KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

# MODUL GURU PEMBELAJAR

## Paket Keahlian

# Teknik Pengolahan Minyak dan Gