-item pertanyaan esai sebaiknya jelas dan dan tidak menimbulkan kebingungan sehingga para siswa dapat menjawab dengan tidak ragu-ragu. Menggunakan kata-kata yang spesifik, seperti terangkan, bandingkan, buktikan, nyatakan dalam kesimpulan, gunakan dan sebagainya.
- d. Serta petunjuk waktu pengerjaan untuk setiap pertanyaan, agar para siswa dapat memperhitungkan kecepatan berpikir, menulis, dan menuangkan ide sesuai dengan wktu yang disediakan. Pertimbangan waktu tersebut hendaknya didasarkan pada tingkat kesulitan setiap pertanyaan.

- e. Ketika mengonstruksi sejumlah pertanyaan esai, para guru hendaknya menghindari pertanyaan pilihan. Pertanyaan pilihan biasanya terletak pada kalimat instruksi pengerjaan pada awal tes, misalnya "pilih empat soal dari lima pertanyaan yang tersedia. Penggunaan pertanyaan pilihan dimungkinkan mempengaruhi reliabilitas tes esai yang direncanakan.
- f. Item pertanyaan yang direncanakan hendaknya memuat persoalan penting yang telah diajarkan dalam proses belajar mengajar.
- g. Kata-kata yang digunakan dalam pertanyaan hendaknya tidak diambil secara langsung dari buku/catatan. Para guru/evaluator dapat memodifikasi atau menggunakan kata lain yang mungkin artinya sama agar siswa tidak semata-mata menghafal.
- h. Pertanyaan esai yang direncanakan sebaiknya dibuat bervariasi dan bisa mencakup unit-unit mata pelajaran yang diajarkan.

3. Mengonstruksi Tes Objektif Jenis Isian

Disamping tes esai seperti yang telah dibahas diatas, ada item tes jenis lain yang juga sering digunakan oleh para guru dalam kegiatan belajar mengajar. Item tes yang dimaksud yaitu tes objektif. Tes ini dikatakan objektif karena para siswa tidak dituntut merangkai jawaban atas dasar informasi yang dimilikinya seperti tes esai. Secara garis besar tes objektif dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu tes objektif jenis isian (*supply type*) dan tes objektif jenis pilihan (*selection type*).

Tes objektif jenis isian pada prinsipnya mencakup tiga macam tes, yaitu a) tes jawaban bebas atau jawaban terbatas, b) tes melengkapi, dan c) tes asosiasi.

Tes jawaban bebas mengungkap kemampuan siswa dengan cara bertanya, tes melengkapi mengungkap kemampuan siswa melalui memberikan spasi atau ruang kosong untuk diisi siswa dengan kata yang tepat, dan tes asosiasi mengungkap kemampuan para siswa dengan menyediakan spasi yang diisi dengan satu jawaban atau lebih, di mana

jawaban tersebut masih memiliki keterkaitan dan bersifat homogen antara satu dengan lainnya.

Mengonstruksi item tes, baik jenis isian maupun jenis pilihan merupakan langkah penting yang harus dikuasai dengan baik oleh guru. Hal ini terjadi karena validitas tes objektif jenis isian dan pilihan pada umumnya tergantung pada kualitas isi dan tampilannya, sedangkan kualitas isi dan tampilan sangat dipengaruhi oleh kemampuan guru dalam mengonstruksi tes yang dimaksud. Oleh karena itu, perlu kiranya seorang guru memiliki kemampuan mengonstruksi agar hal-hal yang menurunkan kualitas isi dan tampilan tes, seperti kerusakan teknik, pernyataan yang tidak relevan, substansi yang keliru dapat dikurangi seminimal mungkin.

Agar mendapatkan tes yang memiliki susunan dan penampilan yang baik, para guru/evaluator dapat mempertimbangkan beberapa petunjuk yang dapat dilihat seperti berikut.

- a. Nyatakan petunjuk tes yang singkat dan jelas dengan cara memberikan garis bawah pada kata-kata kunci. Petunjuk ini penting agar para siswa dengan cepat dapat memahami perintah tes dengan baik dan dapat melakukan pekerjaan evaluasi seperti yang diperintahkan.
- b. Tulis pertanyaan dan atau pernyataan, di mana hanya ada satu kemungkinan jawaban benar.
- c. Pilih batasan atau terminologi dari suatu pengetahuan, dengan menghilangkan kata kuncinya. Kata kunci tersebut menjadi jawaban yang harus diisi oleh para siswa.
- d. Tanyakan secara spesifik untuk jawaban yang diinginkan. Sebagai contoh, Refigerasi mekanis unit bisa diinstalasi di dari VRU untuk perolehan cairan hidrokarbon yang memiliki yield point tinggi.

Jawabannya adalah (*downstream*).

- a. Gunakan hanya satu spasi atau ruang kosong, untuk setiap item tes melengkapi. Jika spasi lebih dari tiga maka item tersebut lebih baik dikonstruksi dengan model tes jawaban bebas. Contoh :

- b. Kurang baik : yang termasuk warna primer.....,, dan
- c. Lebih baik : Tiga macam warna apakah yang termasuk sebagai warna primer?
- d. Tempatkan spasi atau ruang kosong pada akhir kalimat dari item tes melengkapi. Penempatan spasi tersebut dimaksudkan agar lebih membantu para siswa untuk menjawab dengan cepat.
- e. Buat kunci jawaban yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pemberian penilaian. Kunci jawaban diperlukan untuk memudahkan dalam penilaian guru maupun pedoman jawaban yang diberikan kepada siswa.

Tes/Instrumen jawaban singkat dan tes melengkapi merupakan tes esai yang sangat sederhana. Instrumen-instrumen ini kurang cocok untuk tes dengan sasaran pengetahuan yang memiliki tingkat domain lebih tinggi, seperti aplikasi, sintesis dan evaluasi pada ranah kognitif. Walaupun demikian jawab singkat dan tes melengkapi, sangat baik untuk tujuan mengungkap kemampuan kognitif yang rendah dan berguna bagi siswa yang sejak awal ingin dididik dan dikembangkan melalui latihan-latihan yang secara periodik dan bertahap meningkat ke arah jawaban yang lebih kompleks.

Item tes jenis asosiasi sering disebut tes identifikasi karena pada proses penilaian para siswa di minta menghubungkan atau mengidentifikasi satu konsep dengan konsep lainnya. Pada kasus lain di sebut pertanyaan mengingat, karena para siswa perlu mengingat antara kaitan konsep satu dengan konsep lain yang sejenis. Untuk mendapatkan item tes asosiasi yang baik, berikut beberapa petunjuk yang dapat digunakan sebagai pertimbangan, ketika seorang guru mengonstruksi item tes mmodel analisis.

- a. Nyatakan perintah pengerjaan tes secara singkat dan jelas sehingga semua peserta didik dapat memahami perintah tersebut.
- b. Guru sebaiknya lebih dahulu melakukan pengelompokan fakta yang homogen. Jangan sampai pada langkah ini guru mencampurkan antara fungsi alat dengan komponen lain yang tidak terkait satu sama

lain. Sebagai contoh antara fungsi pisau frais dengan konsep air pendingin pada mesin industri.

- c. Berikan satu kolom untuk satu konsep, dan kolom yang lain untuk jawaban yang dimaksud.
- d. Kedua kolom sebaiknya memuat kata-kata atau frasa yang sama tujuannya.
- e. Gunakan konsep-konsep yang dapat dihubungkan dengan konsep lain untuk tujuan sama.
- f. Untuk tujuan pengembangan, jumlah kolom jawaban pada umumnya dibuat lebih banyak dibanding pada jumlah pernyataan.

Contoh :

Tujuan : Mengidentifikasi prinsip pembelajaran melalui fakta sekitar siswa.

Petunjuk : Isilah pernyataan dalam kolom kedua dengan bentuk kikir yang paling tepat sehingga menjadi kalimat bermakna.

Penggunaan	Macam-Macam bentuk kikir
• Mengurangi ukuran permukaan	
• Membentuk sudut	
• Memperluas lubang	
• Menghaluskan benda kerja	

Pada kondisi tertentu, tes asosiasi dapat juga dipresentasikan dalam bentuk lain, yaitu dengan tes penampilan yang menggunakan metode demonstrasi, dimana para siswa diminta untuk menunjukkan kegunaan dan mengidentifikasi macam-macam alat yang diinginkan.

4. Mengonstruksi Tes Pilihan Ganda

Soal pilihan ganda merupakan bentuk soal yang jawabannya dapat dipilih dari beberapa kemungkinan jawaban yang telah disediakan. Konstruksinya terdiri dari pokok soal dan pilihan jawaban. Pilihan jawaban terdiri atas kunci dan pengecoh. Kunci jawaban harus merupakan jawaban benar atau paling benar sedangkan pengecoh merupakan jawaban tidak benar, namun daya jebaknya harus berfungsi, artinya siswa memungkinkan memilihnya jika tidak menguasai materinya.

Soal pilihan ganda dapat diskor dengan mudah, cepat, dan memiliki objektivitas yang tinggi, mengukur berbagai tingkatan kognitif, serta dapat mencakup ruang lingkup materi yang luas dalam suatu tes. Bentuk ini sangat tepat digunakan untuk ujian berskala besar yang hasilnya harus segera diumumkan, seperti ujian nasional, ujian akhir sekolah, dan ujian seleksi pegawai negeri. Hanya saja, untuk menyusun soal pilihan ganda yang bermutu perlu waktu lama dan biaya cukup besar, disamping itu, penulis soal akan kesulitan membuat pengecoh yang homogen dan berfungsi, terdapat peluang untuk menebak kunci jawaban, dan peserta mudah mencotek kunci jawaban.

Secara umum, setiap soal pilihan ganda terdiri dari pokok soal (*stem*) dan pilihan jawaban (*option*). Pilihan jawaban terdiri atas kunci jawaban dan pengecoh (*distractor*). Dalam penyusunan soal tes tertulis, penulis soal harus memperhatikan kaidah-kaidah penulisan soal dilihat dari segi materi, konstruksi, maupun bahasa. Selain itu soal yang dibuat hendaknya menuntut penalaran yang tinggi. Hal ini dapat dilakukan antara lain dengan cara :

- a. Mengidentifikasi materi yang dapat mengukur perilaku pemahaman, penerapan, analisis, sintesis, atau evaluasi. Perilaku ingatan juga diperlukan namun kedudukannya adalah sebagai langkah awal sebelum siswa dapat mengukur perilaku yang disebutkan di atas;
- b. Membiasakan menulis soal yang mengukur kemampuan berfikir kritis dan mengukur keterampilan pemecahan masalah; dan

- c. Menyajikan dasar pertanyaan (stimulus) pada setiap pertanyaan, misalnya dalam bentuk ilustrasi/bahan bacaan seperti kasus, contoh, tabel dan sebagainya.

Menulis soal bentuk pilihan ganda sangat diperlukan keterampilan dan ketelitian. Hal yang paling sulit dilakukan dalam menulis soal bentuk pilihan ganda adalah menuliskan pengecohnya. Pengecoh yang baik adalah pengecoh yang tingkat kerumitan atau tingkat kesederhanaan, serta panjang-pendeknya relatif sama dengan kunci jawaban. Oleh karena itu, untuk memudahkan dalam penulisan soal bentuk pilihan ganda, maka dalam penulisannya perlu mengikuti langkah-langkah berikut, langkah pertama adalah menuliskan pokok soalnya, langkah kedua menuliskan kunci jawabannya, langkah ketiga menuliskan pengecohnya.

Dalam menulis soal pilihan ganda harus memperhatikan kaidah - kaidah sebagai berikut:

- a. Materi

- 1) Soal harus sesuai dengan indikator.
- 2) Pilihan jawaban harus homogen dan logis ditinjau dari segi materi.
- 3) Setiap soal harus mempunyai satu jawaban yang benar atau yang paling benar.

- b. Konstruksi

- 1) Pokok soal harus dirumuskan secara jelas dan tegas.
- 2) Rumusan pokok soal dan pilihan jawaban harus merupakan pernyataan yang diperlukan saja.
- 3) Pokok soal jangan memberi petunjuk ke arah jawaban benar.
- 4) Pokok soal jangan mengandung pernyataan yang bersifat negatif ganda.
- 5) Panjang rumusan pilihan jawaban harus relatif sama.
- 6) Pilihan jawaban jangan mengandung pernyataan, "Semua pilihan jawaban di atas salah", atau "Semua pilihan jawaban di atas benar".

- 7) Pilihan jawaban yang berbentuk angka atau waktu harus disusun berdasarkan urutan besar kecilnya nilai angka tersebut, atau kronologisnya.
- 8) Gambar, grafik, tabel, diagram, dan sejenisnya yang terdapat pada soal harus jelas dan berfungsi.
- 9) Butir soal jangan bergantung pada jawaban soal sebelumnya.

c. Bahasa

- 1) Setiap soal harus menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia.
- 2) Jangan menggunakan bahasa yang berlaku setempat, jika soal akan digunakan untuk daerah lain atau nasional.
- 3) Setiap soal harus menggunakan bahasa yang komunikatif.
- 4) Pilihan jawaban jangan mengulang kata atau frase yang bukan merupakan satu kesatuan pengertian.

D. Aktivitas Pembelajaran

Bagilah kelas anda menjadi beberapa kelompok berdasarkan jenis mata pelajaran yang diampu. Silahkan berdiskusi dengan kelompok anda dengan instruksi sebagai berikut:

1. Susunlah soal (instrumen) yang memperhatikan prinsip dan kaidah penulisan soal.
2. Bentuk soal sesuai dengan kesepakatan anggota.
3. Jumlah soal yang disusun 10 butir.
4. Setiap soal yang disusun, harus disertai alasan apakah soal tersebut telah mengikuti kaidah penyusunan soal yang telah dipelajari .
5. Masing-masing kelompok akan mempresentasikan instrumen yang sudah disusun disertai dengan argumen yang kuat, bawa instrumen yang telah disusun tersebut sudah mengikuti kaidah penyusunan soal.

E. Rangkuman

1. Kaidah-kaidah dalam penulisan soal ini dapat dikelompokkan atas 3 bagian yaitu : Kaidah yang menyangkut Materi , Kaidah yang menyangkut konstruksi dan kaidah yang menyangkut penggunaan bahasa.
2. Tes esai merupakan salah satu bentuk tes tertulis, yang susunannya terdiri atas item-item pertanyaan yang masing-masing mengandung permasalahan dan menuntut jawaban siswa melalui uraian-uraian kata yang merefleksikan kemampuan siswa.
3. Tes objektif jenis isian pada prinsipnya mencakup tiga macam tes, yaitu a) tes jawaban bebas atau jawaban terbatas, b) tes melengkapi, dan c) tes asosiasi. Tes jawaban bebas mengungkap kemampuan siswa dengan cara bertanya, tes melengkapi mengungkap kemampuan siswa melalui memberikan spasi atau ruang kosong untuk diisi siswa dengan kata yang tepat, dan tes asosiasi mengungkap kemampuan para siswa dengan menyediakan spasi yang diisi dengan satu jawaban atau lebih, di mana jawaban tersebut masih memiliki keterkaitan dan bersifat homogen antara satu dengan lainnya.
4. Soal pilihan ganda merupakan bentuk soal yang jawabannya dapat dipilih dari beberapa kemungkinan jawaban yang telah disediakan. Kontruksinya terdiri dari pokok soal dan pilihan jawaban. Pilihan jawaban terdiri atas kunci dan pengecoh. Kunci jawaban harus merupakan jawaban benar atau paling benar sedangkan pengecoh merupakan jawaban tidak benar, namun daya jebaknya harus berfungsi, artinya siswa memungkinkan memilihnya jika tidak menguasai materinya.

F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Tulislah apa yang sudah Anda ketahui dari materi ini !
2. Apakah materi ini bermanfaat untuk membantu tugas Anda sebagai guru?
3. Materi apa yang masih diperlukan untuk membantu tugas Anda berkaitan dengan kaidah pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi hasil belajar ?

4. Adakah saran/komentar Anda berkaitan dengan kaidah pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi hasil belajar ?

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : PENYUSUNAN KISI-KISI DAN SOAL

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti sesi ini, peserta diklat dapat mengembangkan kisi-kisi dan soal sesuai dengan karakteristik teknik perminyakan.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Kisi-kisi dikembangkan sesuai dengan tujuan penilaian
2. Instrumen penilaian dikembangkan sesuai dengan kisi-kisi

C. Uraian materi

1. Penyusunan Kisi-Kisi Soal

Dalam kegiatan pembelajaran kegiatan yang paling penting adalah melakukan tes, karena dengan melakukan tes, seorang guru dapat mengetahui sejauh mana kemampuan siswa dalam memahami materi yang telah dipelajari.

Dalam penyusunan soal-soal/tes terkadang guru mengalami kesulitan, karena dalam pembuatan soal tersebut diperlukan berbagai pertimbangan agar soal yang dibuat tidak terlalu sulit, terlalu mudah dan membingungkan peserta didik ketika hendak menjawab soal-soal tersebut. Dalam penyusunan tes hal yang paling penting yang harus dimiliki yaitu validitas soal-soal yang akan diujikan kepada peserta didik. Untuk memudahkan guru dalam penyusunan tes maka diperlukan pembuatan kisi-kisi (*tabel spesifikasi*).

Suatu soal tes hasil belajar baru dapat dikatakan tes yang baik apabila materi yang tercantum dalam item-item soal tes tersebut merupakan pilihan yang cukup representatif terhadap materi pelajaran yang diberikan di kelas yang bersangkutan. Apabila materi yang diungkapkan dalam

item-item suatu soal tes hasil belajar hanya menyangkut sebagian kecil saja dari keseluruhan materi yang harus dikuasai oleh murid-murid maka soal tes hasil belajar tersebut bukan lah termasuk soal tes yang baik. Sebaliknya, apabila materi yang diungkapkan dalam item-item tes hasil belajar tadi melebihi daripada apa yang harus diketahui oleh muurid-murid, maka tes hasil belajar semacam itu bukanlah merupakan soal tes yang baik.

Untuk mendapatkan suatu soal tes hasil belajar yang cukup representatif terhadap bahan yang ditetapkan maka, dalam bukunya Wayan menyebutkan hal tersebut dapat diadakan analisa rasional. Artinya, kita mengadakan analisa berdasarkan fikiran-fikiran yang logis, bahan-bahan apa yang perlu kita kemukakan dalam suatu soal tes, sehingga soal tes yang kita susun tersebut benar-benar merupakan pilihan yang representatif terhadap ketentuan-ketentuan yang terdapat pada sumber-sumber tertentu seperti tujuan pelajaran, rencana pelajaran, dll.

Dalam bukunya juga, Wayan menjelaskan bahwasannya analisis rasional disebut "*Blue print*" atau "*lay-out*". Istilah ini disebut juga kisi-kisi soal.

Kisi-kisi adalah format pemetaan soal yang menggambarkan distribusi item untuk berbagai topik atau pokok bahasan berdasarkan jenjang kemampuan tertentu. Fungsi kisi-kisi adalah sebagai pedoman untuk menulis soal atau merakit soal menjadi perangkat tes. Jika kisi-kisi yang dimiliki baik, maka akan memperoleh perangkat soal yang relatif sama sekalipun penulis soalnya berbeda. Dalam konteks penilaian hasil belajar, kisi-kisi disusun berdasarkan silabus setiap mata pelajaran. Jadi, seorang guru harus melakukan analisis silabus terlebih dahulu.

Kisi-kisi adalah suatu format atau matriks berisi informasi yang dapat dijadikan petunjuk teknis dalam menulis soal atau merakit soal menjadi alat tes/evaluasi. Kisi-kisi disusun berdasarkan tujuan evaluasi. Dengan demikian dapat diperoleh berbagai macam kisi-kisi. Misalnya, kisi-kisi yang dimaksudkan untuk mendiagnosis kesukaran belajar berbeda dengan kisi-kisi soal yang dimaksudkan untuk mengukur pencapaian kompetensi (prestasi hasil belajar) peserta didik. Penyusunan kisi-kisi

merupakan langkah penting yang harus dilakukan sebelum penulisan soal, tanpa adanya indikator dalam kisi-kisi tidak dapat diketahui arah dan tujuan setiap butir soal.

Dalam praktiknya, seringkali guru membuat soal langsung dari buku sumber. Hal ini jelas sangat keliru, karena buku sumber belum tentu sesuai dengan silabus. Kisi-kisi ini menjadi penting dalam perencanaan evaluasi, karena didalamnya terdapat sejumlah indikator sebagai acuan dalam menulis soal. Kisi-kisi soal yang baik harus memenuhi persyaratan tertentu, antara lain :

- a. Representatif, yaitu harus betul-betul mewakili isi kurikulum atau materi yang telah diajarkan secara tepat dan proporsional.
- b. Komponen-komponennya harus terurai/rinci, jelas, dan mudah dipahami.
- c. Soalnya dapat dibuat sesuai dengan indikator dan bentuk soal yang ditetapkan.

Sebenarnya, format kisi-kisi tidak ada yang baku, karena itu banyak model format yang dikembangkan para pakar evaluasi. Namun demikian, sekedar untuk memperoleh gambaran, format kisi-kisi dapat dibagi menjadi dua komponen pokok, yaitu komponen identitas dan komponen matriks. Komponen identitas ditulis di bagian atas matriks, sedangkan komponen matriks dibuat dalam bentuk kolom yang sesuai. Komponen identitas meliputi jenis/jenjang madrasah, jurusan/program studi (bila ada), bidang studi/mata pelajaran, tahun ajaran dan semester, kurikulum acuan, alokasi waktu, jumlah soal keseluruhan, dan bentuk soal. Sedangkan komponen matriks terdiri atas kompetensi dasar, materi, jumlah soal, jenjang kemampuan, indikator, dan nomor urut soal.

Salah satu unsur penting dalam komponen matriks adalah indikator. Indikator adalah rumusan pernyataan sebagai bentuk ukuran spesifik yang menunjukkan ketercapaian kompetensi dasar dengan menggunakan kata kerja operasional (KKO). Dalam praktiknya, penggunaan kata kerja operasional untuk setiap indikator harus disesuaikan dengan domain dan jenjang kemampuan yang diukur. Manfaat adanya indikator adalah :

- a. Guru dapat memilih materi, metode, media, dan sumber belajar yang tepat, sesuai dengan kompetensi yang telah ditetapkan, dan
- b. Sebagai pedoman dan pegangan bagi guru untuk menyusun soal atau instrument penilaian lain yang tepat, sesuai dengan standar kompetensi dan kompetensi dasar yang telah ditetapkan.

Indikator merupakan penanda pencapaian Kompetensi Dasar yang ditandai oleh perubahan perilaku yang dapat diukur yang mencakup sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Indikator dikembangkan sesuai dengan karakteristik peserta didik, mata pelajaran, satuan pendidikan, potensi daerah dan dirumuskan dalam kata kerja operasional yang terukur dan/atau dapat diobservasi.

Kisi-kisi soal berfungsi sebagai petunjuk teknis dalam penulisan butir soal dan perakitan soal. Dengan adanya petunjuk teknis ini, penyusun soal akan dapat menghasilkan butir-soal yang sesuai dengan tujuan penilaian dan perakitan soal dapat menyusun perangkat soal dengan mudah. Jika tersedia sebuah kisi-kisi yang baik, maka pengembang soal yang berbedapun akan dapat menghasilkan perangkat soal yang relatif sama, baik dari tingkat kedalaman maupun cakupan materi yang diukur (ditanyakan). Kisi-kisi soal/tes prestasi belajar harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu :

- a. mewakili isi kurikulum (KI/KD) yang akan diujikan;
- b. komponen-komponennya rinci, jelas dan mudah dipahami;
- c. butir-soal dapat dikembangkan sesuai dengan indikator dan bentuk soal yang ditetapkan pada kisi-kisi.

Komponen terdiri atas dua kelompok, yaitu: identitas dan matriks/format. Kelompok identitas dicantumkan di bagian atas matriks, sedangkan matriks/format dicantumkan dalam baris-kolom yang sesuai.

Kelompok identitas, antara lain :

- a. Jenis /jenjang sekolah
- b. Kompetensi Keahlian
- c. Mata Pelajaran

- d. Alokasi waktu
- e. Jumlah soal
- f. Bentuk soal

Kelompok matriks/format isi, antara lain:

- a. Kompetensi Inti (KI)
- b. Kompetensi Dasar (KD)
- c. Indikator / Kinerja
- d. Indikator Soal
- e. Nomor urut soal

Komponen KD perlu dipilih mengacu hasil analisis dengan memperhatikan kriteria sebagai berikut :

- a. Urgensitas, yaitu KD yang mutlak harus dikuasai oleh siswa/peserta didik,
- b. Kontinuitas, merupakan KD lanjutan yang merupakan pendalaman dari satu atau lebih KD yang sudah dipelajari sebelumnya,
- c. Relevansi, KD terpilih harus merupakan pokok (core) yang diperlukan untuk menguasai kompetensi keahlian,
- d. Keterpakaian, KD memiliki nilai terapan tinggi dalam pekerjaan di dunia usaha/industri atau kehidupan sehari-hari.

Selain kriteria pemilihan di atas perlu pula diperhatikan bahwa penguasaan materi KD terpilih harus dapat diukur dengan menggunakan bentuk soal yang sudah ditetapkan.

2. Kaidah Penyusunan Kisi-kisi Soal Tes

Kisi-kisi tes adalah format atau matrik yang memuat informasi tentang *spesifikasi* soal-soal yang akan dibuat. Dengan kisi-kisi ini akan dikembangkan soal-soal yang sesuai tujuan tes serta memudahkan bagi perakit tes dalam menyusun perangkat tes. Kisi-kisi dijadikan dasar bagi

penulis soal, sehingga oleh siapapun soal tes ditulis, akan dihasilkan soal yang isi maupun tingkat kesulitannya relative sama.

Kisi-kisi tes biasanya berupa matriks yang berisi *spesifikasi* soal-soal yang akan dibuat. Kisi-kisi merupakan acuan penulis soal dalam menuliskan butir-butir soal sehingga dapat menghasilkan soal yang isi maupun tingkat kesulitannya sama. Kisi-kisi soal terdiri dari kolom-kolom dengan isi : kompetensi dasar, materi pembelajaran, indicator, bentuk soal dan nomor soal.

Terdapat tiga langkah dalam mengembangkan kisi-kisi tes dalam system penilaian berbasis kompetensi, yaitu :

- a. Membuat daftar kompetensi dasar yang akan diuji
- b. Menentukan indicator
- c. Menentukan jenis tagihan, bentuk dan jumlah butir soal

Paling sedikit memuat empat hal yang harus diperhatikan dalam memilih materi pembelajaran yang akan diujikan yaitu :

- a. Merupakan konsep dasar
- b. Merupakan materi kompetensi dasar berkelanjutan
- c. Memiliki nilai terapan
- d. Merupakan materi yang dibutuhkan untuk mempelajari bidang lain.

Sumber utama kompetensi dasar adalah silabus. Pemilihan materi kompetensi dasar yang akan diujikan pada tingkat kepentingan yaitu : konsep dasar, materi yang berkelanjutan, berkaitan dengan mata pelajaran yang lain, dan mengandung nilai aplikasi tinggi. Tujuan yang akan dicapai disertai informasi tentang materi kemudian diuraikan dalam bentuk indicator. Penentuan indicator-indikator mengacu pada kompetensi dasar dengan maksud agar tidak terjadi penyimpangan-penyimpangan dalam memilih bahan yang akan diujikan. Jumlah butir soal tergantung pada waktu yang disediakan dalam menyelesaikan tes yang akan diujikan.

Dalam memilih materi perlu diperhatikan kesahihan isi, yaitu seberapa jauh materi yang akan diujikan sesuai dengan kompetensi dasar. Ada kompetensi dasar yang harus diukur melalui tugas rumah, ada yang melalui ulangan harian, ataupun melalui portofolio. Untuk ulangan akhir semester materi yang diujikan harus mencakup kompetensi dasar yang belum dianggap penting.

Kisi-kisi penilaian terdiri dari sejumlah kolom yang memuat kemampuan dasar, materi standar, pengalaman belajar, indikator, bentuk soal, dan jenis ujian. Berikut ini diberikan contoh form kisi-kisi penilaian .

Nama Sekolah :

Mata Pelajaran :

Kelas/Semester :

KD	Materi Pembelajaran	Pengalaman Belajar	Indikator	Penilaian		
				Jenis Tagihan	Bentuk Soal	Contoh Soal

Syarat kisi-kisi yang baik:

- a. Mewakili isi kurikulum/kemampuan yang diuji
- b. Komponen-komponen rinci, jelas, dan mudah dipahami
- c. Soal-soalnya dapat dibuat berdasarkan indikator

Table *spesifikasi* atau kisi kisi soal merupakan table analisis yang didalamnya dimuat rincian materi tes dan tingkah laku beserta proporsi yang dikehendaki oleh tester, dimana pada tiap petak atau sel dari sel tersebut diisi dengan angka angka yang menunjukkan banyaknya butir soal yang akan dikeluarkan dalam tes hasil belajar secara obyektif.

Table *spesifikasi* atau kisi kisi itu memuat informasi informasi yang berhubungan dengan butir butir soal tes yang akan disusun. Dalam menyusun butir butir soal tes hasil belajar, petunjuk petunjuk berikut ini kiranya dapat dijadikan pegangan :

Pertama, sebelum sampai kepada butir butir soal yang akan diajukan dalam tes hasil belajar, pada bagian atas lembar soal sebaiknya dicantumkan petunjuk umum tentang pelaksanaan tes. Dalam petunjuk umum tersebut misalnya dimuat keterangan mengenai sifat dan tes tersebut. Petunjuk tentang cara menjawab soal juga perlu diberikan. Demikian juga akan sangat baik apabila ada keterangan yang menyebutkan boleh atau tidaknya peserta didik meninggalkan ruangan tes setelah pekerjaan selesai.

Kedua, kecuali petunjuk umum, seyogyanya juga dilengkapi dengan petunjuk khusus. Petunjuk khusus ini juga memuat keterangan bagaimana cara memberikan jawaban pada soal untuk bentuk bentuk soal yang berbeda.

Berikut akan di contohkan bagaimana cara membuat table *spesifikasi* atau kisi kisi dalam rangka penyusunan soal - soal evaluasi hasil belajar pada teknik perminyakan.

Misalkan seorang guru akan melakukan evaluasi hasil belajar pada teknik perminyakan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Alokasi waktu tes 90 menit.
- b. Materi tes diambil dari buku mulai bab 1 sampai bab 5 yang setelah dilakukan penelusuran ternyata memiliki perbandingan presentase sebagai berikut:
 - 1) Bab 1 = 10 %
 - 2) Bab 2 = 20 %
 - 3) Bab 3 = 25 %
 - 4) Bab 4 = 30 %
 - 5) Bab 5 = 15 %

c. Aspek yang ingin diungkap dalam tes dan perimbangan presentasinya sebagai berikut:

- 1) Aspek hafalan = 50 %
- 2) Aspek pemahaman = 30 %
- 3) Aspek aplikasi = 20 %

d. Jenis tes obyektif

e. Jumlah butir tes = 60 butir

Bertitik tolak dari ketentuan diatas, maka dalam menyusun butir butir soal tes obyektif itu di tempuh dengan langkah langkah sebagai berikut:

Materi tes	Tarf kompetensi			Total 100%
	Hafalan 50 %	Pemahaman 30 %	Aplikasi 20 %	
Bab 1 = 10 %	3	1,8 = 2	1,2 = 1	6
Bab 2 = 20 %	6	3,6 = 4	2,4 = 2	12
Bab 3 = 25 %	7,5 = 8	4,5 = 4	3	15
Bab 4 = 30 %	9	5,4 = 5	3,6 = 4	18
Bab 5 = 15 %	4,5 = 4	2,7 = 3	1,8 = 2	9
Total 100%	30	18	12	60

Setelah pembuatan table selesai, selanjutnya adalah menetapkan bentuk dan soal tes yang akan diterapkan dalam rangka evaluasi hasil belajar. Selanjutnya adalah menetapkan banyak butir soal yang akan diambilkan

dari setiap bab, sehubungan dengan taraf kompetensi yang akan diungkap dan bentuk tes obyektif yang akan digunakan dalam tes. Dan langkah terakhir adalah menyusun atau membuat butir-butir soal tes, sesuai dan jumlah yang telah dirancang dalam table *spesifikasi* atau kisi-kisi.

Sebelum menyusun kisi-kisi dan butir soal perlu ditentukan jumlah soal setiap kompetensi dasar dan penyebaran soalnya. Setiap kompetensi dasar yang telah dijabarkan dalam indikator harus dianalisis terlebih dahulu, dan ditentukan aspek-aspek mana yang akan diukur. Masing-masing kompetensi dasar memiliki keluasan dan kedalaman materi yang spesifik. Oleh sebab itu para perancang soal hendaknya memikirkan pendistribusian soal yang merata untuk masing-masing kompetensi dasar.

Pertimbangan yang harus diperhatikan seorang guru dalam menentukan penyebaran soal ini adalah karakteristik dari standar kompetensi dan kompetensi dasar yang telah dituangkan dalam Standar Proses Pendidikan Nasional. Selanjutnya memikirkan jumlah soal yang akan disusun, setelah itu mendistribusikannya sesuai dengan karakteristik kompetensi dasar yang telah dituangkan dalam indikator-indikator. Indikator-indikator ini menjadi acuan dalam mengembangkan materi pembelajaran. Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh penilaian akhir semester berikut ini.

Contoh penyebaran butir soal untuk semester ganjil kelas X

NO	KOMPETENSI DASAR	MATERI	JUMLAH SOAL TES TULIS		JUMLAH SOAL PRAKTIK
			PG	URAIAN	
1	1.1 .....	.....	6	....	.....
2	1.2 .....	.....	3	1	.....
3	1.3 .....	.....	4	.....	1

4	2.1 .....	.....	5	1	.....
5	2.2 .....	.....	8	1	.....
6	3.1 .....	.....	6	.....	1
7	3.2 .....	.....	....	2	.....
	JUMLAH	SOAL	40	5	2

Kisi-kisi dapat berbentuk format atau matriks seperti contoh berikut ini.

a. Kisi- Kisi Soal Teori

Satuan Pendidikan:

Kompetensi Keahlian :

Alokasi Waktu :

Jumlah Soal :

No	Kompetensi Iti	Kompetensi Dasar (Kd)	Indikator	Indikator Soal	Bentuk Soal	Nomor Soal
1	2	3	4	5	6	7

Keterangan pengisian kolom/Format Kisi-Kisi

Kolom 1 : Di isi nomor urut

Kolom 2 : Di isi SK yang representatif (inti/aplikatif dan pengetahuan kejuruan) terhadap kompetensi keahlian.

Kolom 3 : Di isi KD dari SK yang ada di kolom dua.

Kolom 4 : di isi indikator dari KD di kolom 3

Kolom 5 : Di isi indikator soal dari indikator di kolom 4. Setiap indikator pengetahuan dapat di tuliskan lebih dari satu indikator soal .

Kolom 6 : Di isi bentuk soal/tes

Kolom 7 : Di isi nomor sebaran soal

b. Kisi – Kisi Soal Praktik

Kisi – kisi soal praktik disiapkan sebagai dasar untuk menetapkan indikator performansi dan menjadi acuan dalam merumuskan soal/penugasan dan petunjuk teknis penilaian unjuk kerja.

Satuan Pendidikan :

Kompetensi Keahlian :

Alokasi Waktu :

No	Sk/Kd	Indikator	Indikator Soal
1	2	3	4
1

Keterangan Pengisian Kolom :

Kolom 1 : Di isi nomor urut SK/KD

Kolom 2 : Di isi dengan SK/KD sesuai dengan silabus

Kolom 3 : Di isi dengan indikator dari KD yang ada di Kolom 2

Kolom 4 : Di isi dengan indikator soal yang akan dikembangkan.

Indikator soal dalam kisi-kisi merupakan pedoman dalam merumuskan soal yang dikehendaki. Kegiatan perumusan indikator soal merupakan bagian dari kegiatan penyusunan kisi-kisi. Untuk merumuskan indikator soal dengan tepat, guru harus memperhatikan materi yang akan diujikan, indikator pembelajaran, kompetensi dasar, dan standar kompetensi. Indikator soal yang baik dirumuskan secara singkat dan jelas. Syarat indikator soal yang baik : menggunakan kata kerja operasional (perilaku khusus) yang tepat, menggunakan satu kata kerja operasional untuk soal objektif, dan satu atau lebih kata kerja operasional untuk soal uraian/tes perbuatan, dapat dibuatkan soal atau pengecohnya (untuk soal pilihan ganda).

Penulisan indikator soal yang lengkap mencakup A = *audience* (peserta didik) , B = *behaviour* (perilaku yang harus ditampilkan), C = *condition* (kondisi yang diberikan), dan D = *degree* (tingkatan yang diharapkan). Ada dua model penulisan indikator. Model pertama adalah menempatkan kondisinya di awal kalimat. Model pertama ini digunakan untuk soal yang disertai dengan dasar pernyataan (stimulus), misalnya berupa sebuah kalimat, paragraf, gambar, denah, grafik, kasus, atau lainnya, sedangkan model yang kedua adalah menempatkan peserta didik dan perilaku yang harus ditampilkan di awal kalimat. Model yang kedua ini digunakan untuk soal yang tidak disertai dengan dasar pertanyaan (stimulus).

3. Penyusunan Soal

Kegiatan penyusunan soal merupakan proses menterjemahkan kisi-kisi dalam bentuk operasional. Setiap butir tes akan menghasilkan informasi terhadap peserta didik selaku individu yang mengerjakan tes pada butir tertentu. Adapun keseluruhan butir tes yang terdiri atas sejumlah butir

dalam suatu perangkat tes akan menghasilkan informasi hasil ujian. Untuk memperoleh hasil tes yang berkualitas diperlukan butir-butir yang baik dalam suatu perangkat tes sehingga dapat mengungkap kemampuan yang sebenarnya, bukan kemampuan yang semu dari peserta didik.

Penulisan butir soal merupakan penciptaan krektivitas yang menuntut kombinasi dari berbagai kemampuan yang dikembangkan melalui latihan, pengalaman, penguasaan bentuk tes, dan teknik penulisan bentuk tes. Bentuk tes yang digunakan dalam mengembangkan perangkat tes memiliki perbedaan atau ciri-ciri antara bentuk tes yang satu dengan yang lainnya.

Penyusunan soal sebagai perangkat tes untuk hasil belajar memiliki beberapa ketentuan sebagai berikut :

- a. Perangkat tes hasil belajar harus dapat mengukur secara jelas hasil belajar berupa kompetensi yang telah ditetapkan sebelumnya dari kompetensi dasar.
- b. Butir tes yang digunakan dalam perangkat tes merupakan sampel yang representatif dari populasi bahan ajar yang diikuti peserta didik dalam suatu pelajaran.
- c. Bentuk tes dalam perangkat tes di buat bervariasi sehingga betul-betul cocok untuk mengukur hasil belajar yang dikehendaki. Mengukur hasil belajar keterampilan tidak menggunakan bentuk tes uraian yang jawabannya hanya menguraikan dan tidak mempraktikkan. Mengukur kemampuan menganalisis prinsip tidak cocok digunakan butir tes bentuk objektif karena tes ini hanya mengungkap pemahaman dan daya ingatan.
- d. Penyusunan tes hasil belajar harus sesuai dengan kegunaan masing-masing tes (*placement test*, *formative test*, *summative test*, dan *diagnostic test*).
- e. Tes hasil belajar harus memiliki reliabilitas yang dapat diandalkan dan valid.

f. Tes hasil belajar harus dapat dijadikan alat pengukur keberhasilan belajar dan alat untuk mencari informasi dalam memperbaiki hasil belajar

a. Bentuk Soal Aspek Kognitif

Ada beberapa bentuk tes hasil belajar yang dapat digunakan untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam bidang kognitif setelah mengikuti proses pembelajaran di sekolah. Pembagian bentuk tes berdasarkan jawaban yang diberikan peserta didik pada butir tes menurut Brown (1971) dibagi menjadi empat bagian, yaitu :

1) Bentuk memilih alternatif jawaban

Bentuk ini meminta peserta didik memilih salah satu jawaban yang paling benar diantara beberapa pilihan jawaban yang disediakan dalam butir tes.

2) Bentuk jawaban singkat

Butir tes ini meminta peserta didik memberikan jawaban dalam bentuk kalimat pendek, contoh butir tes melengkapi.

3) Bentuk karangan

Butir tes berupa pertanyaan atau perintah yang menghendaki jawaban terurai dari peserta didik berdasarkan materi pelajaran dan dari berbagai sumber.

4) Bentuk problem

Bentuk ini menghendaki peserta didik merumuskan lebih dahulu suatu prosedur yang akan digunakan, kemudian menerapkannya untuk penyelesaian problem yang dihadapi.

Secara garis besar, tes hasil belajar dalam bidang kognitif bentuk tertulis terbagi menjadi dua, yaitu tes berbentuk objektif dan tes bentuk uraian. Pembagian ini dipandang dari segi prosedur penskoran butir pada tes hasil belajar.

b. Bentuk Soal aspek Psikomotorik

Sebagaimana dijelaskan di atas, bahwa bentuk tes penilaian hasil belajar psikomotorik berbeda dengan kognitif. Ada beberapa ahli yang menjelaskan cara menilai hasil belajar psikomotor. Ryan (1980) menjelaskan bahwa hasil belajar keterampilan dapat diukur melalui (1) pengamatan langsung dan penilaian tingkah laku peserta didik selama proses pembelajaran praktik berlangsung, (2) sesudah mengikuti pembelajaran, yaitu dengan jalan memberikan tes kepada peserta didik untuk mengukur pengetahuan, keterampilan, dan sikap, (3) beberapa waktu sesudah pembelajaran selesai dan kelak dalam lingkungan kerjanya. Sementara itu Leighbody (1968) berpendapat bahwa penilaian hasil belajar psikomotor mencakup: (1) kemampuan menggunakan alat dan sikap kerja, (2) kemampuan menganalisis suatu pekerjaan dan menyusun urutan pengerjaan, (3) kecepatan mengerjakan tugas, (4) kemampuan membaca gambar dan atau simbol, (5) keserasian bentuk dengan yang diharapkan dan atau ukuran yang telah ditentukan. Dari penjelasan di atas dapat dirangkum bahwa dalam penilaian hasil belajar psikomotor atau keterampilan harus mencakup persiapan, proses, dan produk. Penilaian dapat dilakukan pada saat proses berlangsung yaitu pada waktu peserta didik melakukan praktik, atau sesudah proses berlangsung dengan cara mengetes peserta didik.

Untuk melakukan pengukuran hasil belajar ranah psikomotor, ada dua hal yang digunakan oleh pendidik, yaitu membuat soal dan membuat perangkat/ instrumen untuk mengamati unjuk kerja peserta didik. Soal untuk hasil belajar ranah psikomotor dapat berupa lembar kerja, lembar tugas, perintah kerja, dan lembar eksperimen. Instrumen untuk mengamati unjuk kerja peserta didik dapat berupa lembar observasi atau portofolio. Lembar observasi adalah lembar yang digunakan untuk mengobservasi keberadaan suatu benda atau kemunculan aspek-aspek keterampilan yang diamati. Lembar observasi dapat berbentuk daftar periksa/*check list* atau skala penilaian (*rating scale*). Daftar periksa berupa daftar pertanyaan atau pernyataan yang jawabannya tinggal memberi *check* (centang) pada jawaban yang

sesuai dengan aspek yang diamati. Skala penilaian adalah lembar yang digunakan untuk menilai unjuk kerja peserta didik atau menilai kualitas pelaksanaan aspek-aspek keterampilan yang diamati dengan skala tertentu, misalnya skala 1 - 5. Portofolio adalah kumpulan pekerjaan peserta didik yang teratur dan berkesinambungan sehingga peningkatan kemampuan peserta didik dapat diketahui untuk menuju satu kompetensi tertentu.

Sama halnya dengan soal ranah kognitif, soal untuk penilaian ranah psikomotor juga harus mengacu pada standar kompetensi yang sudah dijabarkan menjadi kompetensi dasar. Setiap butir standar kompetensi dijabarkan minimal menjadi 2 kompetensi dasar, setiap butir kompetensi dasar dapat dijabarkan menjadi 2 indikator atau lebih, dan setiap indikator harus dapat dibuat butir soalnya. Indikator untuk soal psikomotor dapat mencakup lebih dari satu kata kerja operasional.

Selanjutnya, untuk menilai hasil belajar peserta didik pada soal ranah psikomotor perlu disiapkan lembar daftar periksa observasi, skala penilaian, atau portofolio. Tidak ada perbedaan mendasar antara konstruksi daftar periksa observasi dengan skala penilaian. Penyusunan kedua instrumen itu harus mengacu pada soal atau lembar perintah/lembar kerja/lembar tugas yang diberikan kepada peserta didik.

Berdasarkan pada soal atau lembar perintah/lembar tugas dibuat daftar periksa

observasi atau skala penilaian. Pada umumnya, baik daftar periksa observasi maupun skala penilaian terdiri atas tiga bagian, yaitu: (1) persiapan, (2) pelaksanaan, dan (3) hasil.

Sebaiknya guru merancang secara tertulis sistem penilaian yang akan dilakukan selama satu semester. Rancangan penilaian ini sifatnya terbuka, sehingga peserta didik, guru lain, dan kepala sekolah dapat melihatnya. Langkah-langkah penulisan rancangan penilaian adalah:

- 1) Mencermati silabus yang sudah ada.

- 2) Menyusun rancangan sistem penilaian berdasarkan silabus yang telah disusun.

Selanjutnya, rancangan penilaian ini diinformasikan kepada peserta didik pada awal semester. Dengan demikian sistem penilaian yang dilakukan guru semakin sempurna atau semakin memenuhi prinsip – prinsip penilaian.

Langkah pertama yang harus dilakukan oleh penulis soal ranah psikomotor adalah mencermati kisi-kisi instrumen yang telah dibuat. Soal harus dijabarkan dari indikator dengan memperhatikan materi pembelajaran. Selanjutnya menyusun pedoman penskoran.

Pedoman penskoran dapat berupa daftar periksa observasi atau skala penilaian yang harus mengacu pada soal. Soal/lembar tugas/perintah kerja ini selanjutnya dijabarkan menjadi aspek-aspek keterampilan yang diamati. Berikut ini adalah langkah-langkahnya :

- 1) Mencermati soal
- 2) Mengidentifikasi aspek-aspek keterampilan kunci yang di harus diperlihatkan
- 3) Mengidentifikasi aspek-aspek keterampilan dari setiap aspek keterampilan
- 4) Menentukan jenis instrumen untuk mengamati kemampuan peserta didik, apakah daftar periksa observasi atau skala penilaian.
- 5) Menuliskan aspek-aspek keterampilan dalam bentuk pertanyaan/ pernyataan ke dalam tabel
- 6) Membaca kembali skala penilaian atau daftar periksa observasi untuk meyakinkan bahwa instrumen yang ditulisnya sudah tepat
- 7) Meminta orang lain untuk membaca atau menelaah instrumen yang telah ditulis untuk meyakinkan bahwa instrumen itu mudah dipahami oleh orang lain.
- 8) Upaya penulis agar instrumen memiliki validitas isi tinggi,
- 9) Upaya penulis agar instrumen memiliki reliabilitas tinggi.

Tidak jauh berbeda dengan penilaian ranah kognitif, penilaian ranah psikomotor juga dimulai dengan pengukuran hasil belajar peserta didik. Perbedaan di antara keduanya adalah pengukuran hasil belajar ranah kognitif umumnya dilakukan dengan tes tertulis, sedangkan pengukuran hasil belajar ranah psikomotor menggunakan tes unjuk kerja atau tes perbuatan, yang disertai dengan rubric atau pedoman penskoran.

Kriteria atau rubrik adalah pedoman penilaian kinerja atau hasil kerja peserta didik. Dengan adanya kriteria, penilaian yang subjektif atau tidak adil dapat dihindari atau paling tidak dikurangi, guru menjadi lebih mudah menilai prestasi yang dapat dicapai peserta didik, dan peserta didik pun akan terdorong untuk mencapai prestasi sebaik-baiknya karena kriteria penilaiannya jelas. Rubrik terdiri atas dua hal yang saling berhubungan. Hal pertama adalah skor dan hal lainnya adalah kriteria yang harus dipenuhi untuk mencapai skor itu. Banyak sedikitnya gradasi skor (misal 5, 4, 3, 2, 1) tergantung pada jenis skala penilaian yang digunakan dan hakikat kinerja yang akan dinilai. Contoh rubrik dan penggunaannya pada lembar skala penilaian sebagai berikut. : Berilah centang (✓) di bawah skor 5 bila Anda anggap cara melakukan aspek keterampilan sangat tepat, skor 4 bila tepat, 3 bila agak tepat, 2 bila tidak tepat, dan skor 1 bila sangat tidak tepat untuk setiap aspek keterampilan di bawah ini!

Tampak dalam skala penilaian di atas bahwa penilai harus bekerja keras untuk menilai apakah aspek keterampilan yang muncul itu sangat tepat sehingga harus diberi skor 5, atau agak tepat sehingga skornya 3. Oleh karena itu, dalam menggunakan skala penilaian ini harus dilakukan secermat mungkin agar skor yang didapat menunjukkan kemampuan peserta didik yang sebenarnya. Sedikit berbeda dengan skala penilaian, skor yang ada di lembar daftar periksa observasi tidak banyak bervariasi, biasanya hanya dua pilihan, yaitu: ada atau “ya” dengan skor 1 dan “tidak” dengan skor 0. Kriteria (rubrik) dan penggunaannya pada datar periksa observasi dapat dilihat pada contoh berikut : Berilah centang (✓) di bawah kata “ya” bila aspek

keterampilan yang dinyatakan itu muncul dan benar, dan berilah centang di bawah kata “tidak” bila aspek keterampilan itu muncul tetapi tidak benar atau aspek itu tidak muncul sama sekali. Kata “ya” diberi skor 1, dan kata “tidak” diberi skor 0.

Hal pertama yang harus diperhatikan dalam melakukan penskoran adalah ada atau tidak adanya perbedaan bobot tiap-tiap aspek keterampilan yang ada dalam skala penilaian atau daftar periksa observasi. Apabila tidak ada perbedaan bobot maka penskorannya lebih mudah. Skor akhir sama dengan jumlah skor tiap-tiap butir penilaian. Selanjutnya untuk menginterpretasikan, hasil yang dicapai dibandingkan dengan acuan atau kriteria. Oleh karena pembelajaran ini menggunakan pendekatan belajar tuntas dan berbasis kompetensi maka acuan yang digunakan untuk menginterpretasikan hasil penilaian kinerja dan hasil kerja peserta didik adalah acuan kriteria.

c. Bentuk Soal Aspek Afektif

Menurut Popham (1995), ranah afektif menentukan keberhasilan belajar seseorang”. Jika seseorang tidak memiliki minat pada pelajaran tertentu, maka orang tersebut akan sulit untuk mencapai keberhasilan belajar secara optimal. Seseorang yang berminat dalam suatu mata pelajaran diharapkan akan mencapai hasil pembelajaran yang optimal. Oleh karena itu semua pendidik harus mampu membangkitkan minat semua peserta didik untuk mencapai kompetensi yang telah ditentukan. Selain itu ikatan emosional sering diperlukan untuk membangun semangat kebersamaan, semangat persatuan, semangat nasionalisme, rasa sosial, dan sebagainya. Untuk itu semua dalam merancang program pembelajaran, satuan pendidikan harus memperhatikan ranah afektif.

Berbeda dengan instrumen evaluasi domain kognitif dan psikomotor, instrumen evaluasi domain afektif perlu dirancang sedemikian rupa sehingga dapat mengukur kemampuan yang berkenaan dengan perasaan, emosi, sikap/derajat penerimaan atau penolakan suatu

objek. Menurut Krathwol, domain afektif meliputi lima tingkatan kawasan afektif yaitu kawasan yang berkaitan aspek-aspek emosional, seperti perasaan, minat, sikap, kepatuhan terhadap moral dan sebagainya, di dalamnya mencakup: penerimaan (*receiving/attending*), sambutan (*responding*), penilaian (*valuing*), pengorganisasian (*organization*), dan karakterisasi (*characterization*). Anderson (dalam Robert K. Gable), menyebutkan aspek-aspek afektif meliputi *attitude/sikap, self concept/self esteem, interest, value/beliefs as to what should be desired*'. Tujuan dilaksanakannya evaluasi hasil belajar afektif adalah untuk mengetahui capaian hasil belajar dalam hal penguasaan domain afektif dari kompetensi yang diharapkan dikuasai oleh setiap peserta didik setelah kegiatan pembelajaran berlangsung. Bahkan menurut Popham (1995), bahwa "ranah afektif menentukan keberhasilan belajar seseorang. Orang yang tidak memiliki minat pada matapelajaran tertentu sulit untuk mencapai keberhasilan belajar secara optimal'.

Adapun teknik pengukuran dan evaluasi belajar domain afektif lebih tepat dengan menggunakan teknik non testing. Teknik non testing adalah teknik evaluasi yang menggunakan instrumen bukan tes sebagai alat ukurnya. Yang termasuk teknik ini adalah observasi/pengamatan yang dapat berbentuk rating scale, anecdotalrecord atau rekaman, interview, questionnaire, dan inventori. Menurut Andersen (1980), ada dua metode yang dapat digunakan untuk mengukur ranah afektif, yaitu metode observasi dan metode laporan diri.

Penggunaan metode observasi berdasarkan pada asumsi bahwa karakteristik afektif dapat dilihat dari perilaku atau perbuatan yang ditampilkan dan/atau reaksi psikologi. Menurut Andersen (1981:4) bahwa pemikiran atau perilaku harus memiliki dua kriteria untuk diklasifikasikan sebagai ranah afektif. Pertama, perilaku melibatkan perasaan dan emosi seseorang. Kedua, perilaku harus tipikal perilaku seseorang. Kriteria lain yang termasuk ranah afektif adalah intensitas, arah, dan target. Intensitas menyatakan derajat atau kekuatan dari

perasaan. Beberapa perasaan lebih kuat dari yang lain, misalnya cinta lebih kuat dari senang atau suka. Sebagian orang kemungkinan memiliki perasaan yang lebih kuat dibanding yang lain. Arah perasaan berkaitan dengan orientasi positif atau negatif dari perasaan yang menunjukkan apakah perasaan itu baik atau buruk.

Penilaian domain afektif biasanya menggunakan skala penilaian. Skala penilaian adalah skala penilaian untuk mengukur penampilan atau perilaku orang lain oleh seseorang melalui pernyataan perilaku individu pada suatu kategori yang bermakna nilai. Kategori diberi bila rentangan, biasanya mulai dari yang tertinggi sampai terendah. Rentangan tersebut dapat berupa huruf, angka, kategori, misalnya tinggi, sedang, baik, kurang dan sebagainya.

Instrumen yang dapat digunakan untuk mengukur domain afektif, diantaranya dengan menggunakan skala sikap, observasi, angket, wawancara dan lain-lain. Dalam penelitian ini instrumen yang dikembangkan adalah skala sikap. Skala sikap biasanya digunakan untuk mengukur sikap seseorang terhadap objek tertentu. Hasilnya berupa kategori sikap, yakni mendukung (positif), menolak (negatif) dan netral. Skala sikap terdiri dari beberapa jenis, yaitu skal Skala Likert, Skala Guttman, Skala Thurstone, Skala Semantik Differensial, Rating Scale, observasi.

Secara teknis penilaian ranah afektif dilakukan melalui dua hal yaitu :

- 1) Laporan diri oleh siswa yang biasanya dilakukan dengan pengisian angket anonym.
- 2) Pengamatan sistematis oleh guru terhadap afektif siswa dan perlu lembar pengamatan.

Hal ini sesuai dengan apa yang disampaikan Anderson (1980), ada dua metode yang dapat digunakan untuk mengukur ranah afektif yaitu metode observasi dan metode laporan diri. Penggunaan metode observasi didasarkan pada asumsi bahwa karakteristik afektif dapat dilihat dari perilaku atau perbuatan yang ditampilkan dan/atau reaksi

psikologis seseorang. Metode laporan diri berasumsi bahwa yang mengetahui keadaan seseorang adalah dirinya sendiri. Namun, metode ini menuntut kejujuran dalam mengungkap karakteristik afektif diri sendiri.

Proses pengembangan penilaian aspek afektif adalah sebagai berikut :

- 1) Membuat kisi-kisi instrumen
- 2) Menulis instrumen
- 3) Menentukan skala pengukuran
- 4) Menentukan pedoman penskoran
- 5) Menelaah (validitas isi) instrumen
- 6) Melakukan ujicoba
- 7) Memperbaiki instrumen
- 8) Melaksanakan pengukuran
- 9) Menafsirkan hasil pengukuran.

Kemampuan yang diukur adalah :

- 1) Menerima (memperhatikan), meliputi kepekaan terhadap kondisi, gejala, kesadaran, kerelaan, mengarahkan perhatian
- 2) Merespon, meliputi merespon secara diam-diam, bersedia merespon, merasa puas dalam merespon, mematuhi peraturan.
- 3) Menghargai, meliputi menerima suatu nilai, mengutamakan suatu nilai, komitmen terhadap nilai
- 4) Mengorganisasi, meliputi mengkonseptualisasikan nilai, memahami hubungan abstrak, mengorganisasi system suatu nilai.

Karakteristik suatu nilai, meliputi falsafah hidup dan system nilai yang dianutnya. Contohnya mengamati tingkah laku siswa selama mengikuti proses belajar mengajar berlangsung.

Contoh pengukuran minat terhadap pelajaran dengan skala Thurstone

NO	Pernyataan	7	6	5	4	3	2	1
1	Saya senang belajar teknik perminyakan							

2	Pelajaran teknik perminyakan bermanfaat						
3	Saya berusaha hadir dalam proses pembelajaran						
4	Saya berusaha memiliki buku teknik perminyakan						
5	Pelajaran teknik perminyakan membosankan						

Contoh pengukuran sikap dengan menggunakan skala likert :

NO	Pernyataan	SS	S	N	TS	STS
1	Saya senang belajar teknik perminyakan					
2	Pelajaran teknik perminyakan bermanfaat					
3	Saya berusaha hadir dalam proses pembelajaran					
4	Saya berusaha memiliki buku teknik perminyakan					
5	Pelajaran teknik perminyakan membosankan					

d. Validitas dan Reliabilitas Butir Soal

Validitas berasal dari kata *validity* yang mempunyai arti sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu alat ukur dalam melakukan fungsi ukurnya (Azwar 1986). Suatu skala atau instrumen pengukur dapat dikatakan mempunyai validitas yang tinggi apabila instrumen tersebut menjalankan fungsi ukurnya, atau memberikan hasil ukur yang sesuai dengan maksud dilakukannya pengukuran tersebut. Sedangkan tes

yang memiliki validitas rendah akan menghasilkan data yang tidak relevan dengan tujuan pengukuran.

Validitas tes biasa juga disebut sebagai kesahihan suatu tes adalah mengacu pada kemampuan suatu tes untuk mengukur karakteristik atau dimensi yang dimaksudkan untuk diukur. Sedangkan reliabilitas atau biasa juga disebut sebagai kehandalan suatu tes mengacu pada derajat suatu tes yang mampu mengukur berbagai atribut secara konsisten (Brennan, 2006). Konstruksi tes yang baik harus memenuhi kedua syarat tersebut, sehingga tes itu mampu memberikan gambaran yang sebenarnya terhadap kondisi *testee* (siswa) yang diuji.

Sifat valid diperlihatkan oleh tingginya validitas hasil ukur suatu tes. Suatu alat ukur yang tidak valid akan memberikan informasi yang keliru mengenai keadaan subjek atau individu yang dikenai tes itu. Apabila informasi yang keliru itu dengan sadar atau tidak dengan sadar digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam pengambilan suatu keputusan, maka keputusan itu tentu bukan merupakan suatu keputusan yang tepat.

Pengertian validitas juga sangat erat berkaitan dengan tujuan pengukuran. Oleh karena itu, tidak ada validitas yang berlaku umum untuk semua tujuan pengukuran. Suatu alat ukur biasanya hanya merupakan ukuran yang valid untuk satu tujuan yang spesifik. Dengan demikian, anggapan valid seperti dinyatakan dalam "alat ukur ini valid" adalah kurang lengkap. Pernyataan valid tersebut harus diikuti oleh keterangan yang menunjuk kepada tujuan (yaitu valid untuk mengukur apa), serta valid bagi kelompok subjek yang mana? Istilah validitas ternyata memiliki keragaman kategori. Ebel (dalam Nazir 1988) membagi validitas menjadi *concurrent validity*, *construct validity*, *face validity*, *factorial validity*, *empirical validity*, *intrinsic validity*, *predictive validity*, *content validity*, dan *curricular validity*.

1) *Concurrent Validity* adalah validitas yang berkenaan dengan hubungan antara skor dengan kinerja.

- 2) *Construct Validity* adalah validitas yang berkenaan dengan kualitas aspek psikologis apa yang diukur oleh suatu pengukuran serta terdapat evaluasi bahwa suatu konstruk tertentu dapat dapat menyebabkan kinerja yang baik dalam pengukuran.
- 3) *Face Validity* adalah validitas yang berhubungan apa yang nampak dalam mengukur sesuatu dan bukan terhadap apa yang seharusnya hendak diukur.
- 4) *Factorial Validity* dari sebuah alat ukur adalah korelasi antara alat ukur dengan faktor-faktor yang yang bersamaan dalam suatu kelompok atau ukuran-ukuran perilaku lainnya, dimana validitas ini diperoleh dengan menggunakan teknik analisis faktor.
- 5) *Empirical Validity* adalah validitas yang berkenaan dengan hubungan antara skor dengan suatu kriteria. Kriteria tersebut adalah ukuran yang bebas dan langsung dengan apa yang ingin diramalkan oleh pengukuran.
- 6) *Intrinsic Validity* adalah validitas yang berkenaan dengan penggunaan teknik uji coba untuk memperoleh bukti kuantitatif dan objektif untuk mendukung bahwa suatu alat ukur benar-benar mengukur apa yang seharusnya diukur.
- 7) *Predictive Validity* adalah validitas yang berkenaan dengan hubungan antara skor suatu alat ukur dengan kinerja seseorang di masa mendatang.
- 8) *Content Validity* adalah validitas yang berkenaan dengan baik buruknya sampling dari suatu populasi.
- 9) *Curricular Validity* adalah validitas yang ditentukan dengan cara menilik isi dari pengukuran dan menilai seberapa jauh pengukuran tersebut merupakan alat ukur yang benar-benar mengukur aspek-aspek sesuai dengan tujuan instruksional.

Sementara itu, Kerlinger (1990) membagi validitas menjadi tiga yaitu *content validity* (validitas isi), *construct validity* (validitas konstruk), dan *criterion-related validity* (validitas berdasar kriteria). Semua jenis kesahihan harus diperhatikan untuk semua jenis tes, hanya penekanan yang berbeda. Tes psikologi menekankan pada konstruksi

tes, tes pencapaian belajar menekankan pada kesahihan isi, sedangkan tes seleksi menekankan pada kesahihan kriteria, terutama pada kesahihan prediktif.

Pada pembahasan ini, akan dititik beratkan pada validitas isi, karena akan berbicara tentang tes hasil belajar. Validitas isi merupakan validitas yang diperhitungkan melalui pengujian terhadap isi alat ukur dengan analisis rasional. Pertanyaan yang dicari jawabannya dalam validasi ini adalah "sejauhmana item-item dalam suatu alat ukur mencakup keseluruhan kawasan isi objek yang hendak diukur oleh alat ukur yang bersangkutan?" atau berhubungan dengan representasi dari keseluruhan kawasan. Pengertian "mencakup keseluruhan kawasan isi" tidak saja menunjukkan bahwa alat ukur tersebut harus komprehensif isinya akan tetapi harus pula memuat hanya isi yang relevan dan tidak keluar dari batasan tujuan ukur.

Walaupun isi atau kandungannya komprehensif tetapi bila suatu alat ukur mengikutsertakan pula item-item yang tidak relevan dan berkaitan dengan hal-hal di luar tujuan ukurnya, maka validitas alat ukur tersebut tidak dapat dikatakan memenuhi ciri validitas yang sesungguhnya.

Apakah validitas isi sebagaimana dimaksudkan itu telah dicapai oleh alat ukur, sebanyak tergantung pada penilaian subjektif individu. Dikarenakan estimasi validitas ini tidak melibatkan komputasi statistik, melainkan hanya dengan analisis rasional maka tidak diharapkan bahwa setiap orang akan sependapat dan sepaham dengan sejauhmana validitas isi suatu alat ukur telah tercapai.

Selanjutnya, validitas isi ini terbagi lagi menjadi dua tipe, yaitu *face validity* (validitas muka) dan *logical validity* (validitas logis). *Face Validity* (Validitas Muka). Validitas muka adalah tipe validitas yang paling rendah signifikasinya karena hanya didasarkan pada penilaian selintas mengenai isi alat ukur. Apabila isi alat ukur telah tampak sesuai dengan apa yang ingin diukur maka dapat dikatakan validitas muka telah terpenuhi.

Dengan alasan kepraktisan, banyak alat ukur yang pemakaiannya terbatas hanya mengandalkan validitas muka. Alat ukur atau instrumen psikologi pada umumnya tidak dapat menggantungkan kualitasnya hanya pada validitas muka. Pada alat ukur psikologis yang fungsi pengukurannya memiliki sifat menentukan, seperti alat ukur untuk seleksi karyawan atau alat ukur pengungkap kepribadian (asesmen), dituntut untuk dapat membuktikan validitasnya yang kuat.

Logical Validity (Validitas Logis). Validitas logis disebut juga sebagai validitas sampling (*sampling validity*). Validitas tipe ini menunjuk pada sejauhmana isi alat ukur merupakan representasi dari aspek yang hendak diukur. Untuk memperoleh validitas logis yang tinggi suatu alat ukur harus dirancang sedemikian rupa sehingga benar-benar berisi hanya item yang relevan dan perlu menjadi bagian alat ukur secara keseluruhan. Suatu objek ukur yang hendak diungkap oleh alat ukur hendaknya harus dibatasi lebih dahulu kawasan perilakunya secara seksama dan konkrit. Batasan perilaku yang kurang jelas akan menyebabkan terikatnya item-item yang tidak relevan dan tertinggalnya bagian penting dari objek ukur yang seharusnya masuk sebagai bagian dari alat ukur yang bersangkutan. Validitas logis memang sangat penting peranannya dalam penyusunan tes prestasi dan penyusunan skala, yaitu dengan memanfaatkan *blue-print* atau tabel spesifikasi.

Bila skor pada tes diberi lambang x dan skor pada kriterianya mempunyai lambang y maka koefisien antara tes dan kriteria itu adalah r_{xy} inilah yang digunakan untuk menyatakan tinggi-rendahnya validitas suatu alat ukur.

Pengukuran validitas sebenarnya dilakukan untuk mengetahui seberapa besar (dalam arti kuantitatif) suatu aspek psikologis terdapat dalam diri seseorang, yang dinyatakan oleh skor pada instrumen pengukur yang bersangkutan.

Koefisien validitas pun hanya punya makna apabila apalagi mempunyai harga yang positif. Walaupun semakin tinggi mendekati

angka 1 berarti suatu tes semakin valid hasil ukurnya, namun dalam kenyataannya suatu koefisien validitas tidak akan pernah mencapai angka maksimal atau mendekati angka 1. Bahkan suatu koefisien validitas yang tinggi adalah lebih sulit untuk dicapai daripada koefisien reliabilitas. Tidak semua pendekatan dan estimasi terhadap validitas tes akan menghasilkan suatu koefisien. Koefisien validitas diperoleh hanya dari komputasi statistika secara empiris antara skor tes dengan skor kriteria yang besarnya disimbolkan oleh r_{xy} tersebut. Pada pendekatan-pendekatan tertentu tidak dihasilkan suatu koefisien akan tetapi diperoleh indikasi validitas yang lain.

Menurut Suryabrata (2000), bahwa untuk mengetahui validitas isi dari sebuah instrumen dapat digunakan validasi dari pendapat ahli (*professional judgment*). Koefisien validasi isi dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif oleh beberapa orang pakar (Gregory, 2000 dalam Koyan, 2002). Untuk menentukan koefisien validitas isi, hasil penilaian dari kedua pakar dimasukkan ke dalam tabulasi silang 2 X 2 yang terdiri dari kolom A, B, C, dan D. Kolom A adalah sel yang menunjukkan ketidaksetujuan kedua penilai. Kolom B dan C adalah sel yang menunjukkan perbedaan pandangan antara penilai pertama dan kedua (penilai pertama setuju penilai kedua tidak setuju, atau sebaliknya). Kolom D adalah sel yang menunjukkan persetujuan antara kedua penilai. Validitas isi adalah banyaknya butir soal pada kolom D dibagi dengan banyaknya butir soal kolom A + B + C + D.

Setelah butir soal divalidasi oleh dua penilai, selanjutnya dianalisis dengan menggunakan perhitungan menurut Gregory seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Matrik Uji Gregory

Judges		Judges I	
	Penilaian Judges	Kurang Relevan	Sangat Relevan
Judges II	Kurang Relevan	A (- -)	B (+ -)
	Sangat Relevan	C (- +)	D (+ +)

Dari tabel di atas dapat dicari validitas konten (*Content Validity*) dengan menggunakan rumus Gregory :

$$VC = D/A+B+C+D$$

Keterangan : VC = Validitas Konten

D = Kedua Judges setuju

A. = Kedua Judges tidak setuju

B. = Judges I setuju, Judges II tidak setuju

C. = Judges I tidak setuju, Judges II setuju

Kriteria Validitas Konten :

a. 0,80 - 1,00 = Sangat tinggi

b. 0,60 - 0,79 = Tinggi

c. 0,40 - 0,59 = Sedang

d. 0,20 - 0,39 = Rendah

e. 0,00 - 0,19 = Sangat rendah

Sebagai dasar penilaian terhadap isi sebuah tes, maka berikut diuraikan kaidah penulisan soal.

Aspek Materi

- 1) Soal harus sesuai dengan Indikator.
- 2) Pengecoh berfungsi.

- 3) Setiap soal harus mempunyai satu jawaban yang benar atau yang paling benar.

Aspek Konstruksi

- 1) Pokok soal harus dirumuskan secara jelas dan tegas.
- 2) Rumusan pokok soal dan pilihan jawaban harus merupakan pernyataan yang diperlukan saja.
- 3) Pokok soal jangan memberi petunjuk ke arah jawaban benar.
- 4) Pokok soal jangan mengandung pernyataan negatif ganda.
- 5) Pilihan jawaban harus homogen dan logis ditinjau dari segi materi.
- 6) Panjang rumusan pilihan jawaban harus relatif sama.
- 7) Pilihan jawaban jangan mengandung pernyataan, "Semua pilihan jawaban di atas salah".
- 8) Pilihan jawaban yang berbentuk angka atau waktu harus disusun berdasarkan urutan besar kecilnya nilai angka tersebut, atau kronologis waktunya.
- 9) Gambar, grafik, tabel, diagram, dan sejenisnya yang terdapat pada soal harus jelas dan berfungsi.
- 10) Butir soal jangan bergantung pada jawaban soal sebelumnya.
Ketergantungan pada soal sebelumnya

Aspek Bahasa

- 1) Setiap soal harus menggunakan bahasa yang sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia.
- 2) Menggunakan bahasa yang komunikatif, sehingga mudah dimengerti.
- 3) Jangan menggunakan bahasa yang berlaku setempat.
- 4) Pilihan jawaban jangan mengulang kata atau frase yang bukan merupakan satu kesatuan pengertian.

Dalam hal pengukuran ilmu sosial, validitas yang ideal tidaklah mudah untuk dapat dicapai. Pengukuran aspek-aspek psikologis dan sosial mengandung lebih banyak sumber kesalahan (*error*) daripada pengukuran aspek fisik. Kita tidak pernah dapat yakin bahwa validitas

instrinsik telah terpenuhi dikarenakan kita tidak dapat membuktikannya secara empiris dengan langsung.

Pengertian validitas alat ukur tidaklah berlaku umum untuk semua tujuan ukur. Suatu alat ukur menghasilkan ukuran yang valid hanya bagi satu tujuan ukur tertentu saja. Tidak ada alat ukur yang dapat menghasilkan ukuran yang valid bagi berbagai tujuan ukur. Oleh karena itu, pernyataan seperti "alat ukur ini valid" belumlah lengkap apabila tidak diikuti oleh keterangan yang menunjukkan kepada tujuannya, yaitu valid untuk apa dan valid bagi siapa. Itulah yang ditekankan oleh Cronbach (dalam Azwar 1986) bahwa dalam proses validasi sebenarnya kita tidak bertujuan untuk melakukan validasi alat ukur akan tetapi melakukan validasi terhadap interpretasi data yang diperoleh oleh prosedur tertentu.

Dengan demikian, walaupun kita terbiasa melekatkan predikat valid bagi suatu alat ukur akan tetapi hendaklah selalu kita pahami bahwa sebenarnya validitas menyangkut masalah hasil ukur bukan masalah alat ukurnya sendiri. Sebutan validitas alat ukur hendaklah diartikan sebagai validitas hasil pengukuran yang diperoleh oleh alat ukur tersebut.

Atas alasan tersebut di atas, maka uji validitas digunakan dengan uji coba langsung kepada testee. Setelah uji empirik dilakukan, maka hasilnya dilakukan analisis butir meliputi uji validitas.

Validitas butir dicari dengan mengkorelasikan skor butir dengan skor total. Rumus yang digunakan adalah korelasi produk moment dengan rumus :

$$r_{iy} = \frac{n (\sum X_i Y) - (\sum X_i) (\sum Y)}{\sqrt{(n \sum X_{ii}^2 - (\sum X_i)^2) (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Keterangan :

X = Skor butir

Y = Skor total

n = banyaknya responden (Arikunto, 2001)

Kriteria yang digunakan adalah dengan membandingkan harga r_{xy} dengan harga tabel kritik $r_{product\ moment}$, dengan ketentuan r_{xy} dikatakan valid apabila $r_{xy} > r_{tabel}$ pada $ts = 0,05$. Namun dalam analisis menggunakan program microsoft excel telah tersedia fungsi korelasi. Sehingga dalam uji ini digunakan rumus korelasi pada program microsoft excel.

Reliabilitas

Suatu alat ukur dikatakan reliabel jika alat ukur tersebut menunjukkan sejauh mana hasil pengukuran dengan alat tersebut dapat dipercaya. Hal ini ditunjukkan oleh taraf keajegan (konsistensi) skor yang diperoleh oleh para subjek yang diukur dengan alat yang sama, atau diukur dengan alat yang setara pada kondisi yang berbeda. Dalam artinya yang paling luas, reliabilitas alat ukur menunjuk kepada sejauh mana perbedaan-perbedaan skor perolehan itu mencerminkan perbedaan-perbedaan atribut yang sebenarnya.

Reliabilitas alat ukur yang juga menunjukkan derajat kekeliruan pengukuran tak dapat ditentukan dengan pasti, melainkan hanya dapat diestimasi. Ada tiga pendekatan dalam mengestimasi reliabilitas alat ukur itu, yaitu:

- 1) Pendekatan tes ulang / *Test-Retest Method*: Suatu perangkat tes diberikan kepada sekelompok subjek 2x, dengan selang waktu tertentu, misalkan 2 minggu. Reliabilitas tes dicari dengan menghitung korelasi antara skor pada testing 1 dan skor pada testing 2. Pendekatan ini secara teori baik, namun didalam praktek mengandung kelemahan, yaitu bahwa kondisi subjek pada testing 2 tidak lagi sama dengan kondisi subjek pada testing 1, karena

terjadinya proses belajar, pengalaman, perubahan motivasi, dll. Oleh karena itu pendekatan ini sudah sangat jarang dipakai. Pendekatan ini sangat sesuai kalau yang dijadikan objek pengukuran adalah ketrampilan, terutama ketrampilan fisik.

- 2) Pendekatan dengan tes paralel / *Parallel Form Method*: Dua perangkat tes yang paralel, misalnya perangkat A dan B diberikan kepada sekelompok subjek. Reliabilitas tes dicari dengan menghitung korelasi antara skor pada perangkat A dan skor pada perangkat B. Keterbatasan utama pendekatan ini terletak pada sulitnya menyusun 2 perangkat tes yang paralel. Pendekatan inipun sudah jarang digunakan.
- 3) Pendekatan pengukuran satu kali / *Single Trial Method*: Seperangkat tes diberikan kepada sekelompok subjek satu kali, lalu dengan cara tertentu dihitung estimasi reliabilitas tes tersebut. Pendekatan pengukuran satu kali ini menghasilkan informasi mengenai keajegan (konsistensi) internal alat ukur. Pendekatan pengukuran satu kali ini dapat menghindarkan diri dari kesulitan yang timbul dari pendekatan dengan pengukuran ulang maupun pendekatan tes paralel, oleh karena itu pendekatan ini banyak digunakan. Yang menggunakan pendekatan pengukuran satu kali:
 - a) Spearman-Brown: Jumlah butir dibelah menjadi 2 dan dicari nilai r_{xx} -nya. Jumlah butir dapat dibelah kiri dan kanan, angka ganjil dan genap maupun dengan cara random / acak. Bila nilai r_{xx} -nya > 0.8 maka dianggap reliabel.
 - b) Rulon: Menghitung dengan melihat selisih belahan satu dengan belahan yang lain, bukan dilihat dari belahannya. Bila nilai r_{xx} -nya > 0.8 maka dianggap reliabel.
 - c) Alpha Cronbach: Alpha membagi jumlah butir dengan berapapun asal sama rata, tidak seperti Spearman-Brown dan Rulon yang tidak dapat membagi dua angka ganjil menjadi sama rata seperti misalnya angka 15, Alpha bisa membagi menjadi: 5, 5 dan 5. Bila nilai Alpha-nya > 0.8 maka dianggap reliabel.

- d) Anava Hoyt: Membagi jumlah butir sebesar jumlah butirnya, jadi dapat dibagi berapapun, tidak seperti Alpha yang tidak dapat membagi jumlah butir yang nilainya imajiner, misalnya 19. Tapi Alpha akhirnya mengeluarkan rumus baru yang dapat membagi jumlah butir sebesar jumlah butirnya juga. Dan Anava Hoyt dan Alpha yang paling banyak digunakan dalam perhitungan reliabilitas sampai saat ini. Bila nilai rtt-nya > 0.8 maka dianggap reliabel.
- e) KR20: Kuder Richardson mengeluarkan rumus perbaikan tetapi KR20 juga jarang dipakai karena KR20 hanya dapat digunakan pada data dikotomi (pilihan ya dan tidak / 0 dan 1) tidak seperti diatas, yang bisa menghitung data dikotomi dan kontinu. Bila nilai KR20-nya > 0.8 maka dianggap reliabel.

Tapi ada pendapat lain yang mengatakan bahwa suatu alat tes bukan dilihat dari rtt-nya tapi dilihat dari seberapa besar penyimpangan dari alat ukur tersebut (*Standart Error Measurement / SEM / SE*). Semakin kecil nilai penyimpangannya maka alat ukur tersebut semakin baik.

Dengan adanya kemajuan teknologi dan adanya program-program komputer yang menangani tentang statistik, kita tidak perlu lagi menghitung secara manual, kita bisa menggunakan program SPSS atau menggunakan program SPS.

Reliabilitas menyangkut derajat konsistensi atau kesepakatan antara dua perangkat skor yang diturunkan secara independen sehingga dapat diungkap dengan istilah koefisien korelasi. Dalam uji empiric ini digunakan koefisien alfa hasil penurunan rumus yang dilakukan oleh Cronbach yakni :

$$r_{11} = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sum \sigma_t^2} \right)$$

Dimana :

r_{tt} : adalah koefisien reliabilitas seluruh tes

n : adalah jumlah soal dalam tes

$\Sigma\sigma_b^2$: adalah varian skor tes ke i

$\Sigma\sigma_t^2$: adalah varian skor-skor total pada tes

D. Aktivitas Pembelajaran

Bagilah kelas anda menjadi beberapa kelompok berdasarkan karakteristik teknik perminyakan. Silahkan berdiskusi dengan kelompok anda dengan instruksi sebagai berikut :

1. Susunlah soal (instrumen) berbentuk pilihan ganda sebanyak 40 item sesuai dengan kisi-kisi soal yang telah anda buat dan jangan melupakan prinsip dari kaidah penulisan soal untuk tes Pilihan berganda.
2. Lakukanlah uji coba terhadap butir soal tersebut, dan lakukan analisis validitas dan reliabilitasnya.

Petunjuk :

Gunakanlah format di bawah ini untuk membantu melakukan analisis validitas dan reliabilitas .

No. Siswa	No. Butir Soal										Σy	$(\Sigma y)^2$
	1	2	3	4	5	...	...	...	...	40		
1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0		
2	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1		

3	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1		
4	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1		
5	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1		
6	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1		
7	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1		
8	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1		
9	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1		
10	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1		
Σx												
Σxy												
r												

E. Latihan/Kasus/Tugas

Bagilah kelas anda menjadi beberapa kelompok berdasarkan jenis mata pelajaran yang diampu. Silahkan berdiskusi dengan kelompok anda dengan instruksi sebagai berikut :

1. Berdasarkan perilaku-prilaku yang sudah anda tentukan, buatlah penyebaran soal sesuai dengan format yang ada pada uraian materi .
2. Sesuai dengan penyebaran soal, susunlah kisi-kisi soal yang bertujuan untuk mengukur pencapaian kompetensi (prestasi hasil belajar).

3. Mengapa guru harus melakukan ujicoba terhadap butir soal yang telah disusun?
4. Masing-masing kelompok akan mempresentasikan hasil diskusinya.

F. Rangkuman

Kisi-kisi adalah suatu format atau matriks berisi informasi yang dapat dijadikan petunjuk teknis dalam menulis soal atau merakit soal menjadi alat tes/evaluasi. Kisi-kisi disusun berdasarkan tujuan evaluasi. Penyusunan kisi-kisi merupakan langkah penting yang harus dilakukan sebelum penulisan soal, tanpa adanya indikator dalam kisi-kisi tidak dapat diketahui arah dan tujuan setiap butir soal. Kisi-kisi soal yang baik harus memenuhi persyaratan tertentu, antara lain :

1. Representatif, yaitu harus betul-betul mewakili isi kurikulum atau materi yang telah diajarkan secara tepat dan proporsional.
2. Komponen-komponennya harus terurai/rinci, jelas, dan mudah dipahami.
3. Soalnya dapat dibuat sesuai dengan indikator dan bentuk soal yang ditetapkan.

Formula yang digunakan untuk menghitung validitas adalah rumus Pearson correlation, yakni:

$$r_{XY} = \frac{n(\sum X_i Y) - (\sum X_i)(\sum Y)}{\sqrt{(n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Nilai r_i berkisar antara -1 dan 1

Butir soal dikatakan valid apabila memiliki nilai korelasi yang lebih besar dari nilai tabel.

Rumus untuk menghitung koefisien reliabilitas tes adalah cronbach alpha, yakni:

$$r_{11} = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sum \sigma_t^2} \right)$$

Koefisien Reliabilitas tes yang lebih besar dari 0,50 adalah reliable

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Tulislah apa yang sudah Anda ketahui dari materi ini !
2. Apakah materi ini bermanfaat untuk membantu tugas Anda sebagai guru?
3. Materi apa yang masih diperlukan untuk membantu tugas Anda berkaitan dengan kaidah pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi hasil belajar?
4. Adakah saran/komentar Anda berkaitan dengan kaidah pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi hasil belajar ?

BAB III

KOMPETENSI PROFESIONAL

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: PENGOPERASIAN TANGKI TIMBUN MINYAK & GAS BUMI

A. Tujuan

Pada sesi kegiatan pembelajaran 1 Teknik Pengolahan Minyak Gas dan Petrokimia Grade 9 ini, diharapkan para guru dan tenaga pendidik dapat mengetahui, memahami dan menguasai cara: Memadukan teknik pengoperasian tangki timbun dan losses selama penyimpanan dan penyaluran Minyak dan Gas Bumi.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Dalam memadukan teknik pengoperasian tangki timbun dan losses selama penyimpanan dan penyaluran, indikator pencapaian kompetensi yang diharapkan adalah para guru dan tenaga pendidik mampu untuk memahami dan mengetahui cara:

1. Melakukan teknik pengukuran isi tangki
2. Mengatasi Losses kehilangan karena penguapan

C. Uraian Materi

1. TANGKI TIMBUN MINYAK BUMI

Tangki timbun (*Storage Tank*) adalah sarana tempat penyimpanan / penimbunan minyak mentah (*crude oil*) sebelum pengolahan minyak

dilakukan maupun sebagai tempat hasil dari proses pengolahan minyak pada kilang, serta produk-produk minyak, gas, dan chemical.

- a. Tangki timbun harus memenuhi persyaratan/ketentuan, sebagai berikut:
- b. Sifat kimiawi dari produk yang disimpan (seperti: penguapan, bahan yang mudah terbakar atau meledak, kelarutan, kemudahan bereaksi, dan korosi)
- c. Pengawasan dan perhitungan dari *vapour* yang terbuang
- d. Perlindungan terhadap isi tangki
- e. Keselamatan (*Safety*) dan peraturan perlindungan terhadap pencemaran lingkungan
- f. Biaya pembuatan tangki

Tangki Timbun selain digunakan sebagai tempat penyimpanan minyak yang akan diolah maupun tempat produk hasil pengolahan juga digunakan sebagai tempat penyimpanan ataupun penimbunan minyak yang berasal dari kapal *tanker*, mobil tangki dan sarana angkutan lainnya.

Klasifikasi Tangki Timbun Minyak Bumi

a. Berdasarkan tekanan kerjanya tangki timbun dibagi atas beberapa jenis, sebagai berikut:

1) *Atmospheric Tank*

Tangki yang bertekanan atmosfer dirancang sarana penimbunan fluida pada kondisi tekanan atmosfer. Tangki ini biasanya berbentuk silinder vertikal yang berukuran kecil sampai besar. Bolted *tank* dan tangki yang berbentuk persegi panjang juga sering digunakan sebagai *atmospheric storage*.

2) *Low Pressure Tank* (0 sampai 2,5 psig)

Tangki bertekanan rendah biasanya digunakan untuk menyimpan fluida yang membutuhkan tekanan mendekati tekanan atmosfer sampai dengan 2,5 psig. Tangki ini biasanya berbentuk silinder dengan dasar mendatar (*flat*) atau cakram (*dished*) dan atapnya

dapat berupa kerucut atau *dome*. *Low pressure storage tank* biasanya dirancang dengan sambungan dilas (*welded*). Banyak jenis *refrigerated storage tank* beroperasi pada tekanan sekitar 0,5 psig.

3) *Medium Pressure Tank* (2,5 sampai 15 psig)

Medium pressure tank biasanya digunakan untuk menyimpan fluida yang volatilitasnya (kemampuan menguap) lebih tinggi yang tidak dapat disimpan pada tangki yang bertekanan rendah. Bentuk tangki ini dapat berupa selinder dengan dasar mendatar (*flat*) atau cakram (*dished*) dan atapnya dapat berbentuk kerucut atau *dome*. *Medium pressure tank* biasanya dirancang dengan sambungan las (*welded*). Bentuk bola juga sering digunakan, terutama untuk tekanan mendekati 15 psig.

4) *High Pressure Tank* (diatas 15 psig)

Tangki yang bertekanan tinggi biasanya digunakan untuk menyimpan fluida dari hasil pengilangan (*refinery*) atau atau komponen fraksi pada tekanan diatas 15 psig. Tangki ini dirancang dengan sambungan las dan bentuk konfigurasinya dapat berupa selinder atau bola.

Jenis-jenis tangki timbun berdasarkan tekanan kerjanya ini merupakan jenis tangki timbun di atas Permukaan.

b. Berdasarkan bentuk & posisinya tangki timbun dibagi atas

1) *Sphere / Spheroid Tank*

Tangki ini berbentuk bulat dan dirancang mampu menahan tekanan maksimum yang ditimbulkan oleh uap zat cair tanpa menggunakan ventilisasi, semakin kecil ukuran diameter tangki semakin kuat menahan tekanan dari dalam tangki. Tangki Sphere ini biasanya digunakan untuk menyimpan LPG dan LNG serta mampu menahan tekanan dari 30 psig sampai dengan 300 psig.

Hal ini tergantung juga pada diameter dan ketebalan dinding dari tangki tersebut.

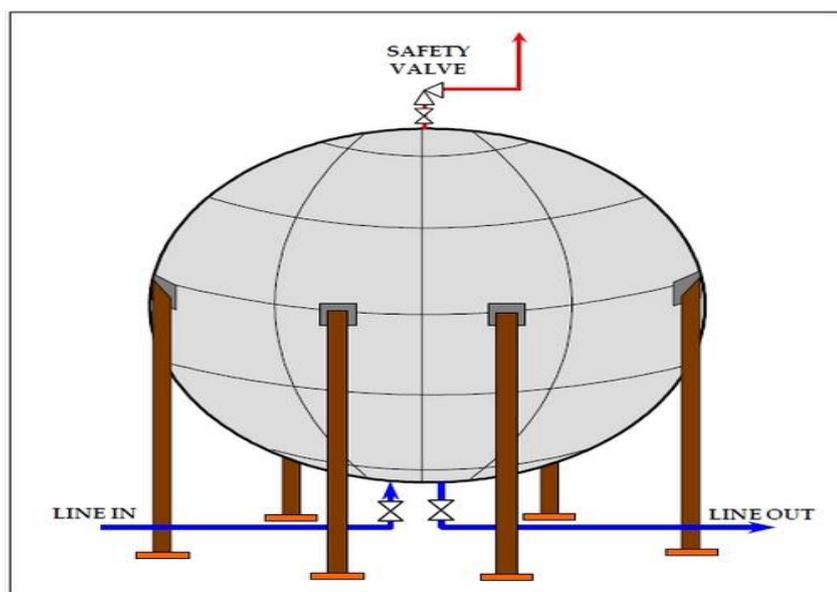
Adapun Jenis *sphere/ spheroidal tank* sebagai berikut:

a) *Spherical Tanks* (Tangki Berbentuk Bola)

Tangki timbun berbentuk bola biasanya digunakan untuk menyimpan fluida yang bertekanan diatas 5 psig. Gambar 1 merupakan gambar *spherical storage tank*.

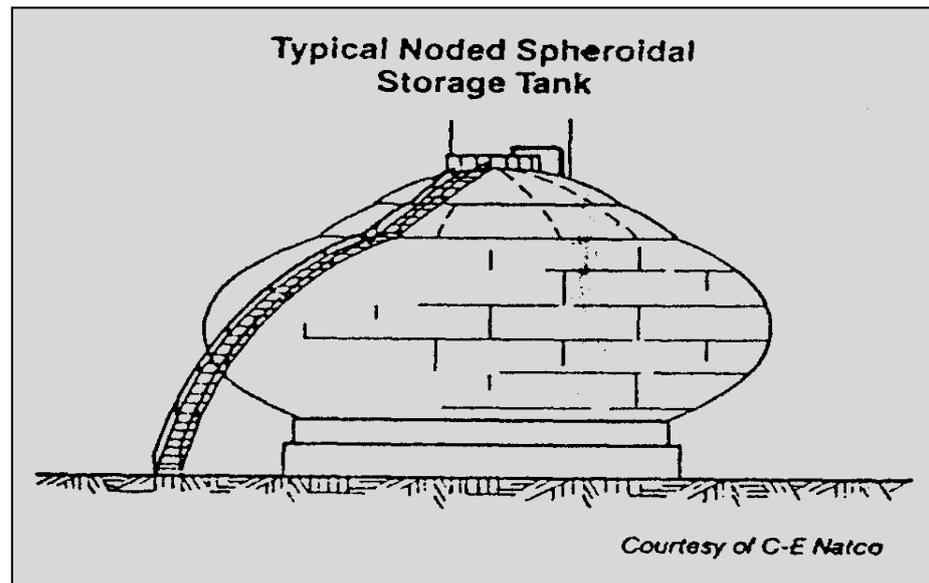
b) *Spheroidal Tanks* (Tangki Berbentuk Spheroidal)

Tangki berbentuk spheroidal adalah merupakan tangki yang bagian atasnya berbentuk seperti bola dan bagian bawahnya mendatar (flat). Tangki hemispheroidal mempunyai selubung berbentuk silinder dengan atap dan dasar melengkung. *Noded spheroidal tank* (Gambar 2) biasanya digunakan dalam ukuran yang lebih besar dan mempunyai penopang didalamnya untuk menjaga agar stress yang diderita cukup rendah. Tangki ini biasanya digunakan untuk menyimpan fluida dengan tekanan diatas 5 psig.



Gambar 1. Spherical Storage Tank

(articles/olfield-101/5130-storage-tanks-vessels-gas-liquids, 2010)



Gambar 2. Noded Spheroidal Storage Tank (Courtesy of C-E Natco)

2. Tangki Horizontal

Tangki ini berbentuk silinder mendatar dimana kedua ujungnya ditutup dengan plat logam yang dilas. Menurut letaknya Horizontal Tank dibedakan atas:

- Tangki di atas tanah (*Above Ground Tank*)
Tangki ini sering dipergunakan untuk menyimpan minyak (fuel oil) dan cairan yang mengandung bahan kimia (chemical).
- Tangki di bawah tanah (*Under Ground Tank*)
Tangki ini pada umumnya dipergunakan untuk menyimpan bahan bakar minyak (BBM) di station pompa bahan bakar untuk umum *station pump booster unit* (SPBU).
- Tangki Car
Tangki ini sebagai alat transportasi bahan bakar minyak (BBM) atau non BBM dari depot ke *station pump booster unit* (SPBU) atau ke konsumen)



Gambar 3. Horizontal Tank (www.highlandtank.com/ui-142-horizontal-double-wall)

3. Tangki Vertical

Tangki ini dipasang tegak lurus, dan biasanya dibagi atas:

- *Non Pressure Tank*
- *Low Pressure Tank*
- *High Pressure Tank*

c. Berdasarkan sifat fisiknya tangki timbun dibagi atas:

a. Class A

Tangki untuk menyimpan produk dengan flash point < 73 derajat Fahrenheit, bisa menyimpan jenis produk berupa:

- 1) Migas / premium, Naptha
- 2) HOMO (High Octan Mogas Component)

b. Class B

Tangki untuk menyimpan produk dengan flash point 73 – 150 derajat Fahrenheit, bisa menyimpan jenis produk berupa: Avtur, Kerosine, dan Solar / HSD (*High Speed Diesel*)

c. Class C

Tangki untuk menyimpan produk dengan flash point > 150 derajat Fahrenheit, bisa menyimpan produk berupa:

- 1) Cube Oil / pelumas, IFO (*Industrial Fuel Oil*), MDF (*Morine Diesel Fuel*)
- 2) Minyak bakar, Residu
- 3) LSWR (*Low Sulphur Waxy Residu*)

Tabel 2 berikut ini dapat digunakan sebagai pemandu dalam memilih tangki timbun minyak bumi.

Tabel 2. Pemilihan Tangki Timbun Minyak Bumi (Arnold K, Stewart M.,1986)

	Storage				
	Atmospheric Pressure†‡	0 to 2.5 psig‡	2.5 to 15 psig‡	Above 15 psig§	Underground
Crude Oils	X	X	X	-	X
Condensate	X	X	X	X	X
Oils	X	X	-	-	X
Natural Gasoline	X	X	X	-	X
Butanes	-	X ^o	X ^o	X	X
Propane	-	X ^o	X ^o	X	X
Raw NGLs	-	X ^o	X ^o	X	X
Ethane	-	X ^o	X ^o	X	X
Petrochemicals	-	X ^o	X ^o	X	X
Natural Gas	-	-	-	X	X
LNG	-	X ^o	X ^o	X	-
Treating Agents	X	X	-	-	-
Dehydration Fluids	X	X	-	-	-
Specialty Chemicals	X	X	X	-	-
Solid Materials	X	-	-	-	-
Water	X	-	-	-	-

* Some Materials may require a slight positive pressure to exclude air, oxygen, and/or water, and conserve valuable/toxic vapors. API specifications 12D and 12F may also apply.

† API Standard 650 governs

‡ API Standard 620 governs

§ ASME Unfired Pressure Vessel Code, Section VIII governs

^o Refrigerated only

Note: Vacuum conditions may exist and must be considered in tank design. Examples: low ambient temperatures or evacuating without relieving.

Berikut ini merupakan jenis-jenis tangki penyimpanan (*storage*) minyak bumi yang umum digunakan antara lain:

1. *Fixed Roof* (Atap Tetap)

Atap tetap dipasang secara permanen pada selubung/dinding tangki. Tangki ini mempunyai kapasitas 500 barrel dan bahkan lebih dan dilengkapi dengan suatu *frangible roof* (dirancang untuk pertimbangan keselamatan pada saat melepas sambungan las jika terjadi kelebihan tekanan dalam), yang mana desain tekanan dinding tidak melebihi tekanan ekivalen dari berat total atap, termasuk penyangga.

Jenis *Fixed Roof* terbagi lagi dalam beberapa Jenis berikut:

- a. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kubah (*Fixed Dome Roof*)
- b. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kerucut (*Fixed Cone Roof*)



Gambar 4. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kubah (*Fixed Dome Roof*)
(Peralatan Proses dan Utilitas Kemendikbud, 2013)



Gambar 5. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kerucut (*Fixed Cone Roof*)
(Peralatan Proses dan Utilitas Kemendikbud, 2013)

2. *Floating Roof* (Atap Terapung)

Tangki penimbun dapat dilengkapi dengan dengan atap terapung (Gambar 6) dimana atap tangki mengapung diatas fluida dalam tangki. Tangki jenis ini terutama digunakan untuk menyimpan fluida pada tekanan mendekati tekanan atmosfer.

Floating roof didesain untuk bergerak secara vertikal dalam dinding tangki agar dapat memberikan ruang minimum yang konstan antara permukaan cairan dalam tangki dan atap.

Internal *floating roof tank* dengan external fixed roof digunakan pada daerah yang curah saljunya cukup tinggi karena akumulasi salju atau air pada *floating roof* akan mempengaruhi operating *buoyancy*.

Atap ini dapat dipasang pada tangki yang sudah ada ataupun pada tangki baru. Baik *floating roof* maupun internal *floating roof* digunakan untuk

mengurangi kehilangan uap dan membantu konservasi fluida yang disimpan.



Gambar 6. Tangki Silindris Tegak Atap Bergerak (*Floating Roof*)
(www.float-tek.com/chinese/application.html)

3. *Bolted Tank*

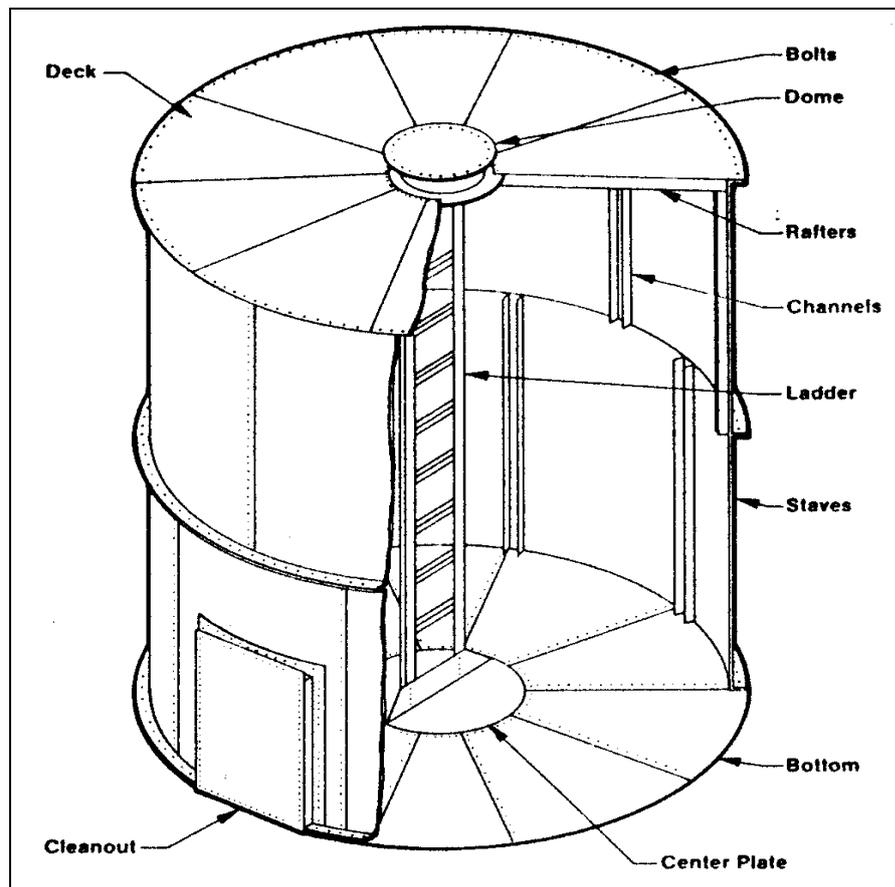
Bolted tank (Gambar 8) dirancang dan dilengkapi dengan segmental element yang dipasang pada lokasi yang dapat berbentuk vertikal, silinder diatas tanah, dengan atap terbuka atau tertutup.

Standard API untuk *bolted steel tanks* memiliki kapasitas antara 100 sampai 10000 bbl dan didesain untuk menahan tekanan dalam sebesar tekanan atmosfer.

Bolted tanks memberikan beberapa keuntungan, seperti:

- ✓ Mudah dibawa ke lokasi yang diinginkan.
- ✓ Dapat didirikan dengan tangan.
- ✓ Mudah diubah kapasitasnya seperti keinginan.
- ✓ Jika tangki terdapat lubang akibat korosi atau rusak, dengan mengganti lembaran yang rusak maka tangki dapat dipergunakan lagi.

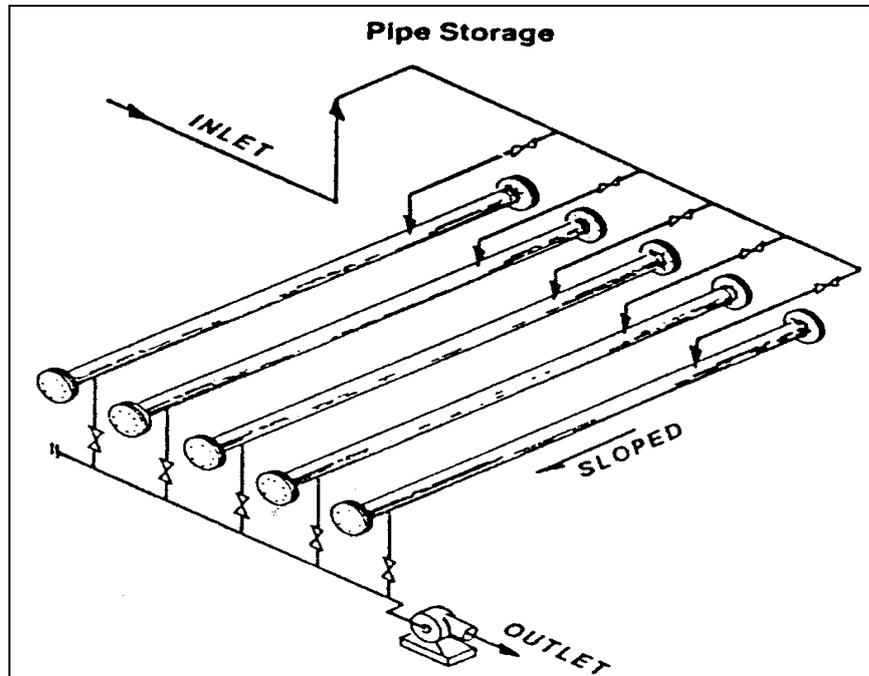
- ✓ Tidak memerlukan peralatan spesial (seperti *Crane*) untuk mendirikan tangki.
- ✓ Dapat dengan mudah memasukan instalasi baru.
- ✓ Bolted *tanks* mendapatkan proses :
- ✓ Dicat, dengan mencat kedua sisi lembar tangki selama pembuatan memberikan proteksi terhadap korosi di bagian dalam tangki.
- ✓ *Galvanized*, melakukan galvanisasi terhadap lembaran tangki dan seluruh bagian tangki dengan "*hot-dip*" proses.
- ✓ Pelapisan khusus, seperti *factory-baked coating* memberikan perlindungan yang bagus terhadap korosi.
- ✓ Umumnya *bolted tanks* dibuat dari 12 atau 10 *gauge steel*.



Gambar 7. Bentuk Bolted Tank (<http://lektisii.net/4-53271.html>)

4. *Pipe Storage* (Bentuk Khusus)

Pipa tersebut (Gambar 9) digunakan terutama untuk menyimpan dan menangani cairan minyak atau cairan *anhydrous amonia*, sehingga harus dirancang dan dikonstruksi menurut kode-kode yang telah ditetapkan.



Gambar 8. Pipe Storage (GPSA Engineering Data Book, 2004)

Pipa yang digunakan spesial untuk menyimpan dan menangani liquid petroleum component harus didesain dan dibuat berdasarkan aturan yang ada. Pipe storage terdiri dari beberapa bagian sambungan pipa yang paralel satu sama lainnya dan saling berhubungan untuk dioperasikan sebagai satu kesatuan unit. Ukuran dan panjang bergantung kepada kapasitas yang diinginkan dan faktor ekonomi.

Untuk perlindungan terhadap korosi, bagian luar pipa yang terbenam harus dilapis, dan juga dengan perlindungan katodik untuk menghindari pelapisan yang tidak sempurna. Sedangkan bagian di atas permukaan harus dilindungi dengan cat atau materi pelapisan. Pada kasus tertentu, pipe storage mungkin memerlukan *insulation*.

Pipe storage ini digabungkan bersama (manifold), untuk pengisian atau pengosongan. *Pipe storage* juga harus dilindungi dari *over pressure* seperti *storage vessel* lainnya.

5. *Flat-Side Tank*

Walaupun tangki yang berbentuk silinder merupakan konstruksi tangki yang terbaik, tetapi kadang-kadang tangki persegi panjang lebih disukai.

Jika ruang yang tersedia terbatas, seperti lokasi di lepas pantai, lebih sesuai digunakan *flat-side tank* karena beberapa cell atau *flat-side tank* dapat mudah difabrikasi dan disusun dalam ruang yang lebih sempit dibanding dengan jenis yang lain. *Flat-side tank* atau tangki persegi panjang (*rectangular tank*) biasanya digunakan sebagai *atmospheric storage*.

6. *Lined Ponds*

Pond (kolam) digunakan sebagai tempat pembuangan, penguapan, atau tempat penyimpanan cairan. Dengan pertimbangan lingkungan maka pemakaian *lined pond* tidak digunakan untuk penyimpanan fluida yang lebih volatil atau beracun. Beberapa kriteria penting untuk penentuan kualitas *Lined Ponds*, yaitu :

- a. *High tensile strength and flexibility*
- b. *Good weatherability*
- c. Kebal terhadap serangan bakteri dan jamur
- d. Specific gravity lebih besar dari 1
- e. Tahan terhadap serangan ultraviolet
- f. Tidak ada kerusakan fisik
- g. Mudah diperbaiki

Pendeteksian kebocoran kadang-kadang harus dibuat pada pond system, terutama dimana buangan bahan beracun atau polutan tersimpan. Jenis sistem deteksi kebocoran biasanya digunakan *drainage system*,

pengukuran resistivitas tanah, pemantauan sumur, dan kombinasi dari metode tersebut.

7. Pit Storage

Pit storage hampir sama seperti pond storage, tetapi hanya digunakan pada kondisi darurat. Penggunaan storage jenis ini dibatasi oleh lokasi, kondisi, dan peraturan daerah setempat.

Evaluasi Losses Pada Proses Penyaluran Minyak Bumi

Pada proses penyaluran minyak bumi menuju ke tangki-tangki pengumpul ataupun tangki timbun sering terjadi losses (kehilangan jumlah fluida). Hal ini disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor aktual dan faktor appearance.

1. **Faktor Aktual** yang meliputi: penguapan, kebocoran pada pipa alir pembuangan air, drain, pencurian dan adanya pipa yang pecah.

Faktor aktual dapat ditanggulangi dengan beberapa cara sesuai faktor penyebabnya berikut ini:

Tabel 3. Penanggulangan Faktor Aktual

PENYEBAB	CARA PENANGGULANGAN
<p>Penguapan (evaporation)</p>	<p>Menggunakan stage separator yang sesuai tekanan up stream.</p> <p>Penampungan menggunakan Floating Roof Tank Sebelum ditransfer ke Storage Tank, diusahakan RVP rendah (< 14.7 Psia)</p>
<p>Akibat pembuangan air</p>	<p>Water drain sebelum diinjeksikan kembali ke reservoir sebagai water diposal, kandungan minyak sekecil mungkin (< 15 ppm)</p>
<p>Kebocoran Pipa</p>	<p>Dijaga agar kondisi pipa selalu prima dengan melakukan pola operasi sesuai prosedur Monitor pipa secara rutin (pipeline checker)</p>

Pencurian	Dilakukan monitoring penjagaan secara terprogram Evaluasi apabila terjadi selisih pengiriman yang tidak wajar.
Pecah Pipa	Dalam pemompaan selalu memperhatikan Maximum working pressure yang diizinkan sesuai kondisi pipa. Memasang Hight pressure shutdown dalam operasi system pipa.

2. **Faktor Appearance** yang meliputi dua faktor Random Error dan Sistemik Error, dimana untuk random error meliputi faktor akibat kesalahan manusia (pekerjaannya) dan kesalahan alat yang sedang digunakan, sedangkan untuk sistemik error disebabkan oleh kesalahan prosedur, kesalahan sistem dan pelaksanaan yang kurang paham.

a. Random Error

Cara penanggulangan random error sebagai berikut:

Tabel 4. Penanggulangan Random Error

PENYEBAB	CARA PENANGGULANGAN
Kesalahan Pelaksana di Lapangan	Diberikan pengertian tentang kerugian akibat aktifitas pengukuran yang tidak benar. Diberikan prosedur baku yang sederhana dan mudah dalam setiap tahap pelaksanaan pengukuran dan perhitungan. Dilakukan pengawasan pelaksanaan prosedur.
Kejuhan	Diberikan motifasi atas tugas dan tanggung

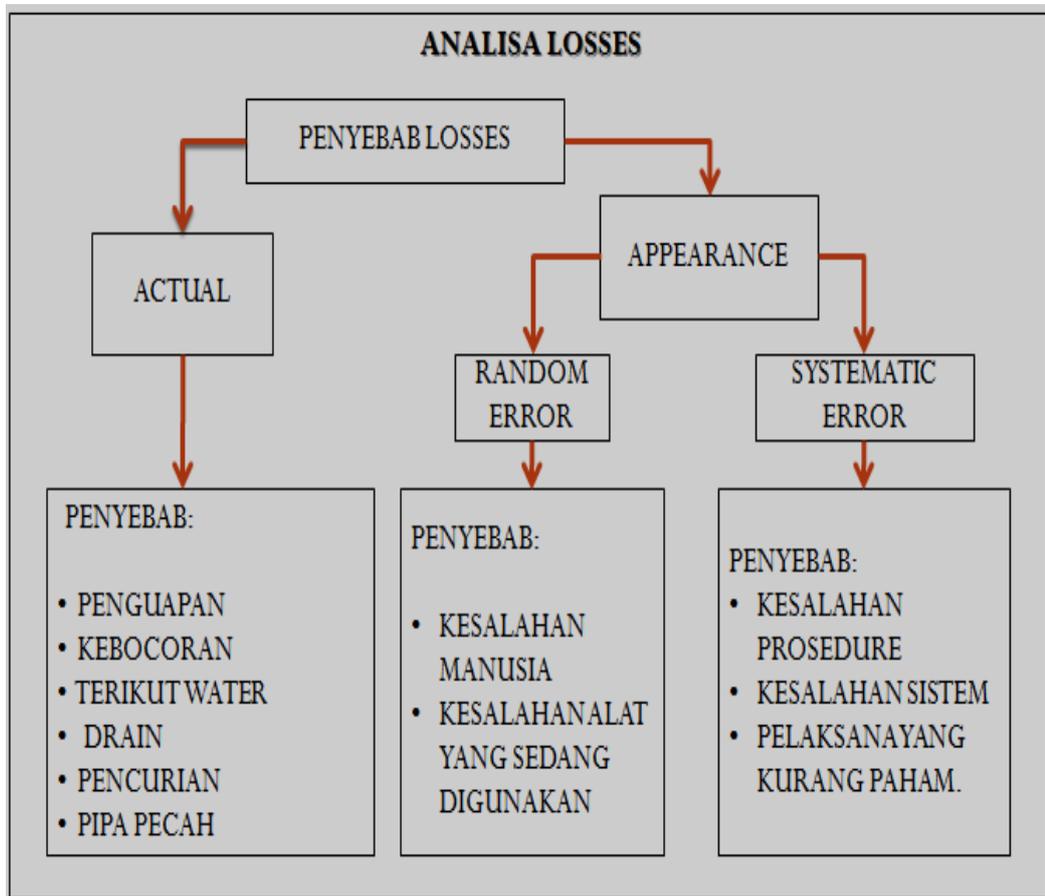
dalam melaksanakan tugas	jawabnya, serta diberikan pengertian betapa penting tugas yang dikerjakan untuk keuntungan perusahaan.
---------------------------------	---

b. Sistemik Error

Tabel 5. Penanggulangan Sistemik Error

PENYEBAB	CARA PENANGGULANGAN
System yang digunakan tidak tepat	<ul style="list-style-type: none"> • Lakukan evaluasi apakah systemnya sudah benar • Disusun prosedur baku dan amati pelaksanaannya
Standard kurang tepat	<ul style="list-style-type: none"> • Gunakan standard baku yang sesuai dengan regulasi Pemerintah.

Gambar 9 merupakan diagram alir penyebab terjadinya *Losses* pada minyak bumi.



Gambar 9. Diagram alir penyebab terjadinya Losses (QAS Wakidin, 2011)

Perolehan Produk Akibat Losses

1. Vapor Losses

Uap terpancar dari vent dan/atau relief valve pada tangki penimbun melalui dua cara, yaitu :

- a. Uap yang terdesak keluar dari tangki selama operasi pengisian.
- b. Uap yang dihasilkan oleh penguapan cairan yang disimpan dalam tangki.

Vapor recovery system harus ditentukan ukurannya untuk menangani total uap yang berasal dari dua sumber tersebut.

2. *Filling Losses*

Uap yang dikeluarkan dari tangki secara umum disebut sebagai "*Filling Losses*". Tangki penimbun biasanya tidak dipompakan sampai benar-benar kering pada saat kosong. Uap diatas sisa cairan dalam tangki akan mengembang dan mengisi ruang pada tekanan uap cairan yang disimpan dalam temperatur tangki tersebut. Jika tangki diisi fluida, maka uap terkompresi pada ruang yang lebih sempit sampai set tekanan pada *vent/relief system* tercapai. Dalam hal ini juga terjadi "*Filling Losses*" yang disebabkan oleh ekspansi cairan di dalam tangki.

3. *Vaporization Losses*

Losses jenis ini dicirikan dengan adanya uap yang dihasilkan dari penambahan panas melalui dinding, dasar dan atap tangki. Total panas yang masuk adalah merupakan jumlah aljabar dari perpindahan panas secara radiasi, konduksi, dan konveksi. Losses jenis ini terutama terjadi pada cairan hidrokarbon ringan yang disimpan dalam tekanan penuh atau *refrigerated storage*.

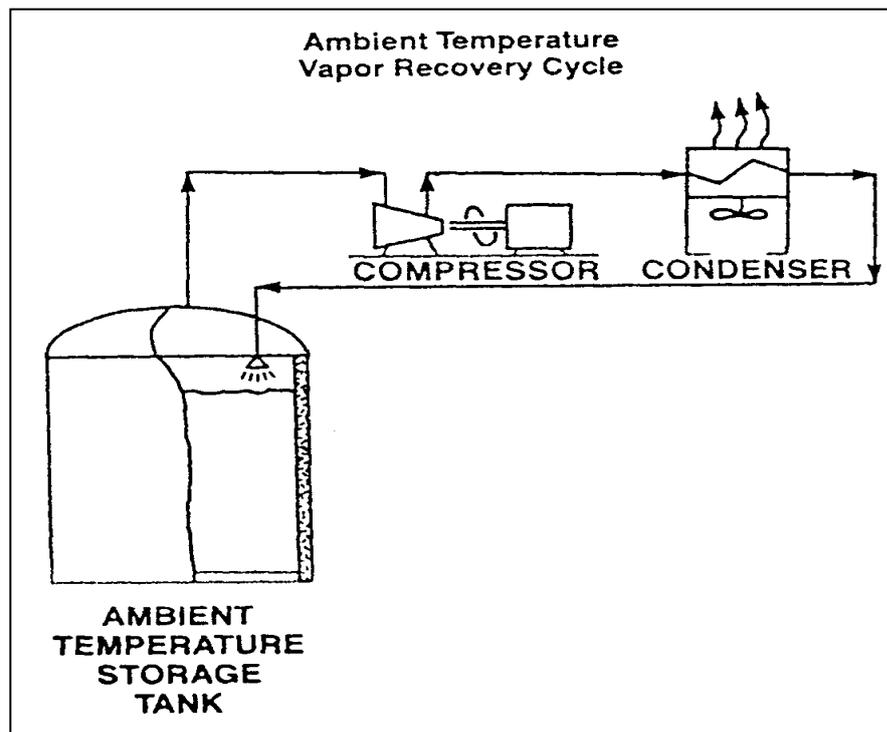
Untuk menghitung penguapan dalam tangki, maka jumlahkan pengaruh radiasi, konduksi, dan konveksi panas yang masuk ke dalam tangki. Perkirakan *vapor losses* dalam lb/jam, kemudian dihitung dengan membagi total panas yang masuk dengan panas laten penguapan fluida pada temperatur fluida tersebut.

4. Vapor Recovery System

Vapor recovery system biasanya digunakan untuk mencegah pencemaran lingkungan mengambil produk yang berharga. Ada dua jenis *vapor recovery system*, yaitu satu dirancang untuk mengumpulkan racun buangan yang dapat mencemari atmosfer. Dalam sistem ini biasanya uap ditekan dan dikondensasikan kedalam cairan dan dibuang dalam sistem pembuangan cairan.

Vapor recovery system pada tekanan atmosfer, temperatur disekitar tangki tidak diperlukan pada refrigerator system untuk

mengkondensasikan uap. Sistem ini biasanya ditekan melalui kompresi tingkat pertama, udara yang terkondensasi didinginkan dengan pendingin udara atau air, kemudian dikembalikan ke dalam tangki. Gambar 10 menunjukkan skema dari sistem ini.



Gambar 10. Siklus Vapor Recovery (QAS Wakidin, 2011)

5. Pengontrolan Uap Dan Konservasi Gravitasi dengan Storage Tanks

Crude oil dan kondensat merupakan suatu komposisi yang terdiri dari berbagai macam parafin hidrokarbon. Propan adalah hidrokarbon ringan yang sering ditemukan pada jumlah tertentu dan merupakan hidrokarbon yang memiliki kecenderungan terbesar untuk menguap dari cairan yang disimpan di dalam tangki. Ketika propan dan jenis hidrokarbon lainnya menuju ke fasa uap akibat penguapan, volume dari cairan yang disimpan akan berkurang.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Penguapan dan Turunnya Berat dari komponen minyak bumi.

Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya penguapan dan penurunan berat pada tangki penyimpanan minyak bumi, antara lain:

1. Tekanan uap dari produk yang disimpan
2. Temperatur dari produk yang disimpan
3. Daerah permukaan dari produk yang disimpan
4. Agitasi dari produk yang disimpan
5. Tekanan *storage tank*
6. *Filling losses* dari *storage tank*
7. *Breathing losses* dari *storage tank*
8. Warna Cat atau pelapisan

Berikut penjelasan dari faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya penguapan dan penurunan berat pada tangki penyimpanan:

1. Tekanan Uap

Tekanan Uap sebenarnya (*True Vapor Pressure - TVP*) dari cairan merupakan tekanan aktual yang membuat ruang uap pada *kontainer* pada temperatur tertentu. Air, misalnya, memiliki TVP 1 psi pada 100 °F dan TVP 14,7 psi pada 212 °F, karena itu harus dalam keadaan tertutup untuk melindungi dari evaporasi. Hal yang sama terdapat pada minyak mentah jika TVP di bawah 14,7 psi. Minyak mentah dengan TVP 10 psi dan lebih rendah biasanya relatif stabil pada *closed-atmospheric storage*.

2. Temperatur

Temperatur dari crude berhubungan langsung dengan tekanan uapnya. Misalnya, crude dengan TVP 8 psi pada 50 °F akan memiliki TVP 17 psi pada 90 °F, terjadinya penguapan diperkirakan lebih dari dua kali pada temperatur 90 °F.

3. Daerah Permukaan

Berhubungan langsung dengan rate dari evaporasi dari daerah permukaan minyak. Misalnya, dua tangki dengan kapasitas masing-masing 500 bbl, yang satu *high* 500 bbl dan yang satu *low* 500 bbl tangki. Jika keduanya diisi setengah penuh, *high* 500 bbl memiliki luas permukaan 0,74 ft², sedangkan *low* 500 bbl memiliki luas permukaan 1,46 ft² untuk setiap barrel yang disimpan. Maka dari itu *tank* dibawah 500 bbl memiliki laju evaporasi lebih cepat dua kali daripada *tank* diatas 500 bbl

4. Agitasi

Agitasi dari produk yang disimpan berhubungan langsung dengan tekanan uap. Jika dua buah jenis crude berada pada kondisi yang sama menerima agitasi yang sama pula, jenis yang memiliki tekanan uap lebih tinggi akan menunjukkan kehilangan uap yang lebih besar pula.

5. Tekanan Tangki

Makin tinggi tekanan yang terdapat pada storage *tank*, maka makin kecil kecenderungan untuk crude menguap. Tekanan *storage*, diperkirakan memiliki ekses 1 psig, diperlukan untuk produk yang akan disimpan yang memiliki TVP 14,7 psi untuk menghindari kehilangan uap yang lebih banyak.

Minyak dengan densitas tinggi ataupun kondensat biasanya memerlukan tekanan storage yang lebih tinggi daripada 1 sampai 4 oz. Pembeli minyak biasanya mempunyai catatan tersendiri tentang tekanan storage yang diinginkan.

6. *Filling Losses*

Ketika 475 bbl dipindahkan dari tangki 500 bbl, uap crude oil akan terjadi ketika minyak dipindahkan. Ketika tangki diisi kembali, uap yang terjadi akan dipaksa keluar dari tangki keluar. Uap yang terbuang tadi mungkin sama dengan 1 barrel atau lebih, tergantung dari tipe minyak tersebut.

7. *Breathing Losses*

Temperatur berubah antara siang dan malam menyebabkan uap keluar dari tangki dan udara, reaksi ini sama dengan yang di atas, tetapi lebih kecil volumenya daripada kehilangan pada saat pengisian dan pengeluaran.

8. *Ukuran Storage*

Besarnya ruang uap dan lamanya waktu penyimpanan akan menaikkan kehilangan uap. Seperti misalnya, dua tangki yang berisikan masing-masing 100 bbl, yang satu tangki 250 bbl dan yang lainnya high 500 bbl tangki. Tangki 250 bbl memiliki 948 cu-ft ruangan yang berisikan uap sedangkan tangki 500 bbl, 2475 cu-ft atau dua kali lebih banyak dari tangki 250 bbl.

Bertambahnya ruangan yang berisi uap ini meningkatkan kehilangan uap dari tangki yang lebih besar.

Cara Melindungi Produk Dari Penguapan dan Penurunan Berat

Banyak yang dapat dilakukan untuk mencegah kehilangan crude oil akibat penguapan ini. Produk harus disimpan di dalam storage dalam keadaan dingin. Beberapa tipe peralatan heat-exchanger harus digunakan antara emulsion treater atau peralatan pemanas lainnya, dan tangki untuk mendinginkan minyak sebelum memasuki tempat penyimpanan.

Jika menggunakan fluid heat-exchanger, program preventif peralatan harus dilaksanakan untuk melindungi terhadap terbentuknya scale, parafin, garam dan lain sebagainya yang umum terdapat pada fluida produksi. Sebagian besar rangkaian tangki modern dilengkapi *Lease Automatic Custody Transfer* (LACT) unit.

Tangki yang digunakan harus memiliki ukuran yang cukup untuk setling time 12 jam. Selain itu rangkaian harus dilengkapi dengan *storage* untuk minyak dengan kualitas buruk (*bad oil*), *storage* ini harus memiliki kapasitas yang cukup untuk penyimpanan *bad oil* ini.

Tangki baja harus dicat dengan cat reflective atau putih. Test menunjukkan temperatur vapor-space untuk tangki yang dicat dengan cat aluminium memiliki temperatur 4,5 °F di atas temperatur ruang, sementara yang berwarna merah memiliki temperatur 14 °F di atas temperatur ruang.

Tangki harus dipilih memiliki diameter yang kecil, tinggi, dan kapasitas kecil, dan seluruh pertimbangan harus sama. Faktor-faktor ini akan menyebabkan produk yang disimpan memiliki daerah permukaan dan ruangan yang berisi uap (*vapor-space*).

Pipa *downcomer* mencegah agitasi di dalam tangki. Biasanya dibuat dengan memasang sebuah line di dalam tangki dari sambungan *inlet di deck* tangki sampai 1 ft di atas dasar tangki. *Downcomer* ini harus memiliki lubang *vacuum breaker* di bagian atasnya untuk membiarkan gas lepas sehingga dapat mencegah agitasi, percikan dan akumulasi dari listrik statis.

Semua bagian tangki yang terbuka, harus dijaga tetap tertutup dan tekanan tangki harus tinggi (paling tidak 1/2 in dari kolom air). Tangki di dalam rangkaian seluruhnya harus disambungkan bersama dalam suatu *vent line* untuk meminimalkan efek breathing dan *filling losses*.

Bypass thief hatch akan banyak berguna untuk mencegah *evaporation losses* ketika tangki diukur melalui *thief hatch*. *Hatches* khusus memiliki rangkaian tangki yang vent line bersambung dan akan menutup seluruh tangki lainnya kecuali tangki yang sedang diukur.

Produser dapat memasang beberapa tipe pengukur *ground-level* dan peralatan pengambil sampel yang bisa mengukur atau mengambil sampel tanpa harus membuka tangki.

Penentuan Volume Tangki Timbun Minyak Bumi

Volume Minyak dalam tangki timbun dapat ditentukan secara langsung atau manual. Pengukuran volume minyak dilakukan dengan mengukur tinggi cairan di dalam tangki tersebut.

Ada Dua Metode Pengukuran volume minyak dalam tangki timbun sebagai berikut:

1. Metode Innage (API-2545 Or ASTM - D 1085)

Metode innage dapat dilakukan dengan syarat:

- a. Pengukuran tinggi cairan diukur dari permukaan sampai ke meja ukur.
- b. Pada saat bersamaan dapat juga diukur tinggi air dalam tangki dengan menggunakan pasta minyak/air
- c. Tidak ada endapan di dasar tangki

Pertimbangan menggunakan metode innage untuk:

- a. Minyak Ringan
- b. Kondisi meja ukur tidak berubah, diketahui dengan pengecekan *reference deept* masih sesuai dengan data *tank table*.
- c. Dapat sekaligus mengukur *free water*
- d. Dapat langsung digunakan untuk membaca *tank table*
- e. Pengaruh panas minyak terhadap *measuring deept tape* terabaikan.

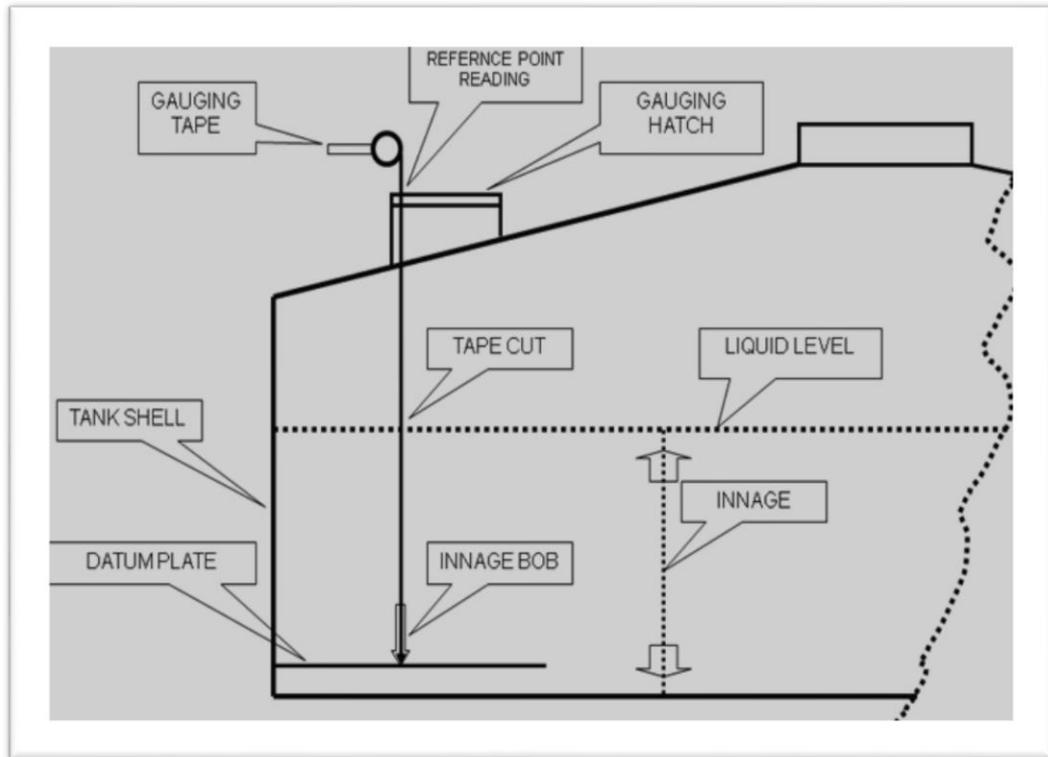
Tahapan Pengukuran volume tangki dengan metode innage:

- a. Siapkan peralatan yang diperlukan:
 - 1) Measuring Deept Tape.
 - 2) Pasta minyak dan pasta air
 - 3) Majun (kain lap pembersih)
 - 4) Menuju ke tangki yang akan di ukur,
- b. Konfirmasi perkiraan tinggi minyak, dapat dibaca di automatic *tank gauging*, sebelum naik ke tangki.
- c. Naik ke atas tangki, perhatikan factor keselamatan
- d. Perhatikan arah angin, berdiri di tempat yang aman dan buka penutup lubang ukur.
- e. Baca Refference deept

f. Lakukan pengukuran

- 1) Oleskan pasta air pada skala measuring deept tape yang diperkirakan, kemudian turunkan measuring deept tape perlahan-lahan sedemikian rupa
- 2) Oleskan pasta minyak pada skala measuring deept tape yang diperkirakan sedemikian rupa
- 3) Turunkan Measuring deept tape sampai bob menyentuh meja ukur, tetapi pita tetap tegang
- 4) Tunggu sejenak:
 - a) Minyak ringan : 5 -10 detik.
 - b) Minyak diesel : 10-30 detik
 - c) Minyak berat & crude : 30-60 detik.
- 5) Tarik / gulung ke atas dan baca *Cut Point* batas permukaan minyak
- 6) Teruskan gulung dan baca cut point batas permukaan free water
Lakukan minimal 2 kali sampai mendapatkan angka identik dan catat pada *tank ticket*

Volume minyak akan berubah pada setiap perubahan temperatur yang cukup berarti. Volume hasil pengukuran tersebut dinamakan "*volume observed*", dimana *volume observed* ini harus diubah menjadi volume standar 15 °C atau 60 °F



Gambar 11. Cara Penentuan Volume Minyak Dengan Metode Innage (QAS Pertamina Slide, 2011)

2. Metode Ullage / Outage (API-2545 or ASTM - D 1085)

Metode Ullage dapat dilakukan dengan syarat:

- a. Pengukuran tinggi cairan dengan jalan mengukur tinggi ruang kosong, mulai dari reference deep sampai level cairan
- b. Pita ukur atau bandul ditenggelamkan sebagian pada cairan
- c. Ujung pita ukur dibasahi pasta minyak

Pertimbangan menggunakan metode Ullage untuk:

- a. Minyak Berat
- b. Kondisi Reference Point sempurna
- c. Kondisi meja ukur sudah berubah, diketahuidengan pengecekan reference deep sudah tidak sesuai dengan data *tank* table, karena sludge dll.
- d. Kurang tepat untuk mengukur free water

e. Untuk membaca *tank* table diperlukan perhitungan untuk menjadi data innage

f. Tabel tangki merupakan table ullage

Tahapan Pengukuran volume tangki dengan metode Ullage:

1) Siapkan peralatan yang diperlukan:

- 1) Measuring Deept Tape.
- 2) Pasta minyak dan pasta air
- 3) Majun (kain lap pembersih)
- 4) Menuju ke tangki yang akan di ukur,

2) Konfirmasi perkiraan tinggi minyak, dapat dibaca di *automatic tank gauging*, sebelum naik ke tangki.

3) Naik ke atas tangki, perhatikan factor keselamatan

4) Perhatikan arah angin, berdiri di tempat yang aman dan buka penutup lubang ukur.

5) Baca *Reference deept*

6) Lakukan pengukuran tinggi cairan:

1) Hitung tinggi ruang kosong (*reference deept* – perkiraan tinggi minyak)

2) Oleskan pasta minyak pada skala bob measuring deept tape yang diperkirakan akan tercelup cairan, kemudian turunkan measuring deept tape perlahan-lahan sedemikian rupa.

3) Hentikan penurunan measuring deept tape tepat di *reference point*, pada perkiraan ketinggian ruang kosong. (gunakan skala bulat pada measuring deept tape)

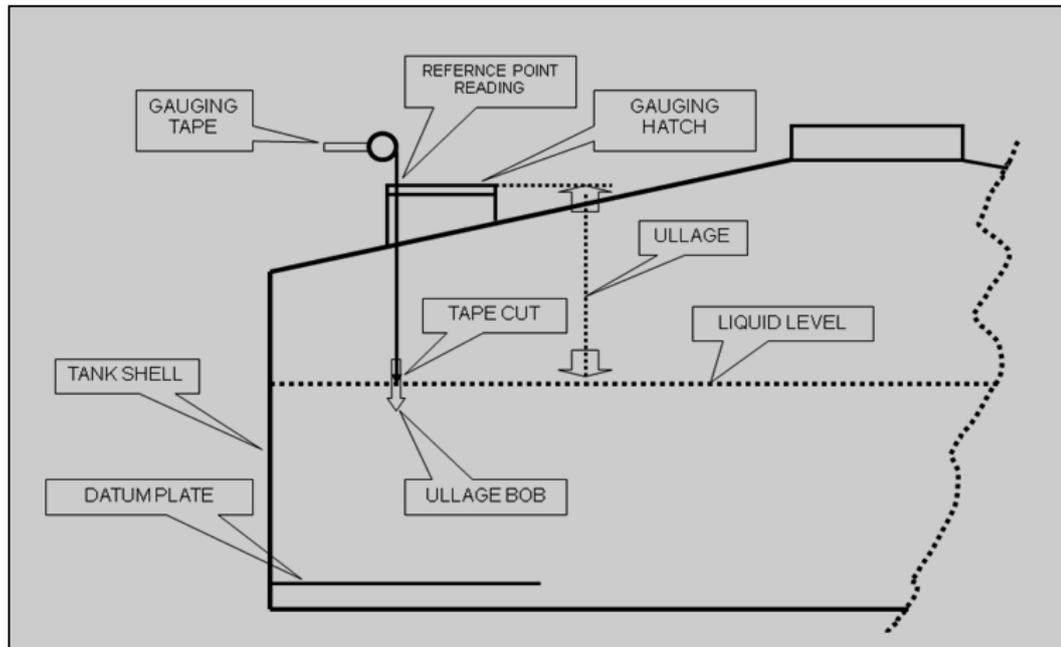
4) Tunggu sejenak:

- a) Minyak ringan : 5 -10 detik.
- b) Minyak diesel : 10-30 detik
- c) Minyak berat & crude : 30-60 detik.

5) Tarik / gulung keatas dan baca *Cut Point* batas permukaan minyak,

6) Lakukan minimal 2 kali sampai mendapatkan angka identik dan catat pada *tank ticket* hasil pengukuran yaitu:

Skala Measuring deept tape pada reference poin saat berhenti melakukan pengukuran dikurang skala bob deept tape yang tercelup cairan.



Gambar 12. Cara Penentuan Volume Minyak Dengan Metode Ullage (QAS Pertamina Slide)

Penentuan Volume Tangki Berbentuk Bulat/Tabung

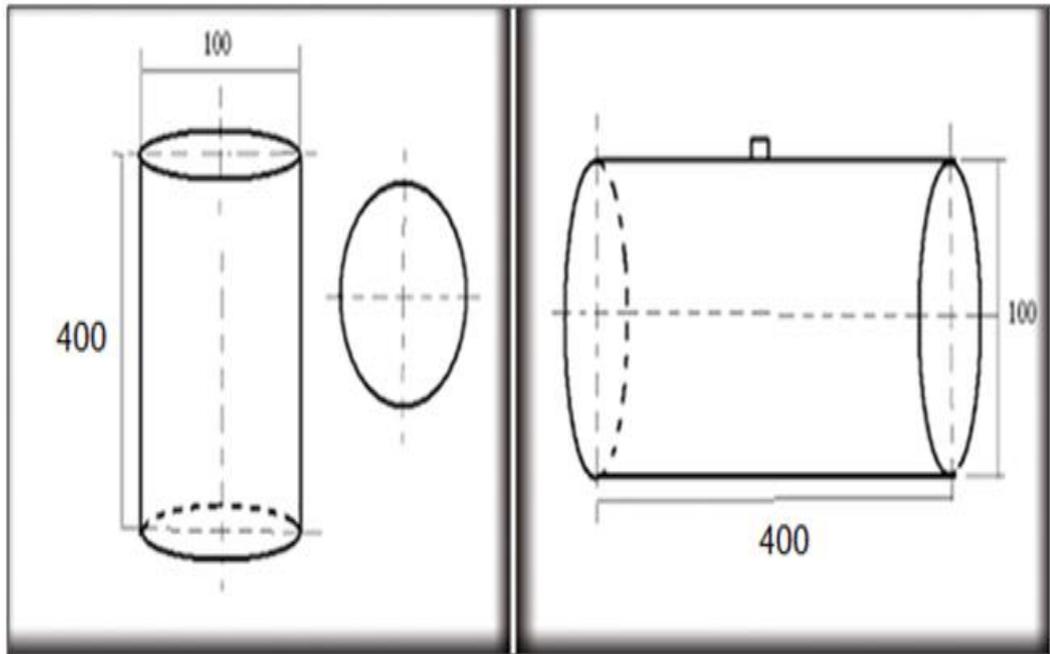
Jika suatu tangki terisi penuh, baik tangki tersebut dalam posisi vertikal ataupun horizontal (Gambar 15 a & b), maka secara matematis kita dapat menentukan volume lingkarang dengan rumus berikut:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \quad (3)$$

dimana: $\pi = 3,14$; r = jari-jari lingkaran, cm dan t = tinggi tangki, cm dan V = Volume Tangki, liter

contoh: Jika sebuah tangki terisi penuh berbentuk tabung mempunyai diameter 100 cm, dengan tinggi tabung 400 cm, maka volume tangki tersebut adalah:

$$V = 3,14 \times (100/2)^2 \times 400 = 3.140.000 \text{ cm}^3 = 3140 \text{ liter}$$



(a)

(b)

**Gambar 13. Tabung Tangki dalam posisi vertikal (a) dan Horizontal (b)
(Sulthan Yusuf, 2009)**

Contoh berikutnya jika tangki tidak terisi penuh, seperti Gambar 16 berikut ini, maka kita dapat menentukan volume tangki tersebut dengan rumusan berikut:

Diketahui :

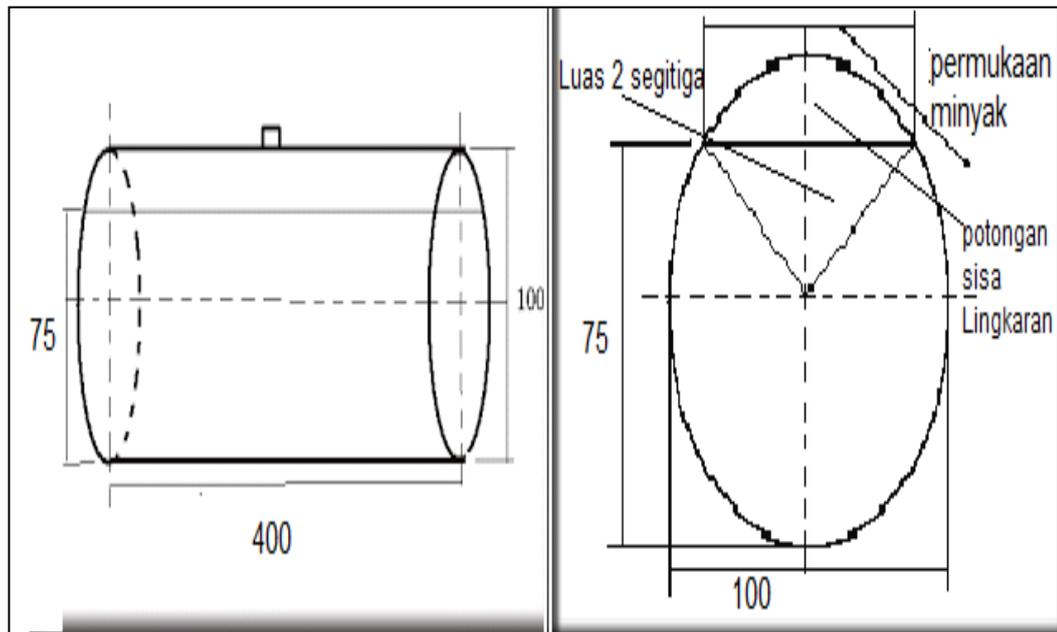
Diameter = 100 cm, $r = 50$ cm, tinggi minyak = 75 cm, panjang tangki = 400 cm
Luas Lingkaran = $\pi \cdot r^2 = 3,14 \times 50 \times 50 = 7850$

$$\sqrt{\text{Lebar permukaan minyak}} = \sqrt{(r^2) - (t.\text{minyak} - r) \times (t.\text{minyak} - r)}$$

$$= \sqrt{(50^2) - (75-50) \times (75-50)} = 2500 - 625 = \sqrt{1875} = 43,3 \text{ cm}$$

Luas 2 Segitiga = $\sqrt{\text{Lebar permukaan minyak}} \times \text{jari-jari segitiga } (r) = 43,3 \times 25 = 1082,5 \text{ cm}^2$
 $\sin = \sqrt{\text{Lebar permukaan minyak}} : r \text{ lingkaran penuh} = 43,3 : 50 = 0,866$
 $\sin = 59,999$
 Luas Potongan sisa lingkaran = $((a \sin \times 2) : 360) \times \text{luas lingkaran} = ((119,998) : 360) \times 7850 = 0,33333 \times 7850 = 2616,64 \text{ cm}^2$

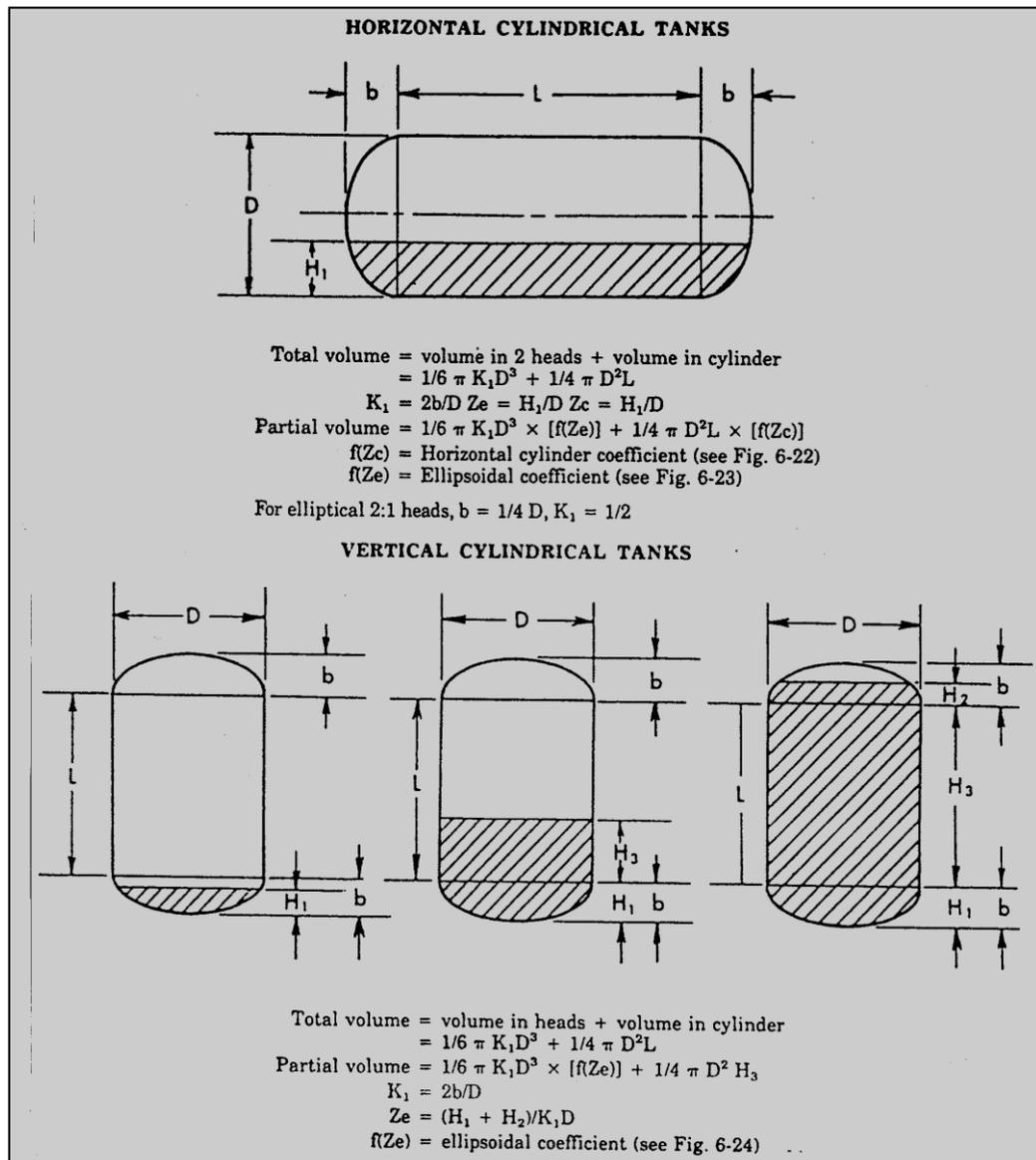
Luas Busur = Luas Potongan sisa lingkaran - Luas 2 Segitiga= 2616,64 - 1082,5= 1534,14 cm² Luas Minyak = Luas Lingkaran - Luas Busur= 7850 - 1534,14= 6315,86 cm² Volume Minyak = Luas Minyak X Panjang Tangki= 6315,86 cm² x 400 cm= 2.526.344 cm³ atau Volume Minyak = 2526,344 liter



Gambar 14. Tabung Tangki Tidak Terisi Penuh (Sulthan Yusuf, 2009)

Penentuan Volume Parsial Tangki Timbun Minyak Bumi

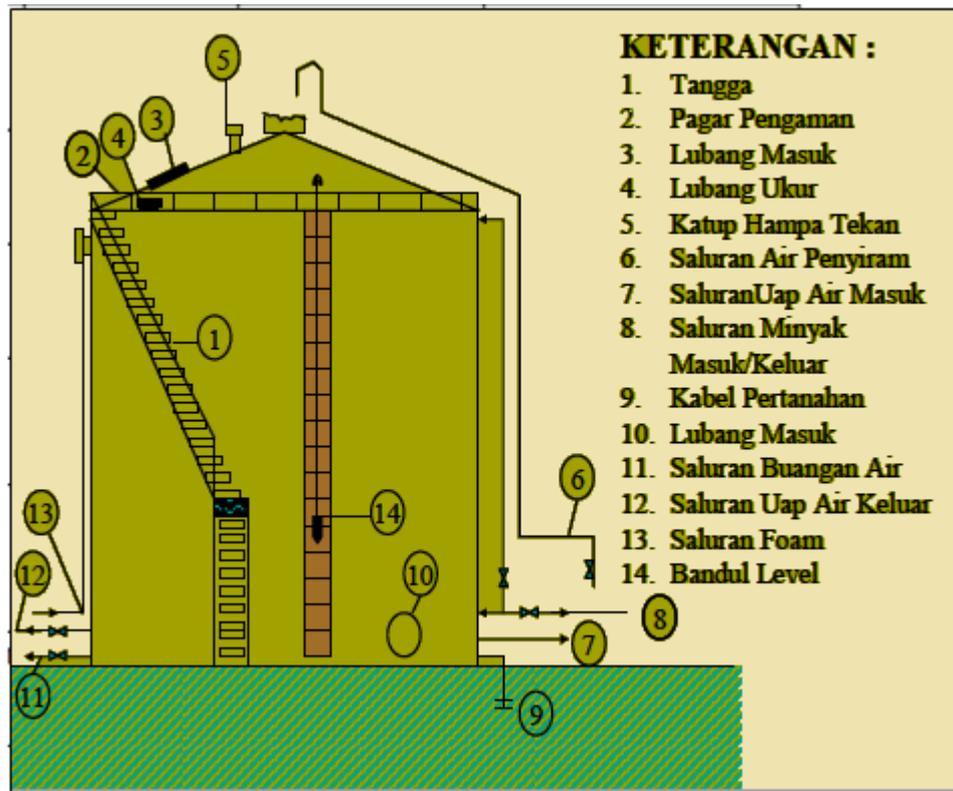
Volume atau ukuran dari tangki penimbun ditentukan dengan konfigurasi tangki yang digunakan (selinder horisontal atau vertikal, bola, persegi panjang). Setiap konfigurasi menggunakan formula yang berbeda untuk menentukan volume parsial dan volume total. Gambar- 3.16 dapat digunakan untuk menentukan volume total dan parsial tangki penimbun.



Gambar 15. Volume Parsial Dalam Tangki Timbun (GPSA Engineering Data Book, 2010)

Fasilitas-Fasilitas Tangki Timbun Minyak Bumi

Tangki penimbunan minyak bumi dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas penunjang, yang mempunyai fungsi masing-masing sebagai sarana utama untuk tangki timbun tersebut. adapun fasilitas-fasilitas umum pada tangki timbun minyak bumi dapat dilihat pada Gambar 18 berikut ini:



Gambar 16. Fasilitas Tangki Timbun (Kemendikbud, 2013)

Fasilitas tangki timbun secara umum terdiri dari:

- a. Tangga
Tangga digunakan untuk orang naik turun ke tangki biasanya untuk mengambil contoh, mengukur tinggi cairan secara manual.
- b. Pagar Pengaman
Pagar pengaman untuk melindungi orang yang naik ke atas tangki.
- c. Lubang Masuk.
Lubang masuk digunakan untuk lalu orang (masuknya) orang pada waktu melakukan *cleaning* tangki.
- d. Lubang Ukur.
Lubang ukur untuk mengukur tinggi cairan dalam tangki (isi tangki)
- e. Katup Hampa Tekan.
Katup Hampa Tekan untuk pernapasan tangki dimana apabila tekanan dalam tangki lebih besar dari tekanan udara luar, katup akan membuka dan membuang tekanan ke atmosphire dan bila tekanan dalam tangki

dibawah tekanan atmosphire katup akan membuka dan memasukkan udara luar kedalam tangki.

f. Saluran Air Penyiram.

Saluran air penyiran adalah saluran air yang gunanya untuk mendinginkan tangki pada saat terjadi kebakaran.

g. Saluran Uap Air Masuk.

Saluran uap air (*steam*) masuk untuk memanaskan isi tangki agar minyak tetap keadaan cair biasanya fasilitas ini untuk tangki penyimpan minyak yang mudah membeku (biasanya minyak-minyak berat) pada kondisi embien.

h. Saluran Minyak Masuk/Keluar.

Saluran minyak masuk atau keluar gunanya untuk mengisi tangki atau mengambil isi tangki.

i. Kabel Pertanahan.

Kabel pentanahan (*grounding*) untuk membuang arus listrik ketanah.

j. Lubang Masuk

Lubang masuk digunakan untuk keluar masuknya orang/pekerja pada waktu melakukan cleaning tangki.

k. Saluran Buangan Air.

Saluran buangan air (*drain*) untuk membuang air yang ada dalam tangki timbun.

l. Saluran Uap Air Keluar.

Saluran uap air keluar adalah untuk keluarnya uap air (*steam*) yang telah digunakan untuk memanaskan minyak dalam tangki biasanya uap yang telah digunakan untuk memanaskan minyak dalam tangki keluar sudah berbentuk kondensat (air).

m. Saluran *Foam*.

Saluran *foam* adalah saluran bahan pemadam dalam bentuk busa apabila terjadi kebakaran dalam tangki timbun.

n. Bandul Level.

Bandul level adalah bandul yang menunjukkan ketinggian atau banyaknya isi tangki biasanya untuk pengukuran isi tangki dengan cara floating

Untuk tangki timbun minyak berat yang mudah membeku dijaga agar minyak tidak membeku atau tetap cair dilengkapi pemanas, dapat berupa pemanas listrik (*heater* listrik) atau pemanas dengan steam (uap air). Bila pemanas dengan steam (uap air) maka didalam tangki dibagian dasar dilengkapi dengan coil pemanas.

2. TANGKI TIMBUN GAS BUMI

Gas alam dapat disimpan dalam bentuk gas ataupun cairan (*liquid natural gas*). berikut ini merupakan jenis-jenis tangki penyimpanan gas bumi:

1. Storage Gas Alam di Pipeline

Cara ini biasanya dipakai untuk penimbunan sementara. Untuk memperbesar jumlah gas yang “disimpan” dilakukan cara pemampatan (*compression*), kemudian tekanan diturunkan sesuai dengan kebutuhan pada saat digunakan.

a. Underground Storage

Apabila kebutuhan gas sangat bervariasi, maka diperlukan tempat penimbunan yang berkapasitas besar. Tangki penimbunan bawah tanah merupakan salah satu pemecahan, sumur-sumur yang sudah “*depleted*” biasanya dipakai sebagai storage bawah tanah.

b. Penimbunan Gas yang dicairkan (*Liquified Gas*)

Faktor-faktor yang mempengaruhi sistem penimbunan gas yang dicairkan adalah:

- 1) Jumlah cairan yang akan disimpan
- 2) Tekanan dan temperatur cairan
- 3) Sifat-sifat fisik dari cairan

Ada 3 sistem dasar penimbunan ini :

- 1) Penimbunan dengan tekanan tetapi pada temperatur kamar (*pressure storage*)
- 2) Penimbunan pada keadaan dingin (*refrigerated*) dan tekanan atmosfer.
- 3) Kombinasi dari kedua cara di atas

Jenis penimbunan gas yang dicairkan ada 5 sebagai berikut:

- 1) Pressurized Storage

Gas yang dicairkan (liquified gas) dengan temperatur kritis di atas ~ 150 F dapat disimpan di bawah tekanan uapnya pada temperatur kamar.

Contohnya: LPG, tangki-tangki penimbunannya dapat berbentuk horizontal *cylindrical*, *spheroidal* ataupun *underground storage* di dalam lapisan-lapisan kubah garam.

- 2) Tangki Horizontal Cylindrical

Kebanyakan distributor dari LPG menggunakan tangki carbon steel yang pada dasarnya berbentuk silinder horizontal untuk penyimpanan.

(Lihat Gambar 19A). Tangki ini sering disebut sebagai “bullets”, yang dirancang dan dibangun sesuai dengan standar bejana tekan (*ASTM boiler dan Pressure Vessel code, section VIII*). Standar ini mencakup aspek-aspek dari design pressure, ketebalan dinding tangki, setting dari relief valve dan sebagainya.

- 3) Tangki Spherical

Apabila jumlah gas cair yang disimpan sedemikian banyaknya sehingga memerlukan banyak tangki *horizontal cylinder (bullets)*, maka tangki spherical dapat digunakan. Tangki ini biasanya

disangga oleh sejumlah kaki-kaki besi seperti terlihat pada Gambar 19B

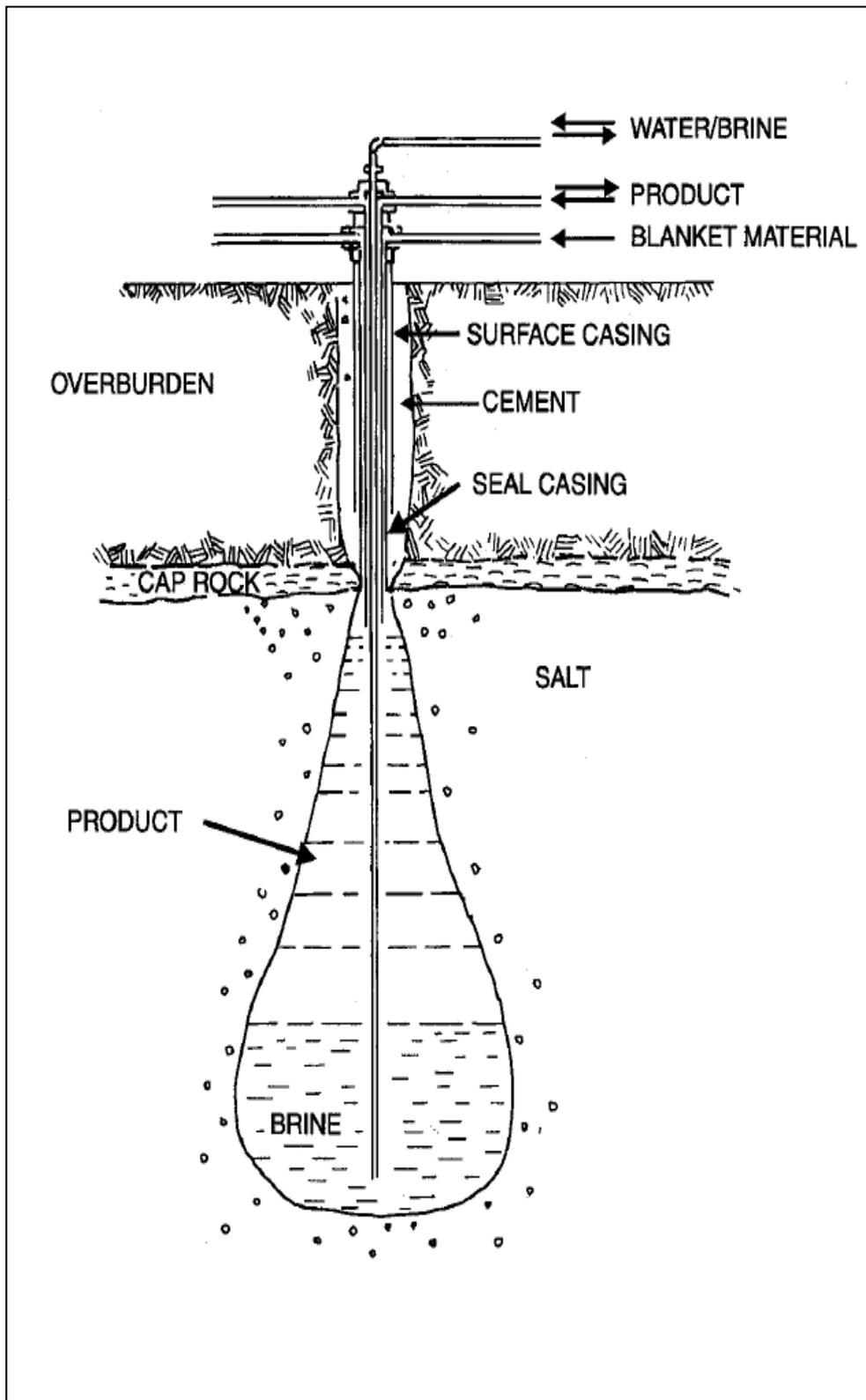
Rancangan dan konstruksi dari tangki spherical ini tidak berbeda dengan tangki *horizontal cylindrical*. Dalam ukuran-ukuran besar, adalah sulir dan mahal untuk membuat tangki *spherical* yang mampu menyimpan gas tekanan tinggi. Karena itu biasanya tangki *spherical* yang besar dipergunakan untuk menyimpan gas cair yang bertekanan uap rendah seperti butane atau butadiene.

4) Tangki *Spheroidal*

Tangki penimbun yang besar dapat dibangun dengan mempergunakan rancangan spheroidal. (Lihat Gambar 19C). Seperti halnya dengan tangki spherical, maka tangki spheroidal ini juga hanya untuk tekanan yang rendah apabila kapasitasnya besar.

5) Penimbunan Bawah Tanah

Dalam industri LPG, cara paling ekonomis adalah menyimpan sejumlah besar LPG di dalam penimbunan bawah tanah di dalam kubah garam (Lihat Gambar 20).



Gambar 17. Penimbunan Bawah Tanah (GPSA, 2004)

Penimbunan bawah tanah dengan memompakan air melalui sebuah casing kedalam lapisan garam. Air melarutkan garam sehingga terbentuklah *Cavity* (rekahan). Apabila LPG dipompakan kedalam lubang tersebut, maka cairan garam akan terdesak. LPG dikeluarkan dengan jalan memompa air garam sehingga LPG akan keluar.

2. Semi - Refrigerated Storage *Tank*

Salah satu cara untuk mengurangi biaya konstruksi dari tangki penimbunan, gas cair adalah dengan semi - refrigerated, yaitu dengan mendinginkan gas secara parsial sehingga tekanan uapnya menjadi lebih rendah. Dengan kata lain tangki penimbun dibuat untuk tekanan lebih rendah. Ketiga bentuk tangki silindris, spherical dan spheroidal dapat dipergunakan. Biasanya penurunan temperatur dibuat sedemikian rupa sehingga carbon steel masih dapat dipergunakan sebagai bahan tangki. Tentu saja tangki harus diisolasi guna mencegah pengaruh temperatur luar.

Disini tekanan uap gas yang terjadi harus diatur sedemikian rupa sehingga tidak melebihi setting dari relief valvenya. Hal ini dapat dikerjakan dengan cara memasang boil-off gas kompressor yang akan menekan gas-gas yang timbul, mendinginkan dan memasukkan kembali kedalam tangki penimbun. Kebanyakan tangki penimbunan ini diletakkan berdekatan dengan pabrik gas tersebut.

3. Refrigerated Storage

Beberapa komponen gas cair mempunyai temperatur kritis yang sedemikian rendahnya sehingga lebih menguntungkan apabila disimpan dalam kondisi refrigerated total. Sering kali disebut juga dalam kondisi *cryogenic*. Misalnya gas *Methane*, *Ethane*, *Nitrogen*, *Oxygen*.

LPG kadang-kadang juga disimpan dalam kondisi itu, apabila jumlahnya sedemikian banyak sehingga terlalu besar untuk disimpan

dalam *pressurized tank*; ataupun secara geologis tidak ekonomis disimpan dalam lapisan bawah tanah.

Kebanyakan tangki-tangki besar seperti ini (*refrigerated*) mempunyai dasar tangki datar dengan badan berbentuk silinder vertikal dan atap berbentuk *dome*.

Tekanan untuk sistem penimbunan ini biasanya rendah (misalnya 1-2 psig) dengan temperatur sangat rendah tergantung pada komponen, yang disimpan, misalnya untuk *propane* : - 40 °C.

Tekanan harus diisolasi, biasanya dipakai *poly urethane* dan dilengkapi dengan *boil off gas compression system*. Apabila *compression system* tidak ada maka vapour (boil of gas) yang terjadi dapat dipakai sebagai bahan bakar sendiri.

Macam-macam tangki penimbun dengan sistem *refrigerated* (Gambar 19) adalah:

- a. *Single wall tank*
- b. *Double wall tank*
- c. *Concrete tank* (beton)

Di Amerika Serikat tangki jenis ini dipergunakan untuk menyimpan LNG yang memenuhi persyaratan API 620, *Low pressure* untuk temperatur penyimpanan sampai -168 °C (-270 °F).

- a. *Single Wall Metal Tank*
Tangki ini mempunyai dasar yang rata dan bentuk cylindris tegak dengan atapnya berbentuk dome. Biasanya dipakai untuk Propane, Butane dan Amonia. Rancangan harus sesuai dengan standard API-620. Tangki bertekanan rendah dan mampu menyimpan produk pada temperatur sampai -51 °C (-60 °F).
- b. *Double Wall Metal Tank*
Tangki ini mempunyai temperatur penyimpanan di bawah -15 °C biasanya diperlukan tangki dengan dinding ganda dimana lapisan

dinding bagian dalam dibuat dari campuran metal yang mengandung 9% nikel atau aluminium. Juga biasanya tangki ini berbentuk silindris vertikal dengan dasar rata.

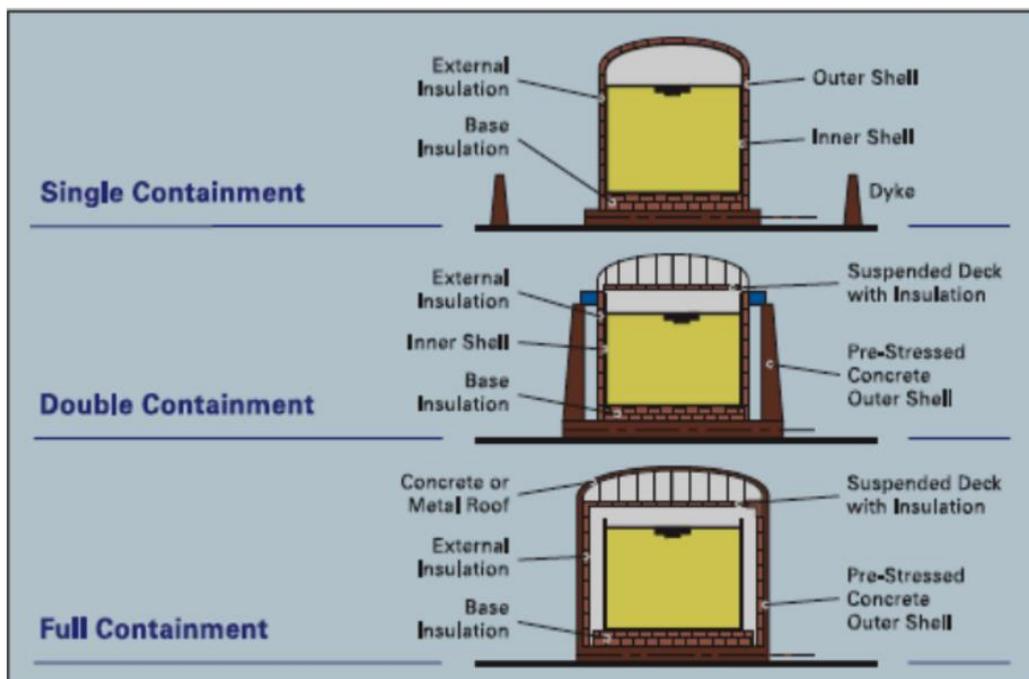
Di Amerika Serikat jenis ini dipergunakan untuk menyimpan LNG yang memenuhi persyaratan API-620. Low pressure untuk temperatur penyimpan sampai $-168\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-270\text{ }^{\circ}\text{F}$).

c. *Concrete Tank* (Tangki Beton)

Sejumlah tangki penimbun diatas tanah untuk menyimpan LNG dibuat dari semen (beton). Sulit untuk menyebutkan suatu macam tangki semen ini, karena sangat tergantung pada macam penggunaan.

Ada yang *double wall* dimana bagian dalam terdiri dari semen dibagian luar dari besi, atau sebaliknya. Biasanya besinya mengandung 9% nikel untuk bagian dasar tangki.

Disamping jenis *single wall*, *double wall* dan *concrete tank* ada juga tangki penyimpanan gas cair dipendam di dalam tanah (Gambar 21) dan tangki berbentuk horizontal yang umumnya digunakan untuk LPG seperti terlihat pada (Gambar 22).

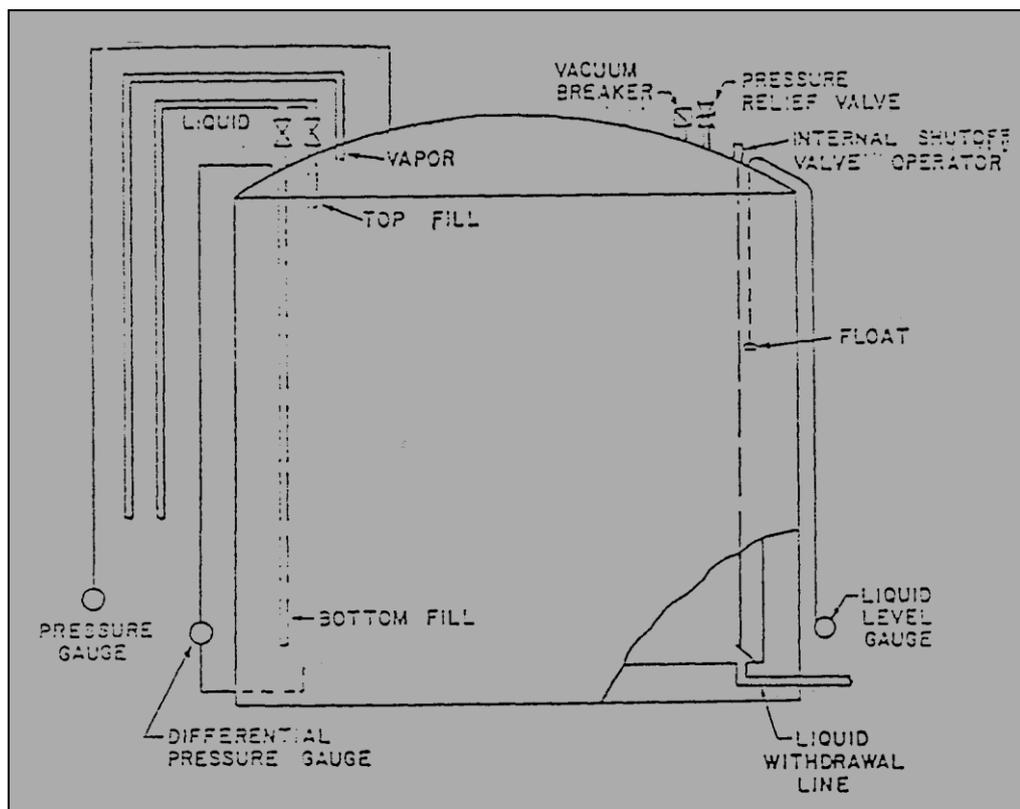


Gambar 18. Jenis-jenis tangki timbun dengan sistem *refrigerated*

Suatu contoh tangki penyimpanan gas cair *fully refrigerated* dengan sistem pemipanya ditunjukkan oleh Gambar 20. Saluran masuk gas cair bercabang dua yaitu *top filling line* untuk pengisian tangki kosong yang masih panas. Ekspansi gas cair akan menyebabkan perubahan fasa cair menjadi gas sehingga temperatur gas turun. Diusahakan agar turunnya temperatur bertahap dengan mengatur jumlah aliran gas cair.

Bila penurunan temperatur terlalu cepat maka bisa berakibat penyusutan dinding tangki terlalu cepat sehingga ada kemungkinan dinding tangki retak. Bila temperatur di tangki telah turun mencapai temperatur operasinya, maka pengisian tangki dilakukan dari *bottom filling line*.

Selama penyimpanan maka akan terjadi penguapan gas cair. Uap ini yang sering disebut *boil-off gas* dialirkan keluar menuju kompressor untuk ditekan lalu didinginkan di kondenser agar mencair kembali. *Boil-off gas* yang mencair ini lalu dikembalikan ke tangki.



Gambar 19. Tangki Penyimpanan Gas Cair *Fully Refrigerated*

Untuk penampungan dalam jumlah sedang dan besar maka sistem *refrigerated* yang banyak digunakan untuk penampungan dalam jumlah kecil. Sub bab berikut ini merupakan contoh sistem penampungan *refrigerated* secara spesifik. Sistem *refrigerated* ini lebih rumit disamping sistem yang lain.

Sistem Penyimpanan Gas Cair Secara *Refrigerated*

Suatu sistem penyimpanan gas cair secara *refrigerated* dalam hal ini LPG, dimiliki oleh salah satu KBH dalam bentuk LPG *storage barge* bernama ARDJUNA SAKTI. Agar dapat diperoleh Gambaran yang cukup tentang segi operasional suatu sistem penyimpanan gas cair yang *fully refrigerated* maka sistem yang ada di *storage barge* tersebut akan dijadikan contoh.

Disini akan diuraikan langkah-langkah penyimpanan LPG yang berlangsung yaitu :

- 1) Pendinginan produk LNG sebelum dialirkan ke tangki penyimpan
- 2) Pencairan kembali *boil-off gas*
- 3) Pencairan kembali uap LPG yang terbentuk di tangki ekspor LPG
- 4) Persiapan sebelum pemuatan LPG ke *tanker*
- 5) Transfer LPG dari tangki ke *tanker*

D. Aktifitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut, kerjakan LK1.

LK1.

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran Teknik Pengolahan Minyak dan Gas Bumi? Sebutkan!

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

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Setelah melakukan kegiatan pembelajaran Anda diharapkan dapat berdiskusi dengan sesama peserta diklat ataupun anggota kelompok Anda (maksimal 3 orang dalam 1 kelompok) untuk mengidentifikasi hal-hal berikut :

1. Jenis tangki timbun apa saja yang Anda ketahui sebagai tempat penyimpanan minyak dan gas bumi yang belum diolah ataupun yang sudah di olah (tempat hasil produknya)? serta cari perbedaan antara tangki timbun minyak dan gas bumi tersebut.
2. Menghitung volume minyak ataupun gas yang terdapat dalam sebuah tangki, jika tangki timbun tersebut terisi penuh, terisi $1/2$, terisi $3/4$ dari tangki berbentuk vertikal dan horizontal.
3. Menentukan Volume Tangki jika Lebar dan Panjang Tangki diketahui dengan pembacaan tabel yang tersedia pada materi ini.
4. Mengamati dan menjelaskan tempat-tempat terjadinya *Losses* selama proses penyimpanan minyak dan gas bumi berlangsung, serta menentukan seberapa besar terjadinya kehilangan volume minyak yang berkurang akibat *losses* tersebut.

Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan argumen dan masukan. Hasil pertanyaan, jawaban, dan argumentasi ditulis sebagai tugas individu.

E. Latihan Soal/ Kasus/ Tugas

1. Sebutkan jenis tangki timbun berdasarkan tekanan kerja dan bentuknya?
2. Jelaskan Perbedaan *Fixed Roff Tank* dengan *Floating Roof Tank* !
3. Jelaskan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *losses* !
4. Jika sebuah tangki timbun minyak bumi berbentuk tabung terisi penuh dengan diameter tabung 180 cm, tinggi tabung 600 cm, tentukan volume tangki tersebut dengan menggunakan persamaan matematis.
5. Jelaskan Perbedaan Metode *Innage* dan *Ullage* dalam penentuan volume tangki minyak bumi.

F. Rangkuman

1. Tangki timbun (*Storage Tank*) adalah sarana tempat penyimpanan/ penimbunan minyak mentah (*crude oil*) sebelum pengolahan minyak dilakukan maupun sebagai tempat hasil dari proses pengolahan minyak pada kilang serta produk-produk minyak, gas, dan bahan kimia.
2. Tangki Timbun Minyak Bumi diklasifikasikan berdasarkan tenaga kerjanya, bentuk dan posisinya, serta *physical properties*nya.
3. Jenis-jenis tangki timbun antara lain: *Spherical Tank*, *Speroidal Tank*, *Horizontal Tank*, *Fixed Roff Tank*, *Floating Roof Tank*, *Bolted Tank*, *Pipe Storage*, *Flat Side Tank*, *Lined Ponds*, dan *Pit Storage*.
4. Material dalam kontruksi tangki minyak bumi adalah terbuat dari, metal, non metal, *protective coating (internal dan external coating)*, *Insulation*.
5. Produk *Recovery Losses* berupa: *Vapor Losses*, *Filling Losses*, *Vaporization Losses*.
6. Faktor yang mempengaruhi penguapan dan turunnya berat minyak bumi dalam tangki timbun adalah: Tekanan Uap, Temperatur, Daerah Permukaan, Agitasi, Tekanan Tinggi, *Filling Losses*, *Breathing Losses*, Ukuran *Storage*.
7. Volume tangki timbun minyak bumi dapat ditentukan dengan persamaan matematis dan penentuan volume secara parsial.
8. Tempat Penyimpanan Gas Alam meliputi: Storage gas alam pipeline (terdiri dari underground storage, Pressurized Storage, Tangki Horizontal cylinder, Tangki *Spherical*, Tangki *Spheroidal*, dan penimbunan bawah tanah), serta *Semi-refrigerated Storage* dan *Refrigerated Storage*.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Tulislah apa yang sudah Anda ketahui dari materi ini !

2. Apakah materi ini bermanfaat untuk membantu tugas Anda sebagai guru SMK Kejuruan bidang Teknik Pengolahan Minyak Gas dan Petrokimia?
3. Materi apa yang masih diperlukan untuk membantu tugas Anda berkaitan dengan Tangki Timbun Minyak dan Gas Bumi ini.
4. Bagaimana cara Anda menentukan Losses pada tangki timbun minyak ataupun gas bumi?
5. Dalam menghitung volume tangki timbun minyak bumi rumusan apa saja yang Anda gunakan untuk mempermudah perhitungan? Apakah Anda dapat dengan mudah mengingat rumusan tersebut?
6. Adakah saran/komentar Anda berkaitan dengan materi tangki timbun minyak dan gas bumi?

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: PROSES PENGOLAHAN GAS BUMI

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti sesi Kegiatan Pembelajaran 2 dalam kompetensi profesional untuk modul "Teknik Pengolahan Minyak Gas dan Petrokimia Grade 9" ini, diharapkan para guru dan tenaga pendidik dapat menguasai dan memahami cara menentukan macam - macam gas bumi dan komposisi gas bumi

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Dalam menentukan macam - macam gas bumi dan komposisi gas bumi indikator pencapaian kompetensi yang diharapkan adalah guru dan tenaga pendidik mampu untuk memahami hal-hal sebagai berikut :

1. Menunjukkan macam-macam pemrosesan gas bumi (Dehidrasi, Pengaturan titik embun hidrokarbon, Penghilangan gas asam (*sweetening gas*) dan Pendinginan *Liquefied Natural Gas*)
2. Mengelola Macam - macam gas bumi (*Wet gas, Dry gas, Sweet gas, Sour gas*)
3. Menentukan komposisi gas bumi

C. Uraian Materi

1. Komposisi Gas Bumi

Gas Bumi atau juga disebut dengan gas alam atau juga " natural gas" terdiri dari senyawa hidrokarbon dan senyawa non-hidrokarbon. Pada dasarnya penyusunan senyawa hidrokarbon sebagian besar disusun oleh unsur carbon (C) juga hidrogen (H), dan jenis hidrokarbon yang banyak terdapat di dalam gas bumi adalah senyawa alkana yang memiliki rumus molekul C_nH_{2n+2} sedangkan senyawa non hidrokarbon terdiri dari Nitrogen

(N₂), Karbon Dioksida (CO₂), Hidrogen Sulfida (H₂S), Helium, dan kadang mengandung Sulfur. Tabel 6 merupakan contoh komponen senyawa hidrokarbon yang terdapat dalam gas bumi, dan Tabel 12 merupakan contoh komponen senyawa non-hidrokarbon dalam gas bumi.

Gas adalah suatu substansi dengan susunan molekul yang sangat jarang sehingga dapat bergerak secara bebas, hal ini menyebabkan gas dapat mengembang secara tidak menentu (indefinite). Gas adalah suatu fluida dengan masa jenis dan viskositas rendah, sehingga mempunyai mobilitas yang tinggi (mudah mengalir) di dalam reservoir.

Tabel 6. Komponen Senyawa Hidrokarbon Gas Bumi

Unsur	Persentase (%)
Metana	70 – 98%
Etana	4 – 21%
Propana	trace – 5%
Butana	trace – 2 %
Pentana	trace – 1%
Hexsana	trace – ½ %
Heptana	trace – ½%

Tabel 7. Komponen Senyawa Non-Hidrokarbon Gas Bumi

Unsur	Persentase
Nitrogen	trace – 15%
Karbon dioksida	trace – 5%
Hidrogen sulfide	trace – 3%
Helium	trace – 5%

Komposisi gas alam dapat dibagi dalam tiga bagian, ditinjau dari senyawa molekul karbon, kandungan senyawa lain serta kondensat.

a. Senyawa Molekul Karbon

Gas alam ditinjau dari senyawa molekul karbon ialah beberapa jumlah atom C yang menyusunnya selama ikatan senyawa molekul karbon masih berbentuk gas. Seperti dikemukakan oleh Burcik, E.J. (1961), bahwa dalam keadaan standart senyawa hidrokarbon yang terdiri dari ikatan-ikatan atom C dari deretan parafin dapat berada dalam keadaan gas, cair dan padat, bergantung pada jumlah atom C dalam satu molekulnya, yaitu :

- 1) C₁ sampai dengan C₄ berupa gas
- 2) C₅ sampai dengan C₁₇ berupa cair.
- 3) C₁₈ sampai keatas berupa padat yang tidak berwarna.

Dari sini dapat disimpulkan, bahwa komposisi gas ditinjau dari senyawa molekul karbonnya hanya terdiri dari C₁-C₄ dalam satu molekulnya. Jadi penyusun dari gas adalah hanya terdiri dari metana, etana, propana, serta butana.

b. Kandungan Senyawa Lain

Gas alam dapat terjadi dalam keadaan sendiri, tau terdapat bersama-sama dengan minyak. Gas ini terutama terdiri dari anggota-anggota yang mudah menguap dari golongan yang terdiri dari 1 sampai 4 atom tiap molekul akan tetapi dapat dimengerti, bahwa sejumlah kecil dari hidrokarbon dengan berat molekul lebih tinggi juga terdapat. Disamping gas hidrokarbon, gas ini juga mengandung dalam jumlah yang berbeda CO₂, N₂, H₂S, helium dan uap air.

Kebanyakan komponen gas terdiri dari komponen utama yaitu metana dan prosentasenya dapat mencapai 98 % dari gas tersebut, maka gas ini dapat digolongkan dalam gas kering, gas basah, sweet gas.

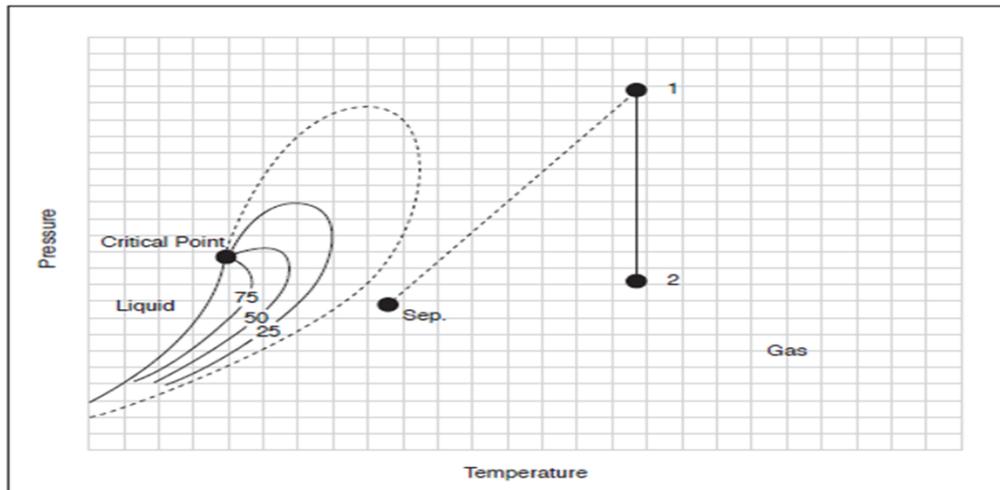
1) Reservoir Gas kering (Dry Gas Reservoir)

Pada Gambar 21 menunjukkan suatu contoh diagram fasa untuk reservoir gas kering, dimana baik pada kondisi reservoir maupun pada kondisi permukaan fasa tetap dalam keadaan gas. Gas alam jenis ini umumnya terdiri dari metana dengan sejumlah kecil ethana dan kemungkinan propana. Istilah “Kering” menunjukkan bahwa fluida tidak mengandung molekul-molekul hidrokarbon berat yang cukup untuk membentuk cairan di kondisi permukaan. Produksi di permukaan GOR biasanya dapat mencapai lebih dari 100 mscf/stb.

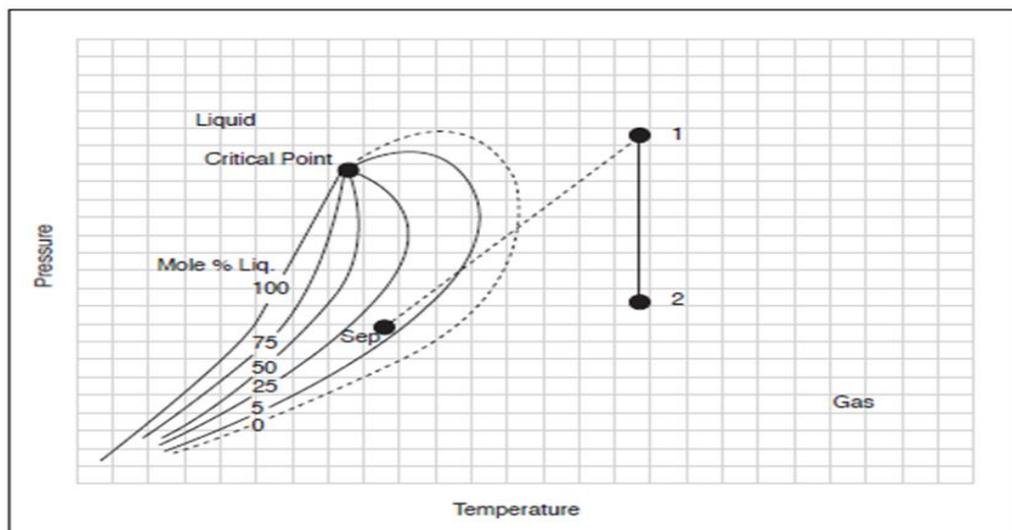
Secara teoritikal, gas kering (*dry gas*) tidak menghasilkan liquid di permukaan, bila terdapat liquid yang berasosiasi dengan gas pada reservoir jenis ini hanyalah air.

2) Reservoir Gas Basah (Wet Gas Reservoir)

Pada reservoir gas basah didalam diagram fasa dapat dilihat pada Gambar 22 untuk reservoir gas basah, dalam hal ini fluida tetap dalam keadaan fasa gas terjadi penurunan tekanan reservoir, seperti terlihat pada diagram dimana pada titik 1 reservoir dalam keadaan gas dan bila tekanan turun sampai titik 2 reservoir juga tetap dalam keadaan gas. Akan tetapi pada tekanan separator terdapat daerah 2 fasa campuran, karena itu cairan akan terbentuk pada kondisi permukaan. Cairan ini bisa disebut gas kondensat atau gas alam (natural gas). Kata basah menunjukkan bahwa gas mengandung molekul-molekul hidrokarbon ringan yang pada kondisi permukaan membentuk fasa cair.



Gambar 20. Diagram Fasa Dry Gas (William D,McCain, 1990)



Gambar 21. Diagram Fasa Wet Gas (William D,McCain, 1990)

3) Sweet Gas

Sweet Gas adalah gas alam yang tidak mengandung hidrokarbon sulfida (H_2S), tetapi dapat mengandung nitrogen (N_2), karbon dioksida (CO_2) atau kedua-duanya. Kandungan ini harus kita ketahui besar persentasenya karena akan mempengaruhi besarnya harga kompresibilitas gas (Z).

4) Sour Gas (Gas Asam)

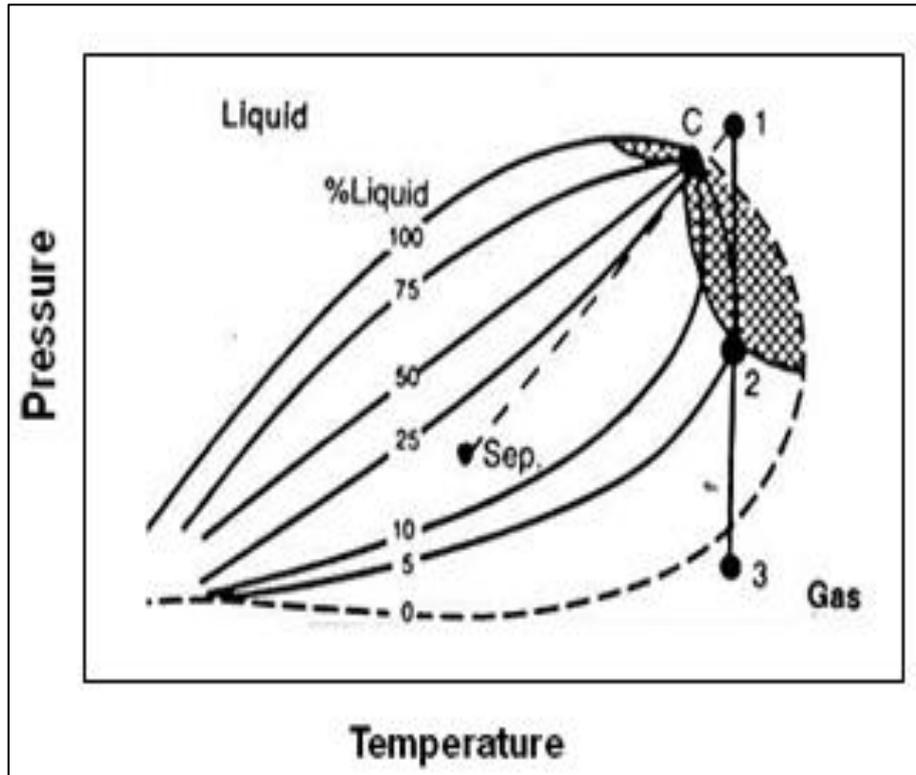
Sour Gas adalah gas yang banyak mengandung senyawa-senyawa sulfur seperti hidrogen sulfida (H_2S), dimana senyawa ini dapat merusak instalasi -instalasi operasi karena sifatnya yang korosif.

c. Reservoir Gas Kondensat

Produksi dari reservoir jenis ini didominasi oleh gas dan sedikit liquid yang terkondisi di separator permukaan, berwarna bening, memiliki API gravity hingga 60° dan GOR berkisar antara 5 hingga 70 mscft/stb.

Pada kondisi awal, seperti dalam diagram fasa terletak diantara titik kritis (*critical point*) dan *cricondentherm*, fluida yang terbentuk adalah gas, penurunan tekanan pada temperatur reservoir, akan melewati garis dew point dan cairan terbentuk di reservoir, sistem pemipaan, separator dan diagram fasanya dapat dilihat pada Gambar 23.

Pada titik 1, fluida reservoir hanya terdiri dari satu fasa, dengan turunnya tekanan selama proses produksi, terjadi kondensasi retrograde di dalam reservoir. Pada saat tekanan mencapai titik 2, yaitu titik embun (*dew point*), cairan mulai terbentuk, dengan turunnya tekanan dari titik 2 ke titik 3, jumlah cairan bertambah. Pada titik 3 ini merupakan titik dimana jumlah cairan mencapai maksimum, penurunan lebih lanjut menyebabkan cairan menguap, dan sekitar 25% mol fluida yang diproduksi tetap dalam keadaan cair di permukaan.



Gambar 22. Diagram Fasa Gas Kondensat (William D,McCain, 1990)

2. Proses dan Fasilitas Produksi Gas di Permukaan

a. Flow Line

Flow line adalah pipa penyalur minyak dan gas bumi dari suatu sumur menuju tempat pemisahan. Flowline biasanya memiliki diameter 2-4 inch (tergantung dari kapasitas sumur). Agar aliran tidak kembali dalam sumur (*back flow*) maka pada tiap *flowline* dipasang sebuah *check valve*. Lihat Gambar 24.

Untuk pemilihan diameter flow line dapat di tentukan dari beberapa metode sebagai berikut:

1) Metode Panhandle A

$$Q_g = a_1 E \left(\frac{T_b}{P_b} \right)^{a_2} \left(\frac{P_1 - P_2}{TZL} \right)^{a_3} \left(\frac{1}{\gamma_g} \right)^{a_4} d^5 \dots \dots \dots (10)$$

2) Metode Panhandle B

$$Q_g = a_1 E \left(\frac{T_b}{P_b} \right)^{a_2} \left(\frac{P_1 - P_2}{TZL} \right)^{a_3} \left(\frac{1}{\gamma_g} \right)^{a_4} d^5 \dots\dots\dots (11)$$

3) Metode IGT

$$Q_g = a_1 E \left(\frac{T_b}{P_b} \right)^{a_2} \left(\frac{P_1 - P_2}{TZL} \right)^{a_3} \left(\frac{1}{\gamma_g} \right)^{a_4} d^5 \dots\dots\dots (12)$$

4) Metode Waymouth

$$Q_g = a_1 E \left(\frac{T_b}{P_b} \right)^{a_2} \left(\frac{P_1 - P_2}{TZL} \right)^{a_3} \left(\frac{1}{\gamma_g} \right)^{a_4} d^5 \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

Q_g = Laju Alir Standar ,SCF/d

T_b = Temperatur Standar, °R

P_b = Tekanan Standar, Psia

P_1 = Tekanan Upstream, Psia

P_2 = Tekanan Downstream,Psia

T = Temperatur rata – rata, °R

Z = Faktor Kompresibilitas Gas

L = Panjang Pipa Salur, Mile

E = Faktor Efisiensi (Pipa Baru 0,94), (Pipa Lama 0,88)

γ_g = *Specific Gravity* Gas

D = Diameter Pipa Salur, inch

$a_1 = a_2, a_3, a_4, a_5$, Pada Tabel 8

Tabel 8. Konstanta a Untuk Masing – Masing Metode

Metode	Konstanta				
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
Panhandle A	435,87	1,0788	0,539	0,4604	2,618
Panhandle B	737	1,02	0,51	0,49	2.530
IGT	337,9	1,111	0,556	0,4	2,667
Waymouth	433,5	1	0,5	0,5	2,667

b. Separator

Separator adalah tabung bertekanan yang digunakan untuk memisahkan fluida sumur menjadi air dan gas (tiga fasa) atau cairan dan gas (dua fasa), dimana pemisahannya dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

- 1) Prinsip penurunan tekanan.
- 2) Gravity setlink
- 3) Turbulensi aliran atau perubahan arah aliran
- 4) Pemecahan atau tumbukan fluida

1) Jenis Separator

Dalam industri perminyakan dikenal beberapa jenis separator berdasarkan bentuk, posisinya dan fungsinya yaitu :

a) Jenis separator berdasarkan bentuk dan posisinya

(1) Separator Tegak/vertikal

Biasanya digunakan untuk memisahkan fluida produksi yang mempunyai GLR rendah dan/atau kadar padatan tinggi, separator ini sudah dibersihkan serta mempunyai kapasitas cairan dan gas yang besar.

Untuk pemilihan separator 2 fasa (vertikal) dapat di aplikasikan sebagai berikut :

- Menentukan Harga K

$$K = \frac{\rho_G}{\rho_W - \rho_G} \left(\frac{Cd}{dm} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (14)$$

- Menentukan batasan kapasitas gas :

$$d^2 = 504 \left(\frac{(TZQg)}{Ql} \right) K \dots\dots\dots (15)$$

- Menentukan batasan cairan: #untuk (tr = 3 menit)

$$H = \left(\frac{tr.Ql}{(0,12.d^2)} \right) \dots\dots\dots (16)$$

- Menentukan Seam to seam Length (Lss) :

$$Lss = \left(\frac{H+76}{(12)} \right) \dots\dots\dots (17)$$

(2) Separator datar / horizontal

Sangat baik untuk memisahkan fluida produksi yang mempunyai GLR tinggi dan cairan berbuis. Separator ini dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *single* tube horizontal separator dan double tube horizontal separator. Karena bentuknya yang panjang, separator ini banyak memakan tempat dan sulit dibersihkan, namun demikian kebanyakan fasilitas pemisahan lepas pantai menggunakan separator ini dan untuk fluida produksi yang banyak mengandung pasir, separator ini tidak cocok digunakan.

Dalam pemilihan separator 2 fasa (Horizontal) dapat di aplikasikan sebagai berikut :

- Menentukan Harga K

$$K = \frac{\rho_G}{\rho_W - \rho_G} \left(\frac{Cd}{dm} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (18)$$

- Menentukan batasan kapasitas gas :

$$d \cdot leff = 42,0 \left(\frac{TZQg}{P} \right) K \dots\dots\dots (19)$$

- Menentukan Seam to seam Length (Lss) #untuk masing-masing harga d (d = 16, 20 , 24) yaitu :

$$Leff = \left(\frac{d \cdot Leff}{(16)} \right) \dots\dots\dots (20)$$

$$Lss \dots\dots\dots = leff \left(\frac{d}{(12)} \right) (21)$$

- Menentukan batasan kapasitas Cairan :

$$d^2 leff = \left(\frac{tr \cdot Ql}{0,7} \right) \dots\dots\dots (22)$$

- Menentukan batasan cairan: #untuk (tr = 1, 2, 2,5, 3 menit) dan

(d = 24, 30, 36, 42) yaitu :

$$Leff = \left(\frac{tr \cdot Ql}{(0,7 \cdot d)} \right) \dots\dots\dots (23)$$

Dimana :

d = Diameter dalam Vessel, inch

Z = *Compresibitas Factor*

Q_g = Laju Alir Gas, MMSCFD

ρ_g = Densitas Gas, (lb/ft³)

L_{eff} = Panjang efektif vessel tempat pemisahan terjadi, Ft

L_{ss} = Panjang antar lapisan

t_r = Retention Time, minute

C_d = Koefisien isap (drag koefisien)

D_m = Diameter butiran yang dipisahkan, *micron*

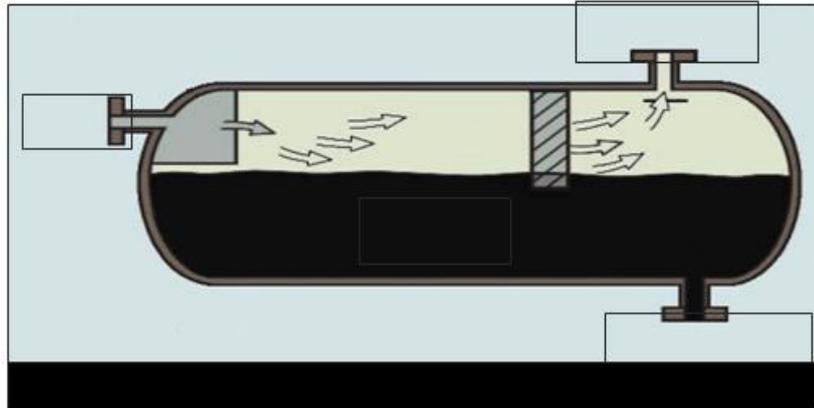
(3) Separator bulat spherical.

Separator jenis ini mempunyai kapasitas gas dan surge terbatas sehingga umumnya digunakan untuk memisahkan fluida produksi dengan GLR kecil sampai sedang namun separator ini dapat bekerja pada tekanan tinggi. Terdapat dua tipe separator bulat yaitu tipe untuk pemisahan dua fasa dan tipe untuk pemisahan tiga fasa.

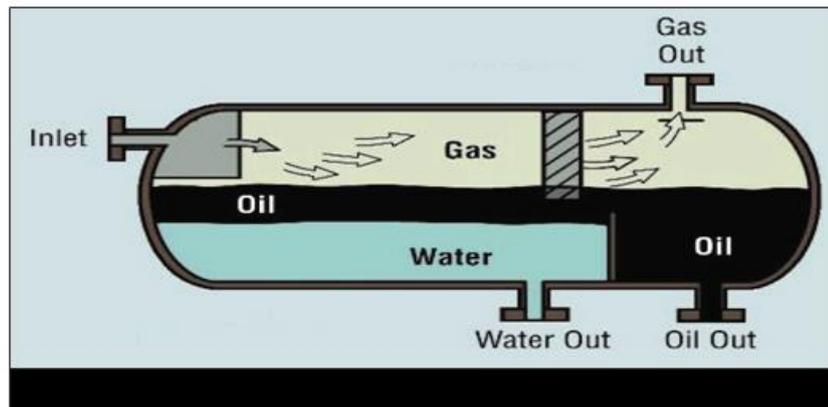
b) Jenis Separator Berdasarkan Fasa Hasil Pemisahannya

(1) **Separator dua fasa**, memisahkan fluida dormasi menjadi cairan dan gas, gas keluar dari atas sedangkan cairan keluar dari bawah. Lihat Gambar 24.

(2) **Separator tiga fasa**, memisahkan fluida formasi menjadi minyak, air dan gas. Gas keluar dari bagian atas, minyak dari tengah dan air dari bawah. Lihat Gambar 25.



Gambar 23. Separator Dua Fasa



Gambar 24. Separator Tiga Fasa

c) Jenis Separator Berdasarkan Fungsinya.

Berdasarkan fungsinya atau jenis penggunaannya, separator dapat dibedakan atas:

(1) *Gas scrubber*.

Jenis ini dirancang untuk memisahkan butir cairan yang masih terikut gas hasil pemisahan tingkat pertama, karenanya alat ini ditempatkan setelah separator, atau sebelum dehydrator, extraction plant atau kompresor untuk mencegah masuknya cairan kedalam alat tersebut.

(2) *Knock-out*

Jenis ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu free water knock-out (FWKO) yang digunakan untuk memisahkan air bebas dari hidrokarbon cair dan total liquid knock-out (TLKO) yang digunakan untuk memisahkan cairan dari aliran gas bertekanan tinggi (> 125 psi).

(3) *Flash chamber.*

Alat ini digunakan pada tahap lanjut dari proses pemisahan secara kilat (flash) dari separator. Flash chamber ini digunakan sebagai separator, tingkat kedua dan dirancang untuk bekerja pada tekanan rendah (> 125 psi).

(4) *Expansion vessel.*

Alat ini digunakan untuk proses pengembangan pada pemisahan bertemperatur rendah yang dirancang untuk menampung gas hidrat yang terbentuk pada proses pendinginan dan mempunyai tekanan kerja antara 100 -1300 psi.

(5) *Chemical electric.*

Merupakan jenis separator tingkat lanjut untuk memisahkan air dari cairan hasil separasi tingkat sebelumnya yang dilakukan secara electric (menggunakan prinsip anoda katoda) dan umumnya untuk memudahkan pemisahan.

c. **Gas Dehydrator**

Gas dehydrator adalah alat yang digunakan untuk memisahkan partikel air yang terkandung didalam gas.

Ada dua cara pemisahan air dari gas, yaitu :

1) *Solid desiccant*, misalnya *Allumina dessicant*

Allumina dessicant gas dehydrator.

Komponen peralatan ini merupakan kombinasi dari separator tiga tingkat, yaitu gas - liquid absorbtion tower dan solid bad desiccant

unit. Pemisahan partikel air dari gas dilakukan dengan cara mengkontakkan aliran gas dengan Allumina dessicant dalam chemical bad section.

2) *Liquid desiccant*, misalnya *Glycol dehydration Unit*

Proses *Dehydrasi Glycol* (Gambar 25) adalah Proses pemisahan kandungan air dalam suatu aliran gas. Glikol yang merupakan bahan utama dalam proses ini mempunyai afinitas yang tinggi terhadap air. Ini berarti Optimasi transportasi bahwa jika dikontakkan dengan aliran gas alam yang mengandung air, glikol akan berfungsi untuk mengambil air dari aliran gas tersebut.

Pada dasarnya, *Glycol Dehydration* menggunakan larutan glikol yang biasanya adalah di-etilen glikol (DEG) atau tri-etilen glikol (TEG), yang dialirkan kedalam sebuah bejana tertutup yang dinamakan “*contactor*” dengan maksud agar terjadi kontak dengan aliran gas. Larutan glikol akan menyerap air dari gas yang basah. Setelah terjadi proses absorpsi, partikel glikol menjadi lebih berat dan turun ke dasar *contactor* yang nantinya akan dipisahkan.

Gas alam yang sebagian besar kandungan airnya telah dipisahkan selanjutnya dialirkan keluar dehydrator. Larutan glikol yang membawa semua air yang dipisahkan dari gas alam dialirkan ke sebuah boiler khusus yang di desain untuk menguapkan air yang terkandung di dalam larutan glikol. Perbedaan titik didih dari air dan glikol yang membuat pemisahan air dari larutan glikol relative lebih mudah sehingga bisa digunakan kembali untuk proses pengeringan selanjutnya.

Dalam desain *Glycol Dehydration Unit* dapat diaplikasikan sebagai berikut:

- Menentukan ID *contactor*

$$d^2 = 5040 \left(\frac{(TZQg)}{P} \right) \left(\frac{\rho g}{\rho W - \rho g} \right) \left(\frac{Cd}{dm} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (24)$$

- Menentukan *Glycol Rate*

$$Q = \left(\frac{3 \text{ Gal}}{\text{Lb}} \right) \left(\frac{120 \text{ Lb}}{\text{MMSCF}} \right) \left(\frac{Q_g}{D} \right) \left(\frac{D}{24 \text{ hr}} \right) \left(\frac{\text{hr}}{60 \text{ min}} \right) \dots\dots\dots (25)$$

dimana :

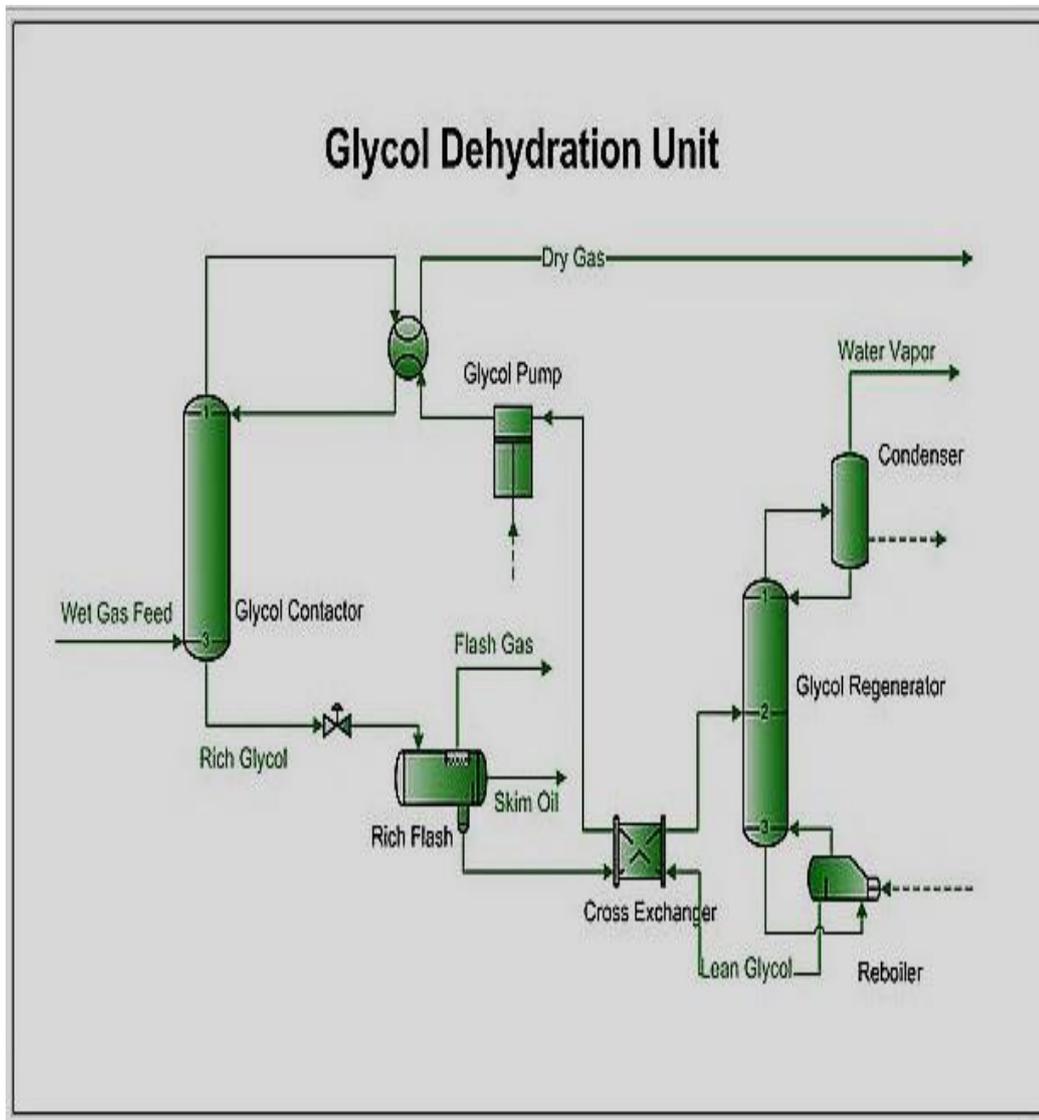
d^2 = Diameter Contactor, Inch

Z = *Compresibitas Factor*

Qg = Laju Alir Gas, MMSCFD

ρ_g = Densitas Gas, (lb/ft³)

ρ_w = Densitas air, (lb/ft³)



Gambar 25. Proses Glycol Dehidration Unit

d. Gas Kompresor

Gas Kompresor merupakan alat yang digunakan untuk mengompresikan gas agar tekanan gas tersebut naik, karena tekanan di well tidak sanggup lagi memberikan tekanan yang sesuai dengan yang diminta konsumen. Gas yang telah dipisahkan melalui separator juga dialirkan pada gas Kompresor untuk membuat komposisi gas lebih kering.

Pada prinsipnya *Kompresor* berfungsi untuk menambah *energy* kepada gas atau menaikkan tekanan, sehingga gas dapat mengalir ke tempat yang lain yang tekanannya lebih rendah.

1) Prime mover

Gas Kompresor memerlukan alat penggerak (*prime mover*), yang pada umumnya digerakkan oleh tenaga motor bakar dengan bahan bakar gas atau motor listrik. Motor bakar itu sendiri dapat diklasifikasikan menjadi dua:

- a) Mesin empat langkah (4 tak)
- b) Mesin dua langkah (2 tak)

Dari putarannya, motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi:

- a) *Low*, rendah di bawah 300 RPM
- b) *Intermediate*, menengah antara 300-600 RPM
- c) *High*, tinggi di atas 600 RPM

2) Sistem Penggerak *Kompresor*

- a) Integral, *crankshaft prime mover* juga memutar *connectingrod Kompresor cylinder* atau silinder yang digerakkannya.

Contoh: pada Engine Clark, Cooper dan Ajax

- b) Direct coupling, *crankshaft prime mover* dihubungkan dengan memakai *coupling ke crankshaft Kompresor*.

Contoh: pada Waukesha enginedan Caterpillar

- c) V-belt, *prime mover* dan *Kompresor* dihubungkan dengan memakai V belt. Contoh: pada Joy Kompresor

e. Gas Metering

Meter gas mengukur volume tanpa memperhatikan jumlah ataupun kualitas gas bertekanan yang melalui meter. Kompensasi temperatur, tekanan dan heating value harus dibuat untuk mengukur jumlah dan nilai yang aktual dari gas yang melalui sebuah meter.

Beberapa desain gas meter yang berbeda biasa digunakan, tergantung pada laju alir volumetrik dari gas yang akan diukur, rentangan laju alir yang harus diantisipasi, jenis gas yang akan diukur dan faktor-faktor lain.

f. Orifice Meter

Orifice meter adalah satu set alat yang diletakan di suatu pipa untuk menghambat aliran fluida dan menimbulkan pressure drop.

Pengukuran laju aliran (flow rate) didapat dari perbedaan tekanan karena adanya pressure drop tersebut. Metode pengukuran ini disebut inferential atau rate meter. Jadi tidak langsung mengukur quantity fluida.

Jenis orifice meter yang banyak dipakai dan sudah ada standardnya, adalah concentric, square edge, flange tap orifice meter. Selain orifice plate, Flow nozzle dan venturi tube juga masuk kedalam jenis flow meter ini. Agar dapat dipakai untuk pengukuran, alat ini perlu di kalibrasi secara empiris. Yaitu dengan mengalirkan sejumlah volume tertentu fluida dan mencatat pembacaannya untuk mendapatkan quantity standard bagi pengukuran fluida lainnya. Dengan mengikuti konstruksi mekanis yang standard, tidak diperlukan kalibrasi kembali. Sebuah *orifice plate* yang terpasang di line, ditunjukkan gambar dibawah ini. Area jet yang mengecil sesaat fluida melalui lubang orifice (orifice bore) disebut “vena contracta”.

Untuk *plate orifice* ini, fluida yang digunakan adalah jenis cair dan gas. Pada plat orifice ini piringan harus bentuk plat dan tegak lurus pada sumbu pipa. Piringan tersebut harus bersih dan diletakkan pada perpipa yang lurus untuk memastikan pola aliran yang normal dan tidak terganggu oleh *fitting*, kran atau peralatan lainnya.

1) Plate Orifice

Orifice plate merupakan *primary element* dari unit Orifice dan digunakan untuk mengukur aliran gas. *Orifice plate* berupa sebuah plat besi dengan ketebalan 0.125 – 0.500 inch berbentuk bulat dengan lubang ditengah untuk lewatnya aliran. *Orifice plate* menghasilkan perbedaan tekanan (ΔP) antara *upstream* dan *downstream*. Jumlah penurunan tekanan (*pressure drop*) pada lubang *orifice* akan dipengaruhi oleh ukuran besar kecilnya lubang *orifice* dan jumlah aliran (*flow rate*). Jumlah aliran gas yang tinggi dengan lubang *orifice* yang kecil akan menghasilkan penurunan tekanan yang besar.

Flat orifice dapat dibagi atas 3 jenis, yaitu :

a) Concentric Orifice

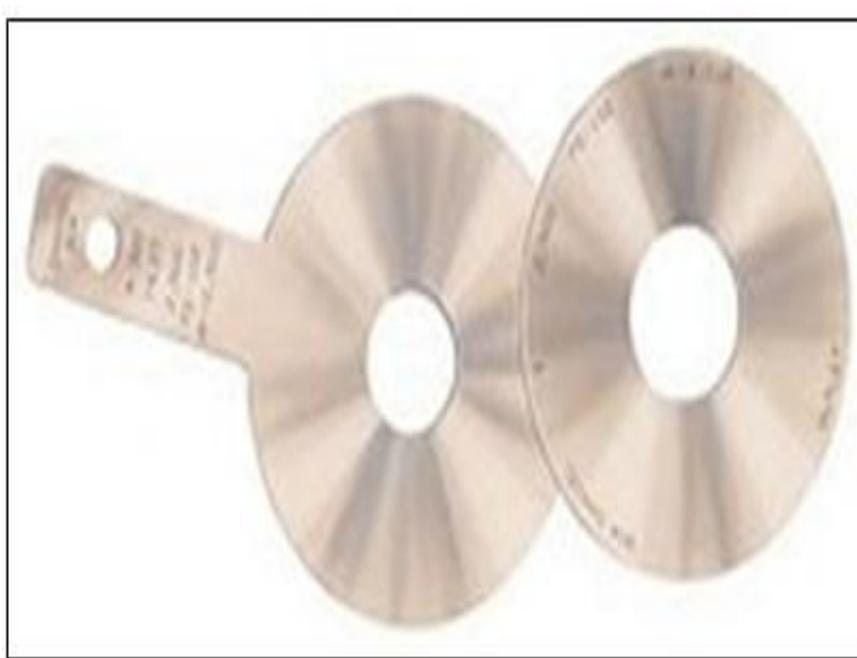
Pada jenis Concentric Orifice dipergunakan untuk semua jenis fluida yang tidak mengandung partikel-partikel padat. Concentric dibuat dengan mengebor port secara sentrik dalam bagian tengah. Tipe orifice ini lebih populer karena konstruksinya yang lebih sederhana dan mudah dibuat.

b) Eccentric Orifice

Eccentric Orifice memiliki potongan lubang pembatas secara eccentric sehingga mencapai bagian dasar pipa. Pada jenis eccentric orifice ini dipergunakan untuk fluida yang mengandung partikel-partikel padat. Tipe orifice ini sangat bermanfaat untuk pengukuran cairan yang telah memiliki padatan.

c) *Segmental Orifice*

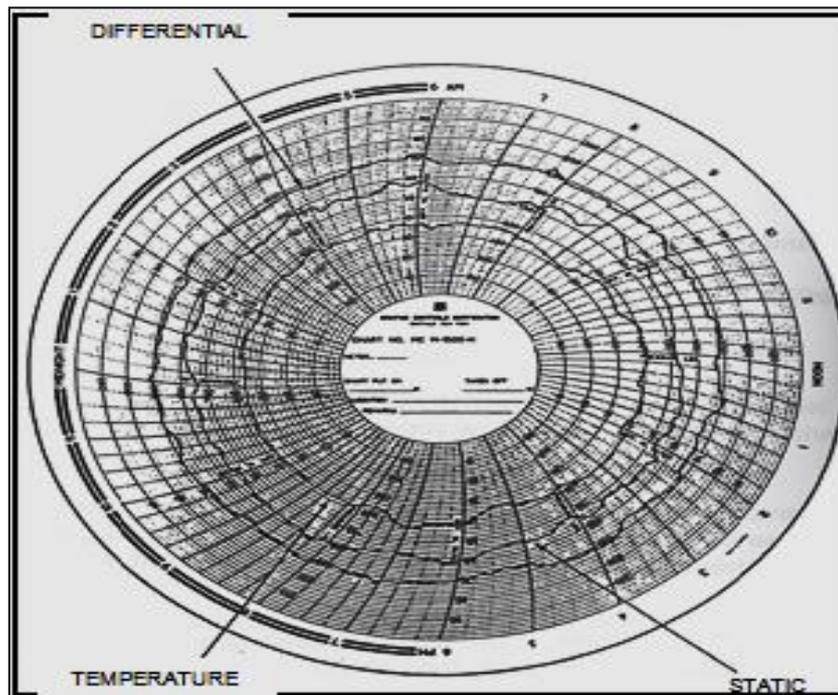
Pada jenis segmental orifice ini dipergunakan untuk mengukur laju aliran yang mengandung padatan, sama seperti jenis eccentric orifice hanya saja kalau jenis eccentric berbentuk lingkaran yang berada di bawah atau dekat dasar pipa, sedangkan kalau jenis segmental ini berlubang setengah lingkaran.



Gambar 26. Plat Orifice Meter

2) *Recording chart*

Recording chart adalah kertas berbentuk lingkaran yang dipasangkan pada *chart recorder* untuk mencatat data-data aliran gas selama waktu yang ditentukan. Sedangkan *Chart recorder* merupakan *secondary element* dari *unit Orifice* yang berfungsi untuk merekam *pressure drop* dan *static pressure* yang ditimbulkan oleh *orifice plate*.



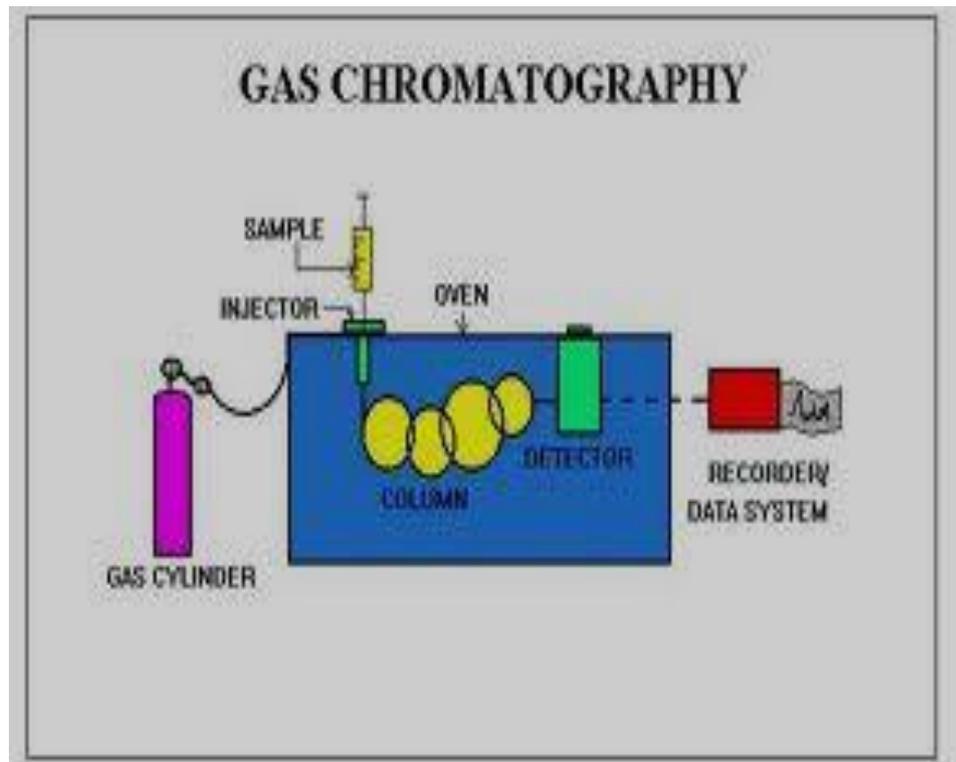
Gambar 27. Recording Chart

g. Gas Chromatography

Gas Chromatography adalah proses pemisahan campuran menjadi komponen-komponennya dengan menggunakan gas sebagai fasa bergerak yang melewati suatu lapisan serapan (*sorben*) yang diam.

Pada Prinsipnya, pemisahan Kromatografi Gas (Gambar 29) adalah disebabkan oleh perbedaan dalam kemampuan distribusi analit diantara fasa gerak dan fasa diam di dalam kolom pada kecepatan dan waktu yang berbeda.

Fase diam pada kromatografi gas dapat berupa zat padat yang dikenal sebagai kromatografi gas-padat (GSC) dan zat cair sebagai kromatografi gas-cair (GLC). Keduanya hampir sama kecuali dibedakan dalam hal cara kerjanya. Pada GSC pemisahan dilakukan berdasarkan adsorpsi sedangkan pada GLC berdasarkan partisi.



Gambar 28. Prinsip Kerja Gas Chromatography

1) Peralatan Gas Chromatography

Secara umum peralatan gas Chromatography yaitu :

a) Gas Pengangkut

Gas pengangkut (Carrier Gas) ditempatkan dalam silinder bertekanan tinggi. Biasanya tekanan silinder sebesar 150 atm. Gas pembawa harus bersifat inert dan murni, seringkali gas pembawa ini harus disaring untuk menahan debu uap air dan oksigen. Gas yang sering digunakan yaitu N₂, H₂, He dan Ar.

b) **Injection System**

Injection system digunakan untuk memasukkan/menyemprot gas dan sample kedalam column.

c) **Oven**

Oven digunakan untuk memanaskan column pada temperature tertentu sehingga mempermudah proses pemisahan komponen sample.

d) **Coloumn**

Kolom merupakan tempat terjadinya proses pemisahan karena di dalamnya terdapat fase diam. Oleh karena itu, kolom merupakan komponen sentral pada Gas Chromatography.

e) **Detektor**

Detektor digunakan untuk memonitor gas pembawa yang keluar dari kolom dan merespon perubahan komposisi solut yang terelusi. Detektor merupakan perangkat yang diletakkan pada ujung kolom tempat keluar fase gerak (gas pembawa) yang membawa komponen hasil pemisahan. Detektor pada kromatografi adalah suatu sensor elektronik yang berfungsi mengubah sinyal gas pembawa dan komponen-komponen di dalamnya menjadi sinyal elektronik. Sinyal elektronik detektor akan sangat berguna untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif terhadap komponen-komponen yang terpisah di antara fase diam dan fase gerak.

f) **Data Aquisition**

Data 135 cquisition merupakan perangkat gabungan dari Software dan Hardware. Fungsi dari data Aquisition ini yaitu :

- (1) Memfasilitasi setting parameter-parameter instrumen seperti: aliran fase gas; temperatur oven dan pemrograman temperatur; serta penyuntikan sampel secara otomatis.
- (2) Menampilkan kromatogram dan informasi-informasi lain dengan menggunakan grafik berwarna.
- (3) Merekam data kalibrasi, retensi, serta perhitungan-perhitungan dengan statistik dan menyimpan data parameter analisis untuk analisis senyawa tertentu.

2) **Prinsip Kerja Gas Chromatography**

Gas pembawa (biasanya digunakan Helium, Argon atau Nitrogen) dengan tekanan tertentu dialirkan secara konstan melalui kolom yang berisi fase diam. Selanjutnya sampel diinjeksikan ke dalam

injektor (injection port) yang temperaturnya dapat diatur. Komponen-komponen dalam sampel akan segera menjadi uap dan akan dibawa oleh aliran gas pembawa menuju kolom. Dimana kolom merupakan tempat berlangsungnya pemisahan komponen campuran. Komponen yang terpisah kemudian akan menuju ke detektor dan akan menghasilkan sinyal listrik yang besarnya proporsional dengan komponen tersebut. Sinyal tersebut lalu diperkuat oleh amplifer dan selanjutnya oleh pencatat (recorder) dituliskan sebagai kromatogram berupa puncak.

h. Flare Stack

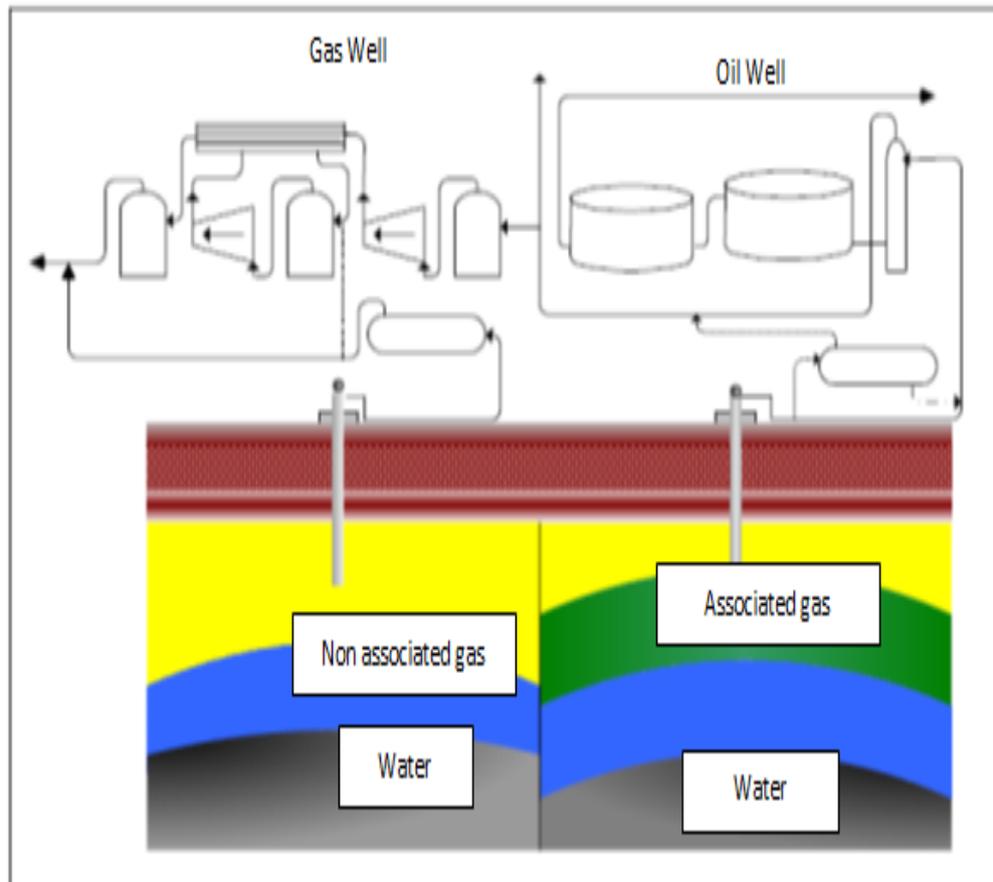
Flare Stack merupakan suatu unit untuk melepaskan *flow* gas ke udara luar atau *atmosphere* (*Venting*). Pada produksi gas, dimana pada saat terjadi *emergency* suatu *plant* yaitu *shutdown* atau *tripped*, sedangkan gas akan flowing secara terus-menerus maka gas dialirkan ke *flare stack*, diperlukan untuk mengaktifkan *flare* dengan menyalakan *ignititer* maka *flare* akan menyala sehingga gas dari *well* akan terbuang dan pembakar di *Flare Stack*.

3. Asosiasi Gas (Gas Associated)

Gas alam seperti juga minyak bumi merupakan senyawa hidrokarbon yang terdiri dari campuran beberapa macam gas hidrokarbon yang mudah terbakar dan non-hidrokarbon seperti N_2 , CO_2 dan H_2S . Umumnya gas yang terbentuk sebagian besar dari metana (CH_4), dan dapat juga termasuk etana (C_2H_6) dan propana (C_3H_8). Gas alam yang didapat dari dalam sumur dibawah bumi, biasanya bergabung dengan minyak bumi. Gas ini disebut sebagai *gas associated*.

Ada juga sumur yang khusus menghasilkan gas, sehingga gas yang dihasilkan disebut *gas non associated*. Gas tersebut dilakukan proses pemisahan untuk menghilangkan *impurities* seperti air, gas-gas lain, pasir dan senyawa lainnya. Beberapa gas hidrokarbon seperti propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}) dipisahkan dan dijual secara terpisah. Setelah

diproses, gas alam yang bersih ditransmisikan ke titik-titik penggunaan melalui jaringan pipa, yang jauhnya dapat mencapai ribuan kilometer. Gas alam yang dikirim melalui pipa tersebut merupakan gas alam dalam bentuk yang murni karena hampir seluruhnya adalah metana (CH_4).



Gambar 29. Asociated gas & Non Associated Dalam Proses Produksi

a. Proses Ethylene Oksida

Etylen Oksida pertama kali disintesis oleh Wurtz tahun 1859 dan kemudian dikenal dengan proses klorohidrin. Produksi pertama etilen oksida secara komersial dimulai tahun 1914 hingga sekarang. Tahun 1931, Lefort mengembangkan proses oksidasi langsung yang menggeser keberadaan proses klorohidrin hingga sekarang.

Glycol adalah suatu bahan kimia cair yang mempunyai sifat tidak reaktif, dapat melarutkan air dengan cepat, mempunyai kestabilan temperatur yang baik, dan titik didih tinggi.

Didalam suatu proses pengeringan gas, glycol digunakan untuk menyerap dan mengikat butiran-butiran dan uap air di dalam gas.

Ada beberapa jenis glycol yaitu :

- 1) Ethylene glycol TEG (EG) atau Monoethylene glycol TEG (MEG) ($C_2H_6O_2$)
 - a) Dipakai sebagai hydrate inhibitor
 - b) EG bias dipisahkan kembali dari gas pada temperatur di bawah $50^{\circ}F$
 - c) Di contactor , uap EG cenderung terbawa gas karena berat molekulnya sangat ringan sehingga kehilangan EG akan lebih besar
- 2) Diethylene glycol TEG (DEG) ($C_4H_{10}O_8$)
 - a) Bisa dimurnikan kembali pada temperatur antara $30^{\circ}F$ sampai $400^{\circ}F$ yang menghasilkan kemurnian 98.8%
 - b) Pada temperatur $404^{\circ}F$ akan berubah komposisinya
- 3) Tetraethylene glycol TEG (TREG) ($C_6H_{18}O_8$)
 - a) Harganya mahal
 - b) Bisa dimurnikan kembali pada temperatur $400^{\circ}F$ sampai $430^{\circ}F$
 - c) Pada temperature $460^{\circ}F$ akan berubah komposisinya

Berdasarkan pertimbangan biaya yang efektif, TEG paling umum dipakai sebagai media pengeringan gas dikarenakan :

- a) TEG lebih mudah untuk dimurnikan kembali
- b) TEG akan berubah komposisinya pada $404^{\circ}F$, lebih tinggi bila dibandingkan dengan DEG $328^{\circ}F$
- c) Penguapan lebih rendah dibandingkan EG atau DEG (*glycol/TEG loss* rendah)
- d) Viskositas masih stabil pada temperature $50^{\circ}F$
- e) TEG tidak menyebabkan pengkaratan.

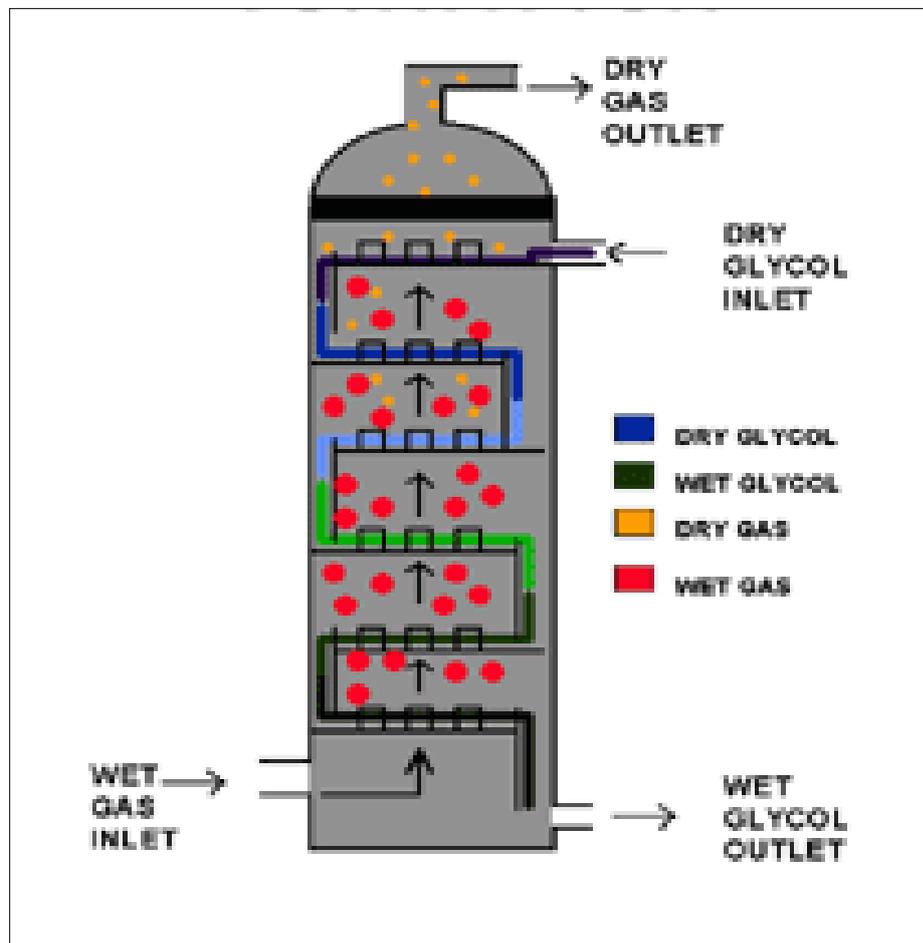
b. Proses Absorpsi

Gas diproduksi dari sumur terdiri dari campuran liquid yang mana harus dihilangkan untuk mencegah korosi dan *hydrate* pada sistem perpipaan. Proses pengeringan gas paling sering digunakan adalah *glycol dehydration process* yang mana *Triethylene Glycol* (TEG) akan menyerap gas basah didalam absorber. (Kirchgessner,2004)

Pertemuan antara gas dan glycol TEG terjadi pada *tray* yang terletak di dalam *absorber*. Di dalam absorber dipasang beberapa *bubble captray* yang dihubungkan dengan *downcomer*.

Glycol TEG yang mempunyai *specific gravity* lebih besar daripada gas basah, masuk dari bagian atas absorber dan menggenangi *tray* bagian atas. Jika *tray* sudah penuh sampai batas *weir*, maka glycol TEG akan melimpah ke *downcomer* menuju *tray* yang di bawahnya, dan seterusnya sampai pada *tray* bagian bawah.

Gas yang masuk dari bagian bawah absorber akan melalui celah-celah di *bubble cap* dan menabrak lagi *tray* yang di bagian atasnya sampai pada *tray* bagian paling atas sehingga menembus *mist extractor* dan keluar pada bagian puncak absorber. Gas yang keluar dari puncak absorber ini disebut *dry gas* (Rosen,1983)



Gambar 30. Glycol TEG Absorber

c. Glycol TEG Regeneration

Glycol TEG regeneration adalah suatu bejana yang didalamnya terdiri dari rangkaian pipa pemanas dan berfungsi untuk menguapkan air yang larut dalam glycol TEG untuk mendapatkan glycol TEG yang bersih (*lean glycol TEG*) dengan konsentrasi sesuai dengan kebutuhan dalam menara absorpsi. Pada *reboiler* dipasang temperatur kontrol untuk mengatur temperatur yang di atur pada $350^{\circ}\text{F} - 390^{\circ}\text{F}$. Sebagai sumber panas dipakai api, pada bagian ujung dari *reboiler* dilengkapi dengan *furnace* dan *stack* dengan bahan bakar gas.

Didalam *reboiler*, air yang telah bercampur dengan glycol TEG dipanaskan selanjutnya diumpankan pada *stripping column*. Pada *stripping column* diinjeksikan *stripping gas* dengan laju alir tertentu. *Stripping column* ini dilengkapi dengan *reflux coil system* untuk mengkondensasikan uap glycol TEG yang terbawa uap air.



Gambar 31. Reboiler

Ada beberapa proses untuk memperoleh glycol TEG (*Thryethylene Glycol*) dengan kemurnian 98.6 wt% dimana kemurnian diperoleh dengan memanaskan pada temperatur 400°F (204°C) dan temperatur atmosfer. Proses tersebut antara lain seperti dijelaskan pada Tabel 9 dibawah ini :

Pemurnian glycol TEG dapat digunakan dengan *heat* dan *vacuum* atau *stripping gas*. Dengan menggunakan metode *heat* dan *vacuum* hanya memperoleh konsentrasi 99.1% dengan menggunakan temperatur *reboiler* 400° F . Pada temperatur ini dengan tekanan

absolut 200 mmHg konsentrasi glycol TEG dapat diperoleh 99.5%. Menggunakan metode *stripping gas* dengan tekanan 400° F, tekanan 200 mmHg dan gas sebesar 6 scf/gal dapat diperoleh konsentrasi glycol TEG 99.8%.

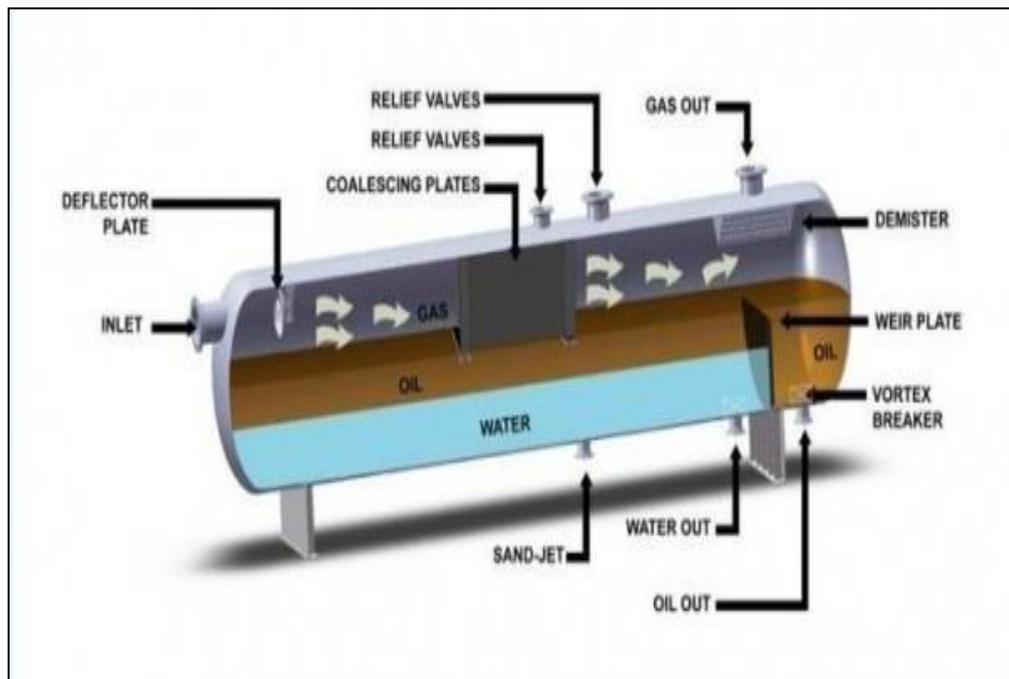
Tabel 9. Glycol TEG Regeneration Process

Process	TEG Conc. wt%	Water Dew Point Depression Possible, °F
Vacuum	99.2 to 99.9	100 to 150
COLDFINGER [®]	92.2 to 99.7	100 to 130
DRIZO [®]	99.99 to 99.999*	180 to 250*
Stripping Gas	99.2 to 99.9	100 to 150
*With Solvent Dryer		

Stripper berada di atas *reboiler* untuk menyediakan panas yang dibutuhkan sebelum campuran glycol TEG dan air masuk menuju ke *reboiler*. Dengan *stripping gas* ini konsentrasi glycol TEG dapat dikontrol. *Rich glycol TEG* dapat dipanaskan hingga mencapai temperatur 400° F oleh *reboiler*. Pada temperatur ini konsentrasi glycol TEG kira-kira 98%. Untuk mendapatkan konsentrasi yang lebih tinggi dapat dengan cara menaikkan temperatur *boiler* tetapi hal ini berisiko tinggi karena dapat mengakibatkan rusaknya glycol TEG. Oleh karena itu untuk memperoleh konsentrasi yang lebih tinggi maka digunakan *stripping gas*

Stripping gas adalah aliran gas kering dengan volume tertentu yang diinjeksikan kedalam *reboiler* atau pada *downcomer* yang terletak antara *reboiler* dan *accumulator*. Fungsi dari *stripping gas* adalah membuat gelembung-gelembung gas di dalam larutan *rich glycol TEG* yang telah dipanaskan, guna memecah butiran air yang masih terikat dalam kandungan glycol TEG. Air yang telah menjadi uap akan

zat (minyak dan air) yang memiliki massa paling berat akan berada pada lapisan paling bawah, sedangkan natural gas akan mengalir ke bagian atas dan masuk ke proses pengolahan berikutnya. Gambar 33 menunjukkan proses pemisahan gas dengan minyak, cairan dan kondensat di separator.



Gambar 33. Proses Pemisahan Gas dengan Oil, Condensate, & Water

b. Proses Gas Sweetening (H₂S & CO₂ Removal)

Setelah pemisahan antara natural gas dengan minyak & air, maka step selanjutnya adalah pemisahan antara natural gas dengan H₂S & CO₂, Kenapa H₂S & CO₂ harus dihilangkan? karena H₂S mempunyai sifat asam yang bisa membuat pipa ataupun tangki menjadi korosi, sedangkan CO₂ akan membuat unit pengolahan menjadi plug atau tersumbat ketika CO₂ bereaksi dengan H₂O yang akan membentuk asam karbonat H₂CO₃.

Sweetening adalah nama lain dari proses pemisahan komponen belerang. Senyawa belerang lainnya yang sering ditemui pada gas alam adalah *mercaptans (RHS)*, *carbonyl sulfide (COS)* dan *carbon disulfide (CS₂)*. Gas masam (sour gas) adalah gas dengan kandungan sulfur yang sangat tinggi. Sweet gas adalah gas dengan kandungan sulfur yang sangat rendah.

Dengan adanya gas CO₂ akan menurunkan nilai bakar suatu gas, maka kandungan gas CO₂ harus diturunkan sebelum gas dijual ke pasaran. Gas karbondioksida akan sangat korosif jika adanya aliran air bebas dalam aliran gas. Sedangkan komponen-komponen sulfur mempunyai sifat korosif pada berbagai kondisi dan akan sangat korosif bila dijumpai adanya air dan oksigen. Jika tidak dihilangkan akan menjadi kontaminan pada produk hidrokarbon, lebih jauh komponen ini sangat beracun dan bila dibakar akan membentuk senyawa SO₂.

Total kandungan sulfur maksimum termasuk mercaptant (RSH), carbonyl sulfide (COS), disulfide (RSSR), dan sebagainya., biasanya 10 sampai 20 gr/100 scf. Prinsip pemisahan pada Gas Sweetening ini adalah proses kimiawi dengan menggunakan senyawa amina (Amine System).

Pemrosesan gas sweetening dapat diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu:

- 1) Absorpsi : Aliran gas dilewatkan dalam suatu luida tertentu yang dapat menyerap gas-gas masam yang ikut dalam aliran gas.
- 2) Adsorpsi: Sering disebut dengan sistem penyerapan gas dengan sistem kering, yaitu dengan mengalirkan gas pada suatu material yang dapat menyerap gas-gas masam yang ikut dalam aliran gas tersebut.

Dalam pelaksanaannya H₂S yang harus dibuang dapat berupa : H₂S, mercaptans atau ikatan sulfur lainnya.

Untuk pemipaan diharuskan :

- 0,25 gram sulfur/100 SCF
- 4 PPM
- 0,0004 % H₂S

Sedangkan gas lainnya, seperti CO₂ diharuskan hanya 2-3 % CO₂.

Didalam melihat konsekwensi dari suatu komponen dalam sistem gas campuran, biasanya digunakan besaran Partial-Pressure (PP) :

PP = Tekanan System (P) x % - mole komponen

Berikut ini beberapa teknik dalam membersihkan gas atau yang dikenal selama ini :

a) Solid Bed Absorption

(1) *Iron Sponge*, yaitu merealisasikan H₂S dengan Feric Oxide dengan luar permukaan yang besar, dimana diperlukan kondisi alkaline (PH = 8 - 10) dan temperatur dibawah 110°F. Biasanya diaplikasikan untuk konsentrasi H₂S yang rendah (300 PPM) dan tekanan yang moderat (50-500 psi). Feric Sulfida FeS diabsidari dengan udara untuk menghasilkan Sulfur (S).

(2) *Molekuler Sieve*

Menggunakan padatan sintesis, dimana diharapkan gas yang berkutub (H₂S dan Air) dapat masuk dan ada sedikit ikatan ion. Akibatnya H₂S dapat lewat, akan tetapi hidrokarbon berat tidak akan lewat. Digunakan pada tekanan operasi 450 psi dengan regenerasi pada temperatur 300-400°F.

(3) *Zinc Oxide*

Sama prinsipnya dengan Iron Sponge, tetapi menggunakan temperatur operasi kurang dari 250°F.

b) Chemical Solvents

Adalah bahan kimia yang mampu menyerap H₂S dan CO₂ secara kimiawi, biasanya berupa liquid. Yang paling banyak dipakai sebagai Chemical Solvents adalah : Amine dan Carbonate. Gambar 34 menunjukkan skema proses Amine Swetening.

a. Mono Ethanol Amine (MEA)

Adalah bahan kimia yang baik dipakai untuk memenuhi persyaratan pipa dari komposisi CO₂ dan H₂S. Regenerasi pada temperatur 245°F pada 10 psig bereaksi dengan CO₂, CS₂, dan CO₂.

b. Di Ethanol Amine (DEA)

Adalah jenis Amine kedua, dan banyak digunakan pula sebagai pengganti MEA. Walaupun tidak sebaik MEA, ia tidak terlalu korosif.

c. Tri Ethanol Amine

Jenis ini tidak lebih baik dari MEA dan DEA, akan tetapi ia adalah bahan Amine pertama yang dipakai. Untuk peralatan yang baru jarang sekali memilih TEA, karena kurang bereaksi dengan CO₂ dan H₂S, dan banyak kilang pada Pres regenerasi.

d. Di Glycol Amine (DGA)

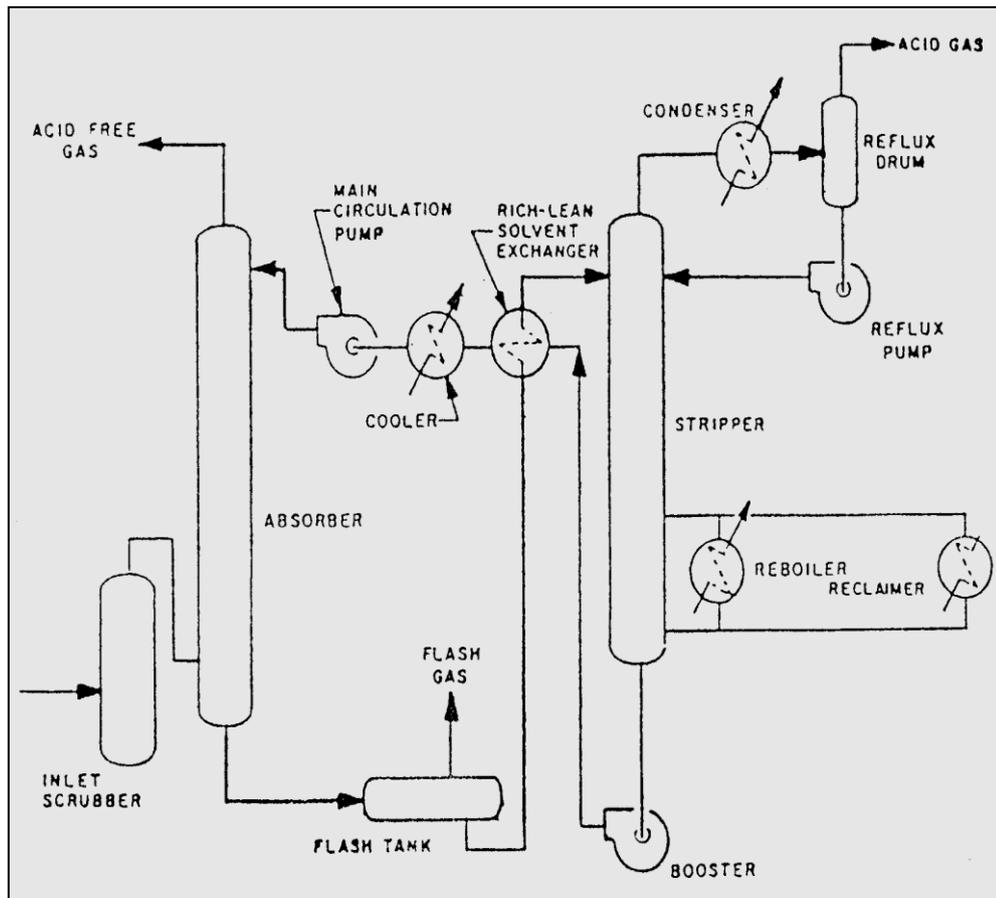
Kemampuan bereaksi dengan asam, sama dengan MEA, tetapi lebih tidak korosif.

e. Di Sapropanol Amine (DIPA)

Kemampuannya sama dengan MEA, dengan beberapa kelebihan lebih mudah membuang COS, tidak korosif, diperlukan panas sedikit saja.

f. Hot Potasium Carbonate

Penangkapan CO₂ dan H₂S dilakukan pada partial pressure yang tinggi dan dilepaskan pada partial pressure yang rendah. Bekerja dengan baik pada partial pressure = 30 - 90 psi. Kekurangannya, sangat korosif, dimana untuk menurunkan kekorosifannya ditambahkan Corrosion Inhibitor seperti : Fattig Acid atau Potassium dichromate.



Gambar 34. Skema Proses Amine Sweetening (Arnold K, Stewart M, 1989)

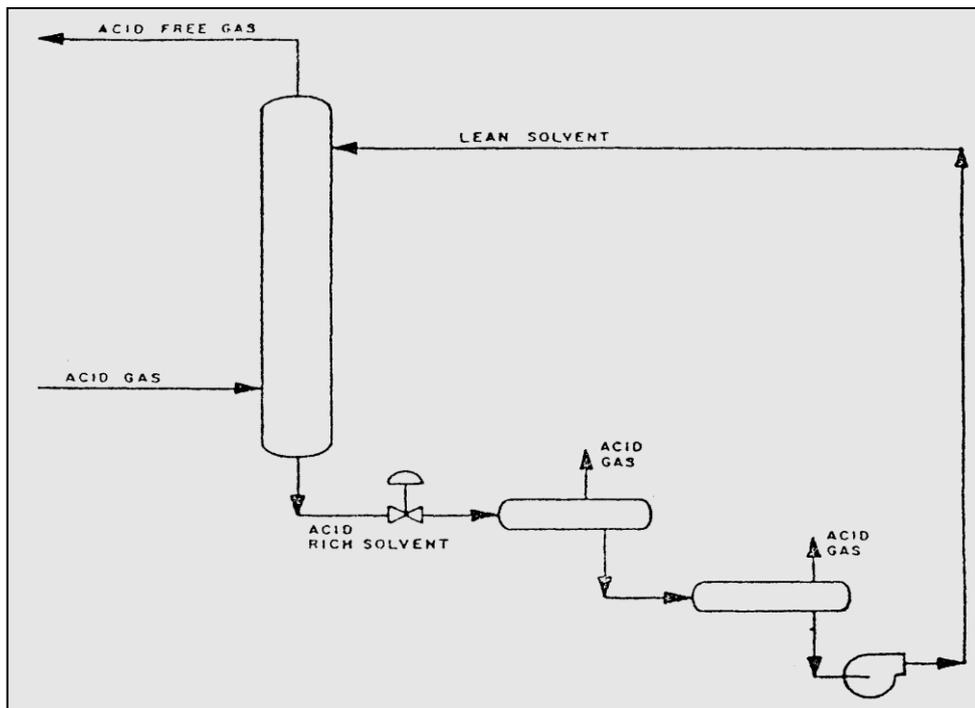
c) Physical Solvents

Physical solvents biasanya digunakan pada kondisi sebagai berikut:

- a. Tekanan Partial Minimum 50 psi
- b. Konsentrasi hidrokarbon berat, sangat rendah

- c. Menggunakan propilene carbonate dimana dapat memisahkan C_2 , COS, SO_2 , CS_2 dan H_2O . Sehingga dalam satu kali jalan, gas dihilangkan asamnya dan dikeringkan sebelum masuk ke pipa.

Skema proses dari Physical Solvents dapat dilihat pada Gambar 35 berikut:



Gambar 35. Skema Proses *Physical Solvent* (Arnold K, Stewart M, 1989)

Proses Physical Solvent meliputi beberapa proses berikut ini:

- a. Sulfinol Process

Dengan konsentrasi 40% Sulfinol, 40% DIPA, dan 20% Air dapat melepas 1,5 mole gas asam setiap mole larutan Sulfinol lebih sedikit menggunakan panas.

- b. Selexol Process

Biasanya digunakan untuk melepaskan CO_2 dan Air dengan menggunakan dimethyl ether dari polyethylene glycol dapat

menurunkan CO₂ sampai 85%, dan menurunkan kadar air sampai 7 lb/MMSCF.

c. Rectisol Process

Menggunakan methanol pada temperatur operasi -30 sampai -100°F, dan sudah pernah digunakan pada LNG Plants.

d) Disain Sweetener

Dalam disain ini hanya akan ditunjukkan sekilas mengenai pemilihan ukuran dari beberapa peralatan sweetener.

Iron Sponge

1. Menghitung diameter tabung minimum untuk gas (d) :

$$d^2 = 360 \left(\frac{Q_g \cdot T \cdot Z}{P} \right) \dots\dots\dots (41)$$

dimana :

- Q_g = laju alir gas
- T = temperatur operasi, °R
- P = tekanan operasi, psia
- Z = faktor deviasi gas

2. Menghitung diameter tabung minimum untuk deposit H₂S

Dengan maksimum laju deposit 15 grain H₂S/min/ft², maka :

$$d^2 = 5,34 \cdot 10^6 \cdot Q_g \cdot (MF)$$

dimana :

MF = fraksi mol H₂S

3. Pilih diameter terbesar dari (a) dan (b) sebagai diameter minimum (d_{min})
4. Hitung diameter maksimum untuk tidak terjadi channelling (d_{max}):

$$d^2 = 1800 \left(\frac{Q_g \cdot T \cdot Z}{P} \right) \dots\dots\dots (42)$$

5. Hitung dimensi dari Contact Time

Disyaratkan Contact Time minimum 60 detik, maka :

$$d^2 = 3600 \left(\frac{Q_g \cdot T \cdot Z}{P} \right) \dots\dots\dots (43)$$

dimana :

H = ketinggian bed, ft

= minimum 10 feet untuk H₂S

= minimum 20 feet untuk mercaptanc

6. Hitung dimensi dari Cycle Time

$$d^2 = \frac{t_c \cdot Q_g \cdot (MF)}{3,14 \cdot 10^{-8} \cdot F_e \cdot E} \dots\dots\dots (44)$$

dimana :

T_c = cycle time, hari

F_e = kandungan besi, lb Fe₂O₃/ft³

E = efisiensi, 0,65 - 0,80

7. Buatlah tabel antara d vs H

8. Pilihlah d dan H yang cocok

e) Disain Sistem MEA Dan DEA

a. Memilih metode proses :

Hitung tekanan partial asam PP (CO₂ + H₂S), kemudian pilih dari Gambar 47 s.d Gambar 50.

b. Hitung laju alir MEA dan DEA yang dibutuhkan :

$$(GPM)_{DEA} = \frac{192 \cdot Q_g \cdot (MF)}{C \cdot \rho \cdot A_L} \dots\dots\dots (45)$$

$$(GPM)_{DEA} = \frac{112 \cdot Q_g \cdot (MF)}{C \cdot \rho \cdot A_L} \dots\dots\dots (46)$$

dimana :

GPM = konsentrasi Amine, /b/lb

ρ = densitas larutan, ppg @ 60 °F

AL = rasio gas asam terhadap amine, mole/mole

Harga dalam disain dapat dipergunakan menggunakan tabel berikut ini:

Tabel 10. Harga MEA dan DEA

	MEA	DEA
C	20,0	0 35,0
AL	0,33	0,50
ρ	8,41	8,71

c. Tentukan diameter tabung (d)

$$d^2 = 5040 \left(\frac{Q_g \cdot T \cdot Z}{P} \right) \cdot \left\{ \left[\frac{\rho_g}{\rho_L - \rho_g} \right] \cdot \frac{C_D}{d_M} \right\}^{0.5} \dots\dots\dots(47)$$

dimana :

CD = konstanta contractor

dM = diameter pada stripper, micron

Berikut ini merupakan proses gas *sweetening* untuk menghilangkan zat-zat pengotor di dalam gas tersebut:

- a. Proses *Batch*
- b. Larutan amine encer
- c. Campuran larutan (campuran dari amine, physical solvent dan air)
- d. Pelarut fisik

- e. Larutan *hot potassium carbonate*
- f. Oksidasi langsung pada sulfur
- g. Adsorpsi
- h. Membran

Masing-masing proses gas *sweetening* dapat dilihat sebagai berikut:

a. Proses *Batch*

Caranya adalah melalui material yang murah, tidak beracun yang memiliki kapasitas tinggi untuk menyerap dan menghasilkan buangan yang cocok dengan lingkungan.

Keuntungan dari proses batch sebagai berikut:

- 1) Pembersihan lengkap
- 2) Investasi kapital relatif rendah
- 3) Daya tarik-menarik untuk kandungan sulfur dalam gas tinggi
- 4) Sering terjadi penghilangan pengotor sulfur organik seperti mercaptan dalam berat molekul yang lebih rendah

Kelemahan dari proses batch sebagai berikut:

- 1) Operasi yang tidak boleh terputus akan membutuhkan dua atau lebih contact tower
- 2) Kehadiran liquid dapat merusak kepingan iron sponge dan membuat liquid membentuk foam.
- 3) Pembentukan hidrat terjadi di tekanan yang lebih tinggi dan temperatur lebih rendah.

Material yang digunakan dalam proses batch sebagai berikut:

- 1) iron sponge
- 2) Chemsweet
- 3) Sulfa-Check
- 4) Caustic soda

- 5) Slurry encer dari partikel iron oxide dan campuran formaldehyde, methanol, dan air.

Tabel 11 menunjukkan hasil perbandingan dari masing-masing proses batch

Tabel 11. Perbandingan Proses Batch

<u>Proses:</u>	Iron Sponge	Chemsweet ¹	Sulfa-Check ²	Caustik
Umum: Umur, tahun Unit dalam servis H ₂ S selektif	100 Ribuan Ya	10 <u>Ratusan</u> <u>Ya</u>	4 Ratusan Ya	50 Ratusan Tidak
Vessel: Daerah lintasan Tinggi, ft Biaya relatif	Paling rendah 10 samapai 20 paling rendah	<u>Tinggi</u> 20 <u>sampai</u> 30 <u>Tinggi</u>	Medium 20 <u>sampai</u> 30 Medium	Medium 10 sampai 20 Medium
Bahan Kimia: Biaya relatif Lb S/ft ³ lapisan	Rendah 7	Tinggi 4	<u>Tinggi</u> 13	<u>Rendah</u> Bervariasi ³
Buangan: usaha dan waktu Penzinaan lingkungan	Tinggi Banyak negara	Rendah 7 negara	Rendah 14 negara	<u>Rendah</u> <u>Untuk pabrik kertas</u>

b. Proses Liquid dan Slurry

Proses pemisahan liquid dan slurry dilakukan karena beberapa alasan berikut ini:

- 1) Bahan-bahan: Penghalang , Scavinox, dan Di-Chem
- 2) *Slurry iron oxide* digunakan secara selektif menyerap
- 3) Biaya bahan kimia lebih mahal daripada untuk iron sponge.
- 4) contact tower dapat dibersihkan dan diisi kembali, (lebih murah)

- 5) Pembekuan fluida dan foam- sehingga antibeku harus ditambahkan dimusim dingin.

Salah satu proses adalah Chemsweet, dimana proses ini merupakan proses NATCO (Manning, 1979; dan Manning , 1981). Produk bubuk putih merupakan hasil campuran dari zinc oxide, zinc acetate, dan dispersant untuk menjaga partikel zinc oxide dalam suspensi

Reaksi :



c. Proses Dehidrasi Gas

Step berikutnya adalah pemisahan natural gas dengan uap air (H₂O), pada step pertama (separator) terdapat proses pemisahan gas dengan liquid (minyak, condensate dan air) hanya saja pada step tersebut belum memisahkan natural gas dengan air secara sempurna sehingga natural gas yang keluar dari separator tersebut masih dalam bentuk “Gas Basah” yang mengandung air. Air ini harus dihilangkan karena bisa mengakibatkan korosi dan penyumbatan pada unit pengolahan. Prinsip pemisahan pada Gas Dehydration ini pada umumnya menggunakan proses kimiawi dengan menggunakan Glycol (absorption) atau menggunakan solid desiccants (adsorption).

Proses dehidrasi gas (lihat Gambar 50) dibagi menjadi dua tahapan, dimana:

Tahap 1: merupakan proses penyerapan, yaitu memisahkan air dari aliran gas.

Tahap 2: merupakan proses regenerasi, yaitu mengembalikan konsentrasi substansi yang telah digunakan dalam

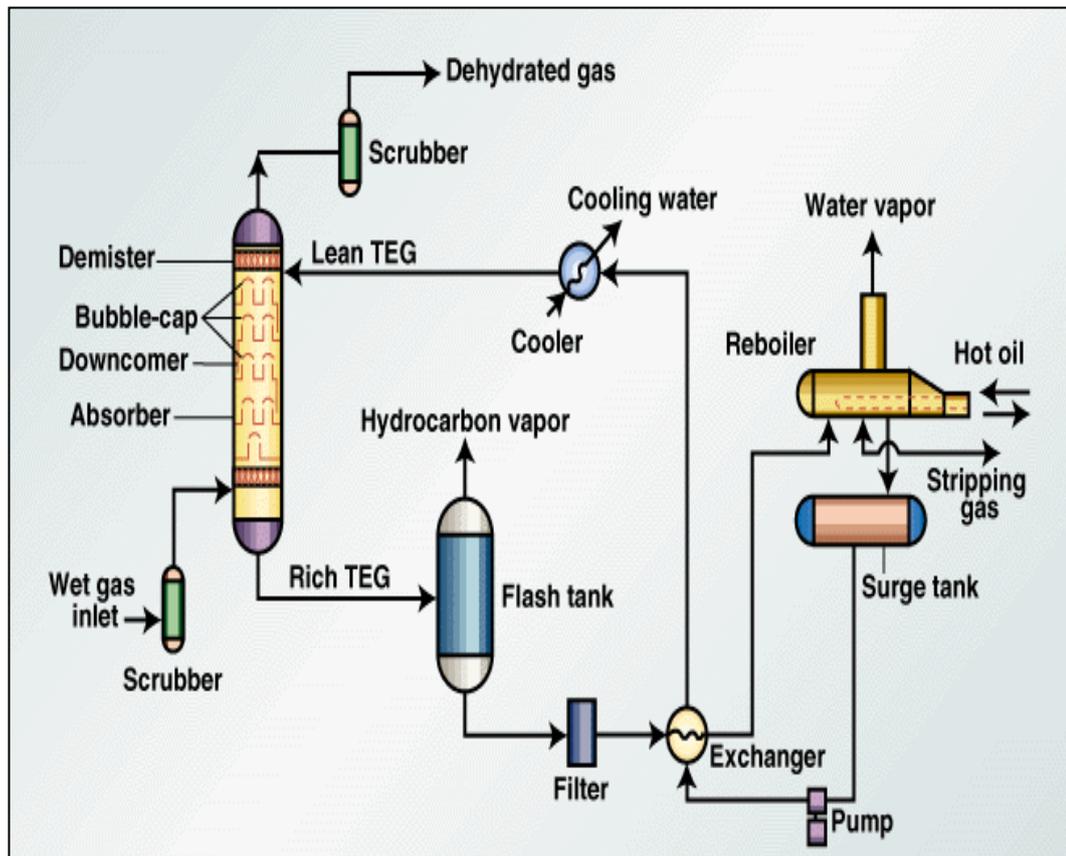
proses absorpsi pada tahap 1, yang akan digunakan kembali pada tahap 1 tersebut.

Pentingnya Proses Dehidrasi Gas karena 2 hal berikut ini:

- a. Untuk menghindari pembentukan hidrat:
 - Hidrat merupakan padatan yang terbentuk akibat bergabungnya molekul air (90%) dengan molekul-molekul hidrokarbon (10%).
 - Hidrat akan terbentuk sedikit demi sedikit dalam bentuk kristal di orifice, valve, dan pipa sehingga dapat menyebabkan penyumbatan.
 - Kondisi-kondisi yang memicu terbentuknya hidrat adalah temperatur rendah dan tekanan tinggi.
- b. Untuk menghindari masalah korosi:
 - Korosi dapat terjadi jika cairan air ada bersama dengan gas asam yang mudah larut dalam air dan membentuk larutan asam yang bersifat sangat korosif, terutama terhadap carbon steel yang merupakan bahan konstruksi yang banyak digunakan dalam fasilitas pemrosesan hidrokarbon.

d. Pemisahan Hydrocarbon (Extraction)

Setelah zat-zat yang merugikan tersebut sudah terpisahkan, maka proses selanjutnya adalah pemisahan natural gas berdasarkan penggunaannya. Natural gas pada proses terakhir ini hanya tinggal mempunyai komposisi Metana (LNG), Etana, LPG (Propana & Butana). LNG merupakan produk utama yang akan digunakan pada dunia industri seperti Power Plant, Etana akan digunakan sebagai bahan pokok dari plastik, pupuk dan refrigerant, sedangkan LPG akan digunakan sebagai energi kebutuhan rumah tangga. Prinsip pemisahan Hydrocarbon ini menggunakan Prinsip "Destilasi" dimana Metana, Etana, Propana dan Butana memiliki "Dew Point (titik kondensasi)" yang berbeda-beda



Gambar 36. Proses Dehidrasi Gas (wbsakti.files.wordpress.com, 2012)

D. Aktifitas Pembelajaran

Dalam mencapai tujuan kompetensi guru, untuk kompetensi profesional kegiatan pembelajaran 2 ini proses pembelajaran dilakukan dengan:

Aktivitas Pengantar Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok)

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

1. Apa saja yang harus dipersiapkan oleh Anda sebelum mempelajari materi pembelajaran proses pengolahan gas bumi? Sebutkan dan jelaskan!

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

2. Bagaimana Anda mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

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

3. Sebutkan topik apa saja yang akan Anda pelajari dalam kegiatan pembelajaran 2 bidang profesional grade 9 ini? Jelaskan!

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

4. Apa kompetensi yang akan dicapai oleh Anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

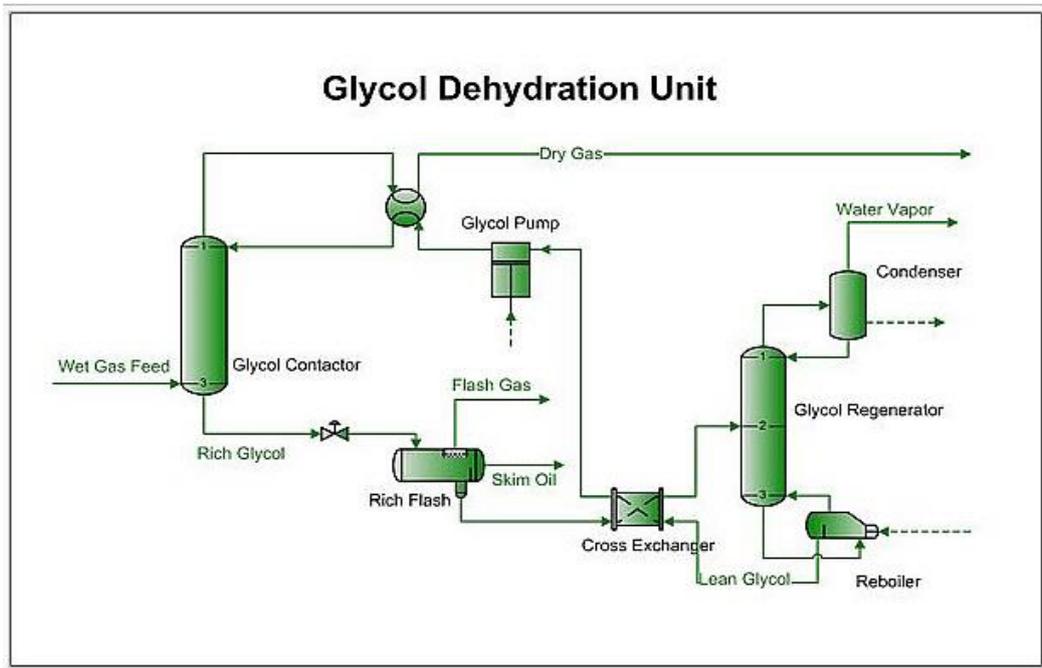
5. Apa bukti yang harus Anda perlihatkan sebagai guru kejuruan bahwa Anda telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

.....
.....

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

Aktivitas 1. Mengamati Kegiatan Proses Pengolan Gas Bumi

Anda diminta untuk mengamati Proses *Glycol Dehidration Unit* berikut ini:



Anda mungkin mempunyai cara yang berbeda dalam menjelaskan proses glycol dehidration unit, sehingga Anda dapat menjelaskan dan mendiskusikan pertanyaan berikut ini di dalam kelompok Anda (maksimal 1 kelompok 4 orang)

1. Mengapa glycol dehidration unit perlu Anda pelajari dan pahami prosesnya?Jelaskan

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

2. Menurut Anda kegiatan memahami prinsip kerja *Glycol dehydration unit* perlu pemahaman ekstra?

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

3. Apa fungsi glycol dalam proses pengolahan gas bumi?

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

Hasil diskusi dapat Anda tuliskan pada kertas plano dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Dimana kelompok lain akan menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan tambahan penjelasan dan gagasan menurut diskusi kelompoknya masing-masing.

Aktivitas 2: Mengamati Prinsip Kerja Gas Chromatography (2 JP)

Setelah Anda mencermati gambar proses gas chromatography pada materi kegiatan 2 tentang prinsip kerja dari gas chromatography, maka Anda dapat menjawab pertanyaan berikut ini:

1. Apa yang Anda ketahui tentang prinsip kerja dari gas chromatography?Jelaskan!

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

.....
.....

2. Apasaja komponen peralatan yang Anda ketahui dalam proses gas chromatography?

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

3. Mengapa proses gas chromatography merupakan hal yang perlu dibahas dalam kegiatan pembelajaran ini?Jelaskan!

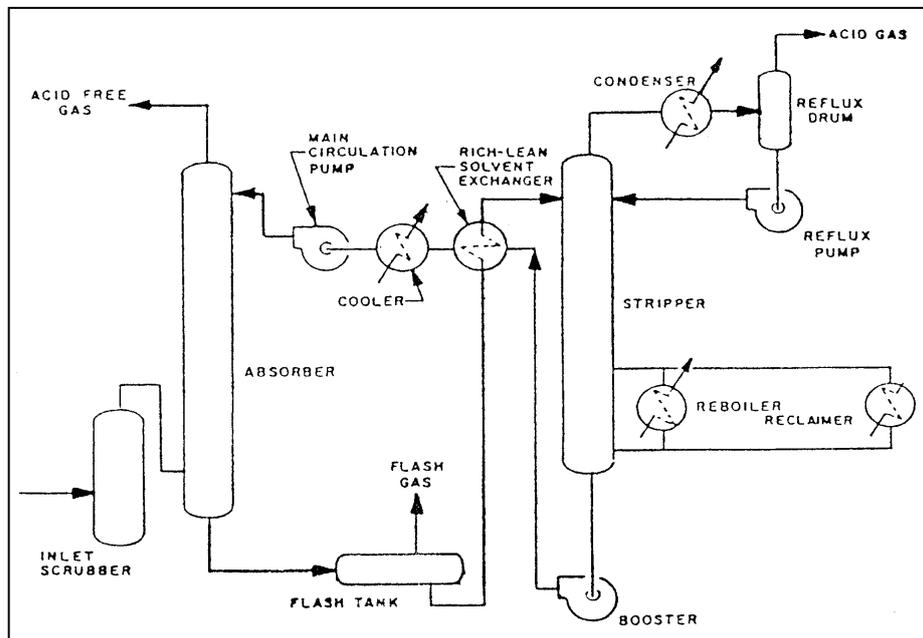
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Aktivitas 3: Mengamati Diagram Alir dari Triethylene Glycol (TEG) pada proses Absorpsi

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

Aktivitas 4: Mengamati Proses Gas Sweetening

Gambar ini merupakan proses *Amine Sweetening*, dari hasil pengamatan, Anda dapat menjawab pertanyaan berikut ini:



1. Apa yang Anda ketahui tentang Proses Gas Sweetening?

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

2. Mengapa Anda Perlu mengetahui Proses Gas Sweetening?

.....
.....

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

3. Menurut Pendapat Anda, Bagaimana kualitas Gas Sebelum dan Sesudah dilakukan Sweetening?

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

4. Coba Anda Bandingkan Sistem Kerja Gas Sweetening dengan Gas Dehydration!

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

E. Latihan Soal/Kasus/Tugas

- 1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan
 - a. Reservoir Gas kering (*Dry Gas Reservoir*)
 - b. Reservoir Gas Basah (*Wet Gas Reservoir*)
 - c. Sweet Gas
 - d. Sour Gas
- 2. Jelaskan Proses gas Chromatography !
- 3. Jelaskan Proses Absorpsi Gas !

4. Jelaskan Proses Gas Sweetening !
5. Jelaskan Proses Gas dehidrasi !
6. Jelaskan kegunaan pemisahan hidrokarbon *extraction!*

F. Rangkuman

1. Sifat fisik fluida gas terdiri dari: viskositas gas, densitas gas, spesifik gravity gas, faktor volume formasi gas, kompresibilitas gas.
2. Gas adalah suatu fluida dengan masa jenis dan viskositas rendah, sehingga mempunyai mobilitas yang tinggi (mudah mengalir) di dalam reservoir. Selain itu sifatnya yang utama adalah fluida ini akan mengisi penuh tempat apa saja. Sifat gas berbeda dengan sifat cairan, terutama karena jarak antara molekul-molekulnya lebih besar dari pada cairan.
3. Gas terdiri dari senyawa hidrokarbon dan non-hidrokarbon, senyawa karbon meliputi unsur dari metana, propana, butana, pentana, heksana, dan heptana, sedangkan non-hidrokarbon terdiri dari unsur nitrogen, karbon dioksida, hidrogen sulfida, dan helium.
4. Gas alam ditinjau dari senyawa molekul karbon hanya terdiri dari atom C₁-C₄ dalam satu molekulnya.
5. Kebanyakan komponen gas terdiri dari komponen utama yaitu metana dan prosentasenya dapat mencapai 98 % dari jumlah gas tersebut, maka gas ini dapat digolongkan dalam gas kering, gas basah, *sweet gas* dan *sour gas*.
6. *Sweet Gas* adalah gas alam yang tidak mengandung hidrokarbon sulfida (H₂S), tetapi dapat mengandung nitrogen (N₂), karbon dioksida (CO₂) atau kedua-duanya.
7. *Sour Gas* adalah gas yang banyak mengandung senyawa-senyawa sulfur seperti hidrogen sulfida (H₂S), dimana senyawa ini dapat merusak instalasi -instalasi operasi karena sifatnya yang korosif
8. Fasilitas produksi gas dipermukaan terdiri dari: *Flow Line*, Separator, Gas Dehydrator, Gas Kompresor, Gas Metering, *Gas Chromatography*, *Flare Stack*.
9. Tahapan Pemrosesan Gas meliputi:

- a. Pemisahan gas dengan liquid dan kondensat di separator
 - b. Proses *Gas Sweetening* untuk pemisahan gas dari senyawa H_2S & CO_2
 - c. Proses *Batch*
 - d. Proses Liquid dan Slurry
 - e. Proses Dehidrasi Gas
 - f. *Pemisahan Hydrocarbon (Extraction)*
10. Pemrosesan gas sweetening dapat diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu:
- a. Absorpsi: Aliran gas dilewatkan dalam suatu liquid tertentu yang dapat menyerap gas masam yang ikut dalam aliran gas.
 - b. Adsorpsi: Sering disebut dengan sistem penyerapan gas dengan sistem kering, yaitu dengan mengalirkan gas pada suatu material yang dapat menyerap gas-gas masam yang ikut dalam aliran gas tersebut.
11. Keuntungan dari proses batch sebagai berikut:
- a. Pembersihan lengkap
 - b. Investasi kapital relatif rendah
 - c. Daya tarik-menarik untuk kandungan sulfur dalam gas tinggi
 - d. Sering terjadi penghilangan pengotor sulfur organik seperti mercaptan dalam berat molekul yang lebih rendah
12. Pentingnya Proses Dehidrasi Gas karena 2 hal berikut ini:
- a. Untuk menghindari pembentukan hidrat
 - b. Untuk menghindari masalah korosi
13. Proses dehidrasi gas dibagi menjadi dua tahapan, dimana:
- Tahap 1: merupakan proses penyerapan, yaitu memisahkan air dari aliran gas.
- Tahap 2: merupakan proses regenerasi, yaitu mengembalikan konsentrasi substansi yang telah digunakan dalam proses absorpsi pada tahap 1, yang akan digunakan kembali pada tahap 1 tersebut.

14. Proses Akhir dari Tahapan pengoalahan gas adalah *Gas Extraction*, dimana gas hanya tinggal mengandung komposisi metana yang digunakan untuk LNG, Etana, Propana dan butana yang digunakan untuk LPG.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Sebutkan materi apa saja yang telah Anda peroleh pada materi kegiatan pembelajaran 2 ini?
2. Apa saja yang telah Anda lakukan yang ada hubungannya dengan materi kegiatan ini tetapi belum ditulis pada materi kegiatan ini?
3. Apa kelebihan dan kekurangan dari materi kompetensi profesional kegiatan pembelajaran 2 ini?
4. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh Anda sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi kegiatan 2 ini?Jelaskan!
5. Berapa persen kira-kira materi kegiatan ini dapat Anda kuasai?
6. Mohon Anda beri masukan terhadap isi materi kegiatan pembelajaran 2 ini?

BAB IV

PENUTUP

Demikian Modul Diklat PKB Teknik Pengolahan Minyak Gas dan Petrokimia Kelompok Kompetensi I bagi Guru Pasca UKG ini disusun. Modul ini disusun sebagai acuan bagi semua pihak yang terkait dalam pelaksanaan kegiatan pelatihan dan PKB bagi Guru dan Tenaga Kependidikan (GTK). Melalui Modul Diklat PKB Teknik Pengolahan Minyak Gas dan Petrokimia Kelompok Kompetensi I ini Penulis berharap semoga para Guru SMK Kejuruan Migas dan semua pihak terkait dapat menemukan kemudahan dalam melaksanakan UKG kelanjutan, serta dapat menambah pengetahuan dan wawasan pada bidang dan tugas masing-masing.

Modul Diklat PKB Pengolahan Minyak Gas Dan Petrokimia Kompetensi I bagi Guru pasca UKG ini merupakan bahan pelajaran atau materi yang harus dipelajari oleh Guru pasca UKG. Semoga bermanfaat dan dapat menjadi acuan bagi peserta diklat terutama untuk para Guru dan Widyaiswara/Fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan diklat pengembangan keprofesian berkelanjutan ini.

EVALUASI

Pedagogik KB.1: Kaidah Pengembangan Instrumen Penilaian dan Evaluasi Hasil Belajar

1. Salah satu bentuk tes tertulis, yang susunannya terdiri atas item-item pertanyaan yang mengandung permasalahan dan menuntut jawaban siswa melalui uraian kata-kata yang merefleksikan kemampuan berfikir siswa adalah ...
 - a. Esai
 - b. Piliha ganda
 - c. Uraian terstruktur
 - d. Menjodohkan
2. Pertanyaan esai sebagai alat pengukuran hasil belajar yang kompleks, sebaiknya mengungkap perilaku spesifik yang diperoleh dari
 - a. Proses penilaian
 - b. Hasil ujian
 - c. Pengalaman hasil belajar
 - d. Angket
3. Secara garis besar tes objektif dapat dibedakan atas
 - a. Jenis isian
 - b. Jenis pilihan
 - c. Jenis kesulitan
 - d. a dan b benar
4. Tes objektif jenis isian pada prinsipnya mencakup tiga macam tes, yaitu...
 - a. Tes jawaban bebas, tes jawaban terbatas, dan tes melengkapi.
 - b. Tes jawaban bebas, tes melengkapi, dan tes asosiasi
 - c. Tes jawaban bebas, tes jawaban terbatas, tes substitusi
 - d. Tes Melengkapi, Tes jawaban bebas, dan tes jawaban terbatas
5. Item tes jenis asosiasi sering disebut tes identifikasi karena

- a. Pada proses penilaian siswa di minta menghubungkan satu konsep lain yang sejenis.
 - b. Pada proses penilaian siswa di minta mengidentifikasi beberapa konsep lain yang sejenis.
 - c. Pada proses penilaian siswa di minta melegkapi satu konsep lain yang sejenis
 - d. Pada proses penilaian siswa di minta melengkap beberapa konsep lain yang sejenis
6. Pada kondisi tertentu, tes asosiasi dapat dipresentasikan dalam bentuk tes penampilan dengan menggunakan metode ...
- a. Bermain peran
 - b. Demonstrasi
 - c. Brainstorming
 - d. Tanya jawab
7. Item pilihan ganda pada prinsipnya terdiri atas ...
- a. Pokok soal dan sub pokok soal
 - b. Pokok soal dan pengecoh
 - c. Pokok soal dan pilihan jawaban
 - d. Pilihan jawaban dan pengecoh
8. Soal pilihan ganda dapat diskor dengan mudah, cepat, dan memiliki ...
- a. Subjektivitas yang tinggi
 - b. Kontinuitas yang tinggi
 - c. Ketelitian yag tinggi
 - d. Objektivitas yang tinggi
9. Rumusan pokok soal pada item pilihan berganda sebaiknya ...
- a. Jelas dan tegas

- b. Panjang dan tegas
 - c. Jelas dan panjang
 - d. Tegas dan memiliki fokus
10. Berdasarkan kaidah penulisan soal, maka setiap soal harus menggunakan bahasa yang sesuai dengan ...
- a. Kaidah yang baik
 - b. Kaidah bahasa indonesia
 - c. Kaidah penyusunan soal
 - d. Kaidah penyempurnaan butir soal

Pedagogik KB.2 : Penyusunan Kisi-kisi dan Soal

1. Untuk memudahkan guru dalam penyusunan tes maka diperlukan ...
 - a. Analisis silabus
 - b. Kisi-kisi soal
 - c. Indikator
 - d. Kompetensi dasar
2. Kompetensi dasar harus memiliki nilai terapan tinggi dalam pekerjaan di dunia usaha atau kehidupan sehari-hari. Pernyataan ini menunjukkan bahwa kompetensi dasar tersebut memiliki kriteria ...
 - a. Keterpakian
 - b. Urgenitas
 - c. Relevansi
 - d. Kontinuitas
3. Perhatikanlah pernyataan-pernyataan di bawah ini :
 1. Membuat daftar kompetensi dasar yang akan di uji
 2. Menganalisis silabus
 3. Menentukan indicator
 4. Menganalisis materi
 5. Menentukan jenis tagihan, bentuk dan jumlah butir soal

6. Menentukan kompetensi dasar yang akan diuji

Manakah yang merupakan langkah-langkah dalam mengembangkan kisi-kisi soal?

- a. 1, 2, dan 3
- b. 2, 3, dan 4
- c. 3, 4, dan 5
- d. 3, 5, dan 6

4. Manakah pernyataan di bawah ini yang merupakan syarat kisi-kisi yang baik?

- 1. Mewakili isi kurikulum/kemampuan yang diuji
- 2. Komponen-komponen rinci, jelas dan mudah dipahami
- 3. Memiliki petunjuk umum tentang pelaksanaan tes
- 4. Soal-soalnya dapat dibuat berdasarkan indicator
- 5. Memiliki jenis tagihan, bentuk dan jumlah butir soal.

- a. 1, 2, dan 3
- b. 2, 3, dan 4
- c. 1, 3, dan 5
- d. 1, 2, dan 4

5. Pertimbangan yang harus diperhatikan seorang guru dalam menentukan penyebaran soal adalah ...

- a. Karakteristik dari kompetensi dasar
- b. Karakteristik dari kompetensi inti
- c. Karakteristik dari materi ajar
- d. Karakteristik dari silabus

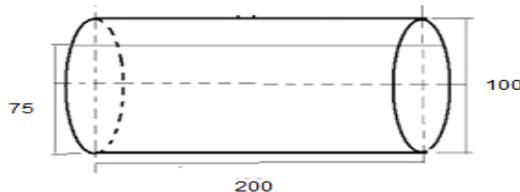
6. Proses menterjemahkan kisi-kisi dalam bentuk operasional merupakan ...

- a. Kegiatan analisis tingkat kesulitan
 - b. Kegiatan identifikasi kompetensi dasar
 - c. Kegiatan penyusunan soal
 - d. Kegiatan indentifikasi indicator
7. Tes hasil belajar aspek kognitif berbrntuk ...
- a. Tertulis
 - b. Lisan
 - c. Essay
 - d. Objektif
8. Bentuk soal aspek psikomotorik adalah untuk mengamati ...
- a. Proses pembelajaran
 - b. Produk pembelajaran
 - c. Persiapan pembelajaran
 - d. Unjuk kerja
9. Teknik pengukuran dan evaluasi belajar ranah afektif lebih tepat menggunakan
- a. Teknik tes
 - b. Non tes
 - c. unjuk kerja
 - d. Portofolio
10. Sebuah tes dikatakan valid jika ia ...
- a. Dapat dipercaya
 - b. Memiliki skor yang relative sama meskipun dilakukan berulang-ulang
 - c. Memang mengukur apa yang seharusnya diukur
 - d. Memberikan peluang untuk menjawab benar

Profesional KB.1: Pengoperasian Tangki Timbun Minyak dan Gas Bumi

1. Berikut ini jenis tangki timbun minyak bumi yang bekerja pada tekanan 2,5 sampai dengan 15 psig adalah ...
 - a. *Low Pressure Tank*
 - b. *Medium Pressure Tank*
 - c. *High Pressure Tank*
 - d. *Vertikal Tank*
2. Jenis tangki berikut ini merupakan jenis tangki silindris tegak atap tetap berupa kerucut yang sering disebut ...
 - a. *Fixed Cone Roof*
 - b. *Fixed Dome Roof*
 - c. *Spheroidal Tank*
 - d. *Floating Roof Tank*
3. Material *insulation* yang biasa digunakan dalam konstruksi tangki timbun minyak bumi adalah ...
 - a. Fibrous, cellular, metal dan non metal
 - b. Metal, non metal, granular dan *coal tar*
 - c. *Fibrous, cellular, rubber lining* dan *galvanized*
 - d. *Fibrous, cellular, granular dan reflective*
4. Berikut ini merupakan faktor yang tidak mempengaruhi terjadinya penguapan dan turunnya berat adalah ...
 - a. Tekanan uap dari produk yang disimpan
 - b. Tekanan *Storage Tank*
 - c. Agitasi dari produk yang disimpan
 - d. Tekanan bubble point
5. Berikut ini merupakan pertimbangan penggunaan metode innage dalam mengukur volume tangki, yaitu:

- a. cocok untuk minyak berat
 - b. untuk reference point sempurna
 - c. cocok untuk minyak ringan
 - d. kurang tepat untuk mengukur freewater
6. Jika sebuah tangki timbun minyak bumi berbentuk tabung terisi penuh dengan diameter tabung 150 cm, tinggi tabung 500 cm, maka volume tangki tersebut adalah ...
- a. 8820,52 liter
 - b. 8825,25 liter
 - c. 8831,25 liter
 - d. 8841,35 liter
7. Tangki Timbun dalam kondisi tidak terisi penuh seperti terlihat pada gambar berikut ini, maka volume tangki tersebut adalah ...



- a. 1263,174 liter
 - b. 1265, 165 liter
 - c. 1264,170 liter
 - d. 1268,178 liter
8. Faktor-faktor yang mempengaruhi sistem penimbunan gas yang dicairkan adalah ...
- a. Jumlah gas yang akan disimpan
 - b. Tekanan dan temperatur cairan
 - c. Tekanan dan temperatur gas
 - d. Sifat fisik gas
9. Macam-macam tangki timbun dengan sistem refrigerated adalah :

- a. Triple wall tank
 - b. Simple wall tank
 - c. Concrete tank (beton)
 - d. Multiple tank
10. Tangki bertekanan rendah dan mampu menyimpan produk pada temperatur sampai -51 °C (-60 °F) adalah ...
- a. Double wall metal tank
 - b. Single wall metal tank
 - c. Triple wall metal tank
 - d. Concrete tank

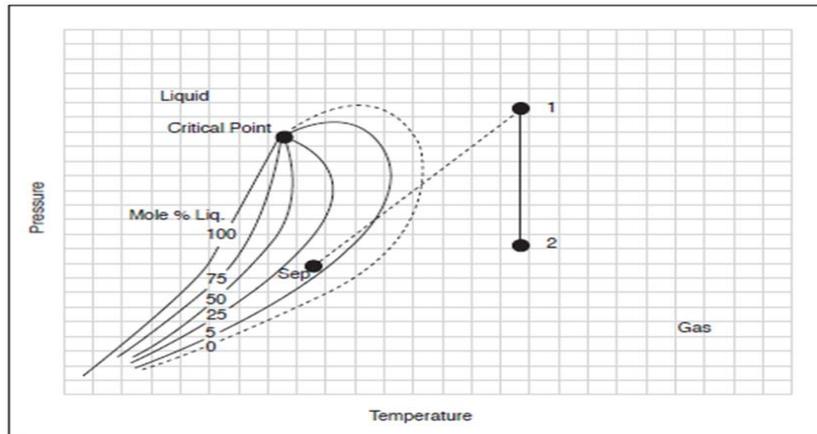
Evaluasi Profesional KB.2: Proses Pengolahan Gas Bumi

1. Berikut ini yang termasuk kedalam sifat fisik gas bumi adalah ...
 - a. Viskositas gas, densitas gas, spesifik gravity gas, kompresibilitas gas
 - b. Viskositas gas, kelarutan gas dalam minyak, resistivity gas, GOR
 - c. Viskositasgas, kompresibilitas gas, Pb, Rs
 - d. Viskositas gas, faktor volume formasi gas, Densitas gas, resistivity gas

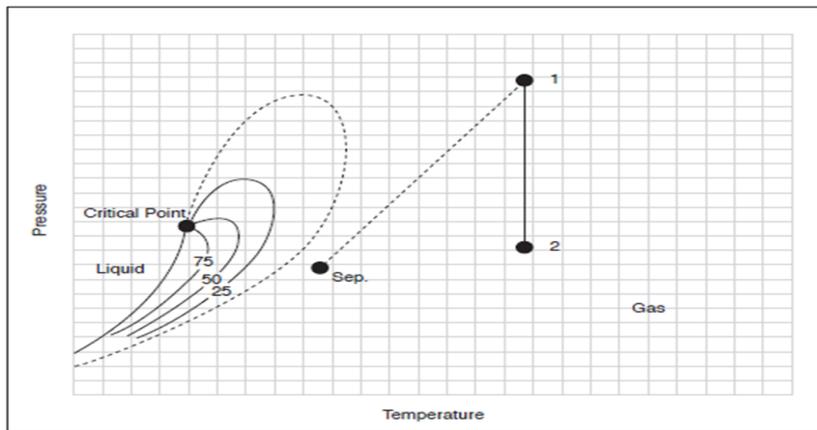
2. Komponen non-hidrokarbon yang terdapat di dalam gas bumi adalah ...
 - a. Metana, Etana, Propana, Butana
 - b. N₂, CO₂, H₂O, CH₄
 - c. CaCO₃, Metana, Etana, Butana
 - d. N₂, CO₂, H₂S, He

3. Secara teoritikal gas kering adalah ...
 - a. Gas yang dipermukaan mengandung cairan
 - b. Gas yang dipermukaan tidak menghasilkan liquid
 - c. Gas yang terbentuk berasal dari reservoir minyak
 - d. Gas yang dalam kondisi separator mengandung liquid

4. Gambar berikut ini merupakan diagram biner untuk fasa ...
 - a. Volatil oil
 - b. Black oil
 - c. Wet Gas
 - d. Dry Gas



5. Gambar berikut ini merupakan diagram biner untuk fasa ...



- a. Volatil oil
- b. Black oil

- c. Wet Gas
- d. Dry Gas

DAFTAR PUSTAKA

- Amyx, J.W., Bass D.M. Jr, Whitting R.L. 1960, "*Petroleum Reservoir Engineering*", MC Graw-Hill Classic Text Book Reissue Series, Texas
- Arifin & Zainal. 2009. *Evaluasi Pembelajaran*, Bandung: Remaja Rosdakarnya.
- Arnold K, Stewart M., *Surface Production Operations: Design of Oil Handling Systems and Facilities*, Vol. 1, Gulf Publishing Company, Houston, 1986.
- Arnold K, Stewart M., *Surface Production Operations: Design of Gas-Handling Systems and Facilities* : Vol. 2, Gulf Publishing Company, Houston, 1989.
- Budi Susetyo. 2015. *Prosedur Penyusunan & Analisis Tes untuk Penilaian Hasil Belajar Bidang Kognitif*. Bandung : Rafika Aditama
- Bradley H.B., "*Petroleum Engineering Handbook*", Third Printing, Society of Petroleum Engineers, Richardson TX, 1987.
- Craft, B.C., Hawkins, M., "*Applied Petroleum Reservoir Engineering*", Revised by Terry, R.E., Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ (1991).
- Dale. B.H., "*Gas Production Operations*", OGCI Publications, Tulsa, 1984.
- Daryanto. 2008. *Evaluasi Pendidikan*, Jakarta: Rineka Cipta.
- Ikoku C.U., "*Natural Gas Enngineering: A Systems Approach*", Penn Well Publishing Company, Tulsa-Oklahoma, 1980.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, "*Peralatan Proses Dan Utilitas*", Jakarta, 2013."
- Koyan, I Wayan. 2004. *Konsep Dasar dan Teknik Evaluasi Hasil Belajar*. Singaraja : IKIP Negeri Singaraja

- Kumaidi. 2008. *Konstruksi Instrumen*. Bahan Kuliah Pascasarjana UNY. Unpublished.
- Majid, Abdul. 2011. *Perencanaan Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- McCain_W., " *Properties of Petroleum Fluids*", 2nd Edition, Peenwell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1990.
- Mc. Graw., " *Physical Properties*", Hill Book Company, New York, USA-Toronto Cabda-London, England.
- Mian M.A., " *Petroleum Engineering Handbook for Practicing Engineer*", Vol.1, Penn Well Publishing Company, Tulsa-Oklahoma, 1992.
- Mimin. 2009. *Model Dan Teknik Penilaian Pada Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta: Gaung Persada Press.
- Muri Yusuf. 2015. *Asesmen dan Evaluasi Pendidikan*. Jakarta : Prenadamedia
- nn., " *Gas Processors Suppliers Association (GPSA)*", Tulsa, Oklahoma, 2004
- PT. Chevron Pacific Indonesia, " *Introduction Oil and Gas Industries*": Slide, Indonesia, 2010
- Purwanto, *Evaluasi hasil Belajar*, Yogyakarta: pustaka pelajar, 2009 Haryati
- Richardson, *Petroleum Engineering Handbook*, Society of Petroleum engineers, TX. USA. 1992
- R.S. Rubiandini, Rudi., " *Diktat Kuliah Peralatan Eksploitasi Migas*". ITB, Bandung. 2001
- R.S. Rubiandini, Rudi., " *Gas Processing: Modul Kursus*", ITB, Bandung, 2010
- R.S. Rubiandini, Rudi., " *Tangki Timbun Minyak Bumi dan Gas Bumi: Modul Kursus*", ITB, Bandung, 2010.
- Yusuf Sulthan., " *Mengukur Isi Tangki Bulat/Tabung: Artikel*", Jakarta, 2009

LAMPIRAN

Kunci Jawaban Latihan Soal Kb.1: Tangki Timbun Minyak Dan Gas Bumi

1. Jenis tangki timbun minyak bumi berdasarkan tekanan kerjanya yaitu: *Atmospheric Tank, Low Pressure tank, Medium Pressure Tank, High Pressure Tank*. Jenis tangki timbun berdasarkan bentuknya terdiri dari: Sphere/spheroid tank terdiri dari spherical tanks dan spheroidal tank, Tangki Horizontal, Tangki Vertikal.
2. *Perbedaan Fixed Roof (Atap Tetap) dan Floating Roof Tank*

Fixed Roof (Atap Tetap)

Tangki ini mempunyai kapasitas 500 barrel dan bahkan lebih dan dilengkapi dengan suatu *frangible roof* (dirancang untuk pertimbangan keselamatan pada saat melepas sambungan las jika terjadi kelebihan tekanan dalam), yang mana desain tekanan dinding tidak melebihi tekanan ekuivalen dari berat total atap, termasuk penyangga.

Jenis *Fixed Roof* terbagi lagi dalam beberapa Jenis berikut:

- a. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kubah (*Fixed Dome Roof*)
- b. Tangki Silindris Tegak Atap Tetap Kerucut (*Fixed Cone Roof*)

Floating Roof (Atap Terapung)

Tangki jenis ini terutama digunakan untuk menyimpan fluida pada tekanan mendekati tekanan atmosfer.

Floating roof didesain untuk bergerak secara vertikal dalam dinding tangki agar dapat memberikan ruang minimum yang konstan antara permukaan cairan dalam tangki dan atap.

3. Dua faktor penyebab terjadinya losses yaitu Faktor Aktual dan Faktor Appearance. **Faktor Aktual** meliputi: penguapan, kebocoran pada pipa alir pembuangan air, drain, pencurian dan adanya pipa yang pecah. Sedangkan **Faktor Appearance** yang meliputi dua faktor Random Error dan Sistematis Error, dimana untuk random error meliputi faktor akibat kesalahan manusia (pekerjanya) dan kesalahan alat yang sedang digunakan, sedangkan untuk sistematis error disebabkan oleh kesalahan prosedur, kesalahan sistem dan pelaksanaan yang kurang paham.
4. Diketahui pada soal diameter tangki berbentuk tabung 180 cm dan tinggi 600 cm, maka volume tangki dengan menggunakan persamaan matematis dapat dihitung sebagai berikut:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t = 3,14 \times (180/2)^2 \times 600 = 15.260.400 \text{ cm}^3 = 15.260,4 \text{ Liter}$$

5. Perbedaan Metode innage dengan ullage sebagai berikut:

Metode Innage (API-2545 Or ASTM - D 1085)

Metode innage dapat dilakukan dengan syarat:

- a. Pengukuran tinggi cairan diukur dari permukaan sampai ke meja ukur.
- b. Pada saat bersamaan dapat juga diukur tinggi air dalam tangki dengan menggunakan pasta minyak/air
- c. Tidak ada endapan di dasar tangki

Tahapan Pengukuran volume tangki dengan metode innage:

- a. Siapkan peralatan yang diperlukan:
 - Measuring Deept Tape.
 - Pasta minyak dan pasta air
 - Majun (kain lap pembersih)
 - Menuju ke tangki yang akan di ukur
- b. Konfirmasi perkiraan tinggi minyak, dapat dibaca di automatic *tank* gauging, sebelum naik ke tangki

- c. Naik ke atas tangki, perhatikan factor keselamatan
- d. Perhatikan arah angin, berdiri di tempat yang aman dan buka penutup lubang ukur
- e. Baca Reference deept
- f. Lakukan pengukuran
 - ✓ Oleskan pasta air pada skala measuring deept tape yang diperkirakan, kemudian turunkan measuring deept tape perlahan-lahan sedemikian rupa
 - ✓ Oleskan pasta minyak pada skala measuring deept tape yang diperkirakan sedemikian rupa
 - ✓ Turunkan Measuring deept tape sampai bob menyentuh meja ukur, tetapi pita tetap tegang
 - ✓ Tunggu sejenak:
 - a. Minyak ringan : 5 -10 detik.
 - b. Minyak diese : 10-30 detik
 - c. Minyak berat & crude : 30-60 detik
 - ✓ Tarik / gulung ke atas dan baca *Cut Point* batas permukaan minyak
 - ✓ Teruskan gulung dan baca cut point batas permukaan free water Lakukan minimal 2 kali sampai mendapatkan angka identik dan catat pada *tank ticket*

Metode Ullage dapat dilakukan dengan syarat:

- a. Pengukuran tinggi cairan dengan jalan mengukur tinggi ruang kosong, mulai dari reference deep sampai level cairan
- b. Pita ukur atau bandul ditenggelamkan sebagian pada cairan
- c. Ujung pita ukur dibasahi pasta minyak

Tahapan Pengukuran volume tangki dengan metode Ullage:

- 1) Siapkan peralatan yang diperlukan:
 - a) Measuring Deept Tape.
 - b) Pasta minyak dan pasta air
 - c) Majun (kain lap pembersih)
 - d) Menuju ke tangki yang akan di ukur,
- 2) Konfirmasi perkiraan tinggi minyak, dapat dibaca di *automatic tank gauging*, sebelum naik ke tangki.
- 3) Naik ke atas tangki, perhatikan factor keselamatan
- 4) Perhatikan arah angin, berdiri di tempat yang aman dan buka penutup lubang ukur.
- 5) Baca *Refference deept*
- 6) Lakukan pengukuran tinggi cairan:
 - a. Hitung tinggi ruang kosong (reference deept – perkiraan tinggi minyak)
 - b. Oleskan pasta minyak pada skala bob measuring deept tape yang diperkirakan akan tercelup cairan, kemudian turunkan measuring deept tape perlahan-lahan sedemikian rupa.
 - c. Hentikan penurunan measuring deept tape tepat di reference point, pada perkiraan ketinggian ruang kosong. (gunakan skala bulat pada measuring deept tape)
 - d. Tunggu sejenak:
- 2) Minyak ringan : 5 -10 detik.
- 3) Minyak diesel : 10-30 detik
- 4) Minyak berat & crude : 30-60 detik.
 - a. Tarik / gulung keatas dan baca Cut Point batas permukaan minyak,
 - b. Lakukan minimal 2 kali sampai mendapatkan angka identik dan catat pada *tank ticket* hasil pengukuran yaitu: Skala Measuring deept tape pada reference poin saat berhenti melakukan pengukuran dikurang skala bob deept tape yang tercelup cairan.

Kunci Jawaban Latihan Soal Profesional KB.2 Kompetensi I: Proses Pengolahan Gas Bumi

1. **Reservoir Gas kering (Dry Gas Reservoir)** : pada kondisi reservoir maupun pada kondisi permukaan fasa tetap dalam keadaan gas. Gas alam jenis ini umumnya terdiri dari metana dengan sejumlah kecil ethana dan kemungkinan propana.

Reservoir Gas Basah (Wet Gas Reservoir) : pada kondisi reservoir fluida tetap dalam keadaan fasa gas, akan tetapi pada kondisi tekanan separator di permukaan terdapat dua fasa fluida gas dan cairan, cairan ini disebut juga gas kondensat.

Sweet Gas adalah gas alam yang tidak mengandung hidrokarbon sulfida (H_2S), tetapi dapat mengandung nitrogen (N_2), karbon dioksida (CO_2) atau kedua-duanya. Kandungan ini harus kita ketahui besar persentasenya karena akan mempengaruhi besarnya harga kompresibilitas gas (Z).

Sour Gas adalah gas yang banyak mengandung senyawa-senyawa sulfur seperti hidrogen sulfida (H_2S), dimana senyawa ini dapat merusak instalasi - instalasi operasi karena sifatnya yang korosif.

2. *Gas Chromatography* adalah proses pemisahan campuran menjadi komponen- komponennya dengan menggunakan gas sebagai fasa bergerak yang melewati suatu lapisan serapan (*sorben*) yang diam.

Pada Prinsipnya, pemisahan Kromatografi Gas disebabkan oleh perbedaan dalam kemampuan distribusi analit diantara fasa gerak dan fasa diam di dalam kolom pada kecepatan dan waktu yang berbeda.

3. **Proses Absorpsi**

Gas diproduksi dari sumur terdiri dari campuran liquid yang mana harus dihilangkan untuk mencegah korosi dan *hydrate* pada sistem perpipaan. Proses pengeringan gas paling sering digunakan adalah *glycol dehydration process* yang mana *Triethylene Glycol* (TEG) akan menyerap gas basah didalam absorber.

Glycol TEG yang mempunyai *specific gravity* lebih besar daripada gas basah, masuk dari bagian atas absorber dan menggenangi *tray* bagian atas. Jika *tray* sudah penuh sampai batas *weir*, maka glycol TEG akan melimpah ke *downcomer* menuju *tray* yang di bawahnya, dan seterusnya sampai pada *tray* bagian bawah.

Gas yang masuk dari bagian bawah absorber akan melalui celah-celah di *bubble cap* dan menabrak lagi *tray* yang di bagian atasnya sampai pada *tray* bagian paling atas sehingga menembus *mist extractor* dan keluar pada bagian puncak absorber. Gas yang keluar dari puncak absorber ini disebut *dry gas*.

4. Proses Gas Sweetening (H₂S & CO₂ Removal)

Gas Sweetening adalah pemisahan antara natural gas dengan H₂S & CO₂, karena H₂S mempunyai sifat asam yang bisa membuat pipa ataupun tangki menjadi korosi, sedangkan CO₂ akan membuat unit pengolahan menjadi plug atau tersumbat ketika CO₂ bereaksi dengan H₂O yang akan membentuk asam karbonat H₂CO₃.

Pemrosesan gas sweetening dapat diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu:

- 1) Absorpsi : Aliran gas dilewatkan dalam suatu luida tertentu yang dapat menyerap gas-gas masam yang ikut dalam aliran gas.
- 2) Adsorpsi: Sering disebut dengan sistem penyerapan gas dengan sistem kering, yaitu dengan mengalirkan gas pada suatu material yang dapat menyerap gas-gas masam yang ikut dalam aliran gas tersebut.

5. Proses dehidrasi gas adalah pemisahan natural gas dengan uap air (H₂O), pada step pertama (separator) terdapat proses pemisahan gas dengan liquid (minyak, condensate dan air) hanya saja pada step tersebut belum memisahkan natural gas dengan air secara sempurna sehingga natural gas yang keluar dari separator tersebut masih dalam bentuk "Gas Basah" yang mengandung air. Air ini harus dihilangkan karena bisa mengakibatkan korosi dan penyumbatan pada unit pengolahan. Prinsip pemisahan pada Gas

Dehydration ini pada umumnya menggunakan proses kimiawi dengan menggunakan Glycol (absorption) atau menggunakan solid desiccants (adsorption).

6. Pemisahan Hidrokarbon *Extraction* adalah pemisahan natural gas berdasarkan penggunaannya. Natural gas pada proses terakhir ini hanya tinggal mempunyai komposisi Metana (LNG), Etana, LPG (Propana & Butana). LNG merupakan produk utama yang akan digunakan pada dunia industri seperti Power Plant, Etana akan digunakan sebagai bahan pokok dari plastik, pupuk dan refrigerant, sedangkan LPG akan digunakan sebagai energi kebutuhan rumah tangga. Prinsip pemisahan Hydrocarbon ini menggunakan Prinsip “Destilasi” dimana Metana, Etana, Propana dan Butana memiliki “Dew Point (titik kondensasi)” yang berbeda-beda.

Kunci Jawaban Evaluasi Pedagogik KB.1 KOMPETENSI I

1. A
2. C
3. D
4. B
5. A
6. B
7. C
8. D
9. A
10. B

Kunci Jawaban Evaluasi Pedagogik KB.2 KOMPETENSI I

1. B
2. A
3. D
4. D
5. A
6. C
7. A

8. D
9. B
10. C

**Kunci Jawaban Evaluasi Profesional KB.1 KOMPETENSI I :
Tangki Timbun Minyak dan Gas Bumi**

1. B
2. A
3. D
4. D
5. C
6. C
7. A
8. B
9. C
10. B

**Kunci Jawaban Evaluasi Profesional KB.2 KOMPETENSI :
Proses Pengolahan Gas Bumi.**

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

Tabel 1. Spesifikasi API untuk Dimensi *Shop-Welded Tanks*

Nominal Capacity (bbl)	Design Pressure (oz/sq in.)		Approximate Working Capacity** (bbl)	OD		Height (ft)
	Pressure	Vacuum		(ft)	(in.)	
90	16	1/2	72	7	11	10
100	16	1/2	79	9	6	8
150	16	1/2	129	9	6	12
200	16	1/2	166	12	0	10
210	16	1/2	200	10	0	15
250	16	1/2	224	11	0	15
300	16	1/2	266	12	0	15
400	16	1/2	366	12	0	20
500	8	1/2	479	15	6	16
Tolerance (all sizes)				± 1/8 in.		± 3/8 in.

Height of Overflow Connection*		Height of Walkway Lugs		Location of Fill-Line Connection (in.)	Size of Connections (in.)	
(ft)	(in.)	(ft)	(in.)		C1,2,3,7	C4,5,6
9	6	7	7	14	3	3
7	6	5	7	14	3	3
11	6	9	7	14	3	3
9	6	7	7	14	3	4
14	6	12	7	14	3	4
14	6	12	7	14	4	4
14	6	12	7	14	4	4
19	6	17	7	14	4	4
15	6	13	7	14	4	4
± 1/8 in.		± 1/8 in.		± 1/8 in.		

Tabel 2. Persyaratan Untuk Kapasitas *Thermal Venting*

1		Thermal Venting Capacity (cubic feet of free air ^b per hour)		
		2 ^c	Outbreathing (Pressure)	
			3 ^d	4 ^e
Tank Capacity (bbl)	(gal)	Inbreathing (vacuum)	Flash Point ≥ 100°F	Flash Point < 100°F
60	2,500	60	40	60
100	4,200	100	60	100
500	21,000	500	300	500
1,000	42,000	1,000	600	1,000
2,000	84,000	2,000	1,200	2,000
3,000	126,000	3,000	1,800	3,000
4,000	168,000	4,000	2,400	4,000
5,000	210,000	5,000	3,000	5,000
10,000	420,000	10,000	6,000	10,000
15,000	630,000	15,000	9,000	15,000
20,000	840,000	20,000	12,000	20,000
25,000	1,050,000	24,000	15,000	24,000
30,000	1,260,000	28,000	17,000	28,000
35,000	1,470,000	31,000	19,000	31,000
40,000	1,680,000	34,000	21,000	34,000
45,000	1,890,000	37,000	23,000	37,000
50,000	2,100,000	40,000	24,000	40,000
60,000	2,520,000	44,000	27,000	44,000
70,000	2,940,000	48,000	29,000	48,000
80,000	3,360,000	52,000	31,000	52,000
90,000	3,780,000	56,000	34,000	56,000
100,000	4,200,000	60,000	36,000	60,000
120,000	5,040,000	68,000	41,000	68,000
140,000	5,880,000	75,000	45,000	75,000
160,000	6,720,000	82,000	50,000	82,000
180,000	7,560,000	90,000	54,000	90,000

^a Interpolate for intermediate tank sizes. Tanks with a capacity of more than 180,000 bbl require individual study.

^b At 14.7 psia and 60°F.

^c For tanks with a capacity of 20,000 bbl or more, the requirements for the vacuum condition are very close to the theoretically computed value of 2 cu ft of air/hr-sq ft of total shell and roof area. For tanks with a capacity of less than 20,000 bbl, the requirements for the vacuum condition have been based on 1 cu ft free air/hr-bbl of tank capacity. This is substantially equivalent to a mean rate of vapor-space-temperature change of 100°F per hour.

^d For stocks with a flash point of 100°F or above, the outbreathing requirement has been assumed to be 60% of the inbreathing requirement. The tank roof and shell temperatures cannot rise as rapidly under any condition as they can drop, for example, during a sudden cold rain.

^e For stocks with a flash point below 100°F, the outbreathing requirement has been assumed to be equal to the inbreathing requirement to allow for vaporization at the liquid surface and for the higher specific gravity of the tank vapors.

**Tabel 3. Laju Total Venting Darurat
(Untuk Nonrefrigerated Aboveground Tanks)**

Wetted Area** (sq ft)	Venting Requirement (cu ft free air [†] /hr)	Wetted Area** (sq ft)	Venting Requirement (cu ft free air [†] /hr)
20	21,000	350	288,000
30	31,600	400	312,000
40	42,100	500	354,000
50	52,700	600	392,000
60	63,200	700	428,000
70	73,700	800	462,000
80	84,200	900	493,000
90	94,800	1000	524,000
100	105,000	1200	557,000
120	126,000	1400	587,000
140	147,000	1600	614,000
160	168,000	1800	639,000
180	190,000	2000	662,000
200	211,000	2400	704,000
250	239,000	2800	742,000
300	265,000	>2800 [‡]	—

*Interpolate for intermediate values. The total surface area does not include the area of ground plates but does include roof areas less than 30 ft above grade.

**The wetted area of the tank or storage vessel shall be calculated as follows. For spheres and spheroids, the wetted area is equal to 55% of the total surface area or the surface area to a height of 30 ft, whichever is greater. For horizontal tanks, the wetted area is equal to 75% of the total surface area. For vertical tanks, the wetted area is equal to the total surface area of the shell within a maximum height of 30 ft above grade.

[†] At 14.7 psia and 60°F.

[‡] For wetted surfaces larger than 2,800 sq ft, see section on tanks without weak roof-to-shell attachment.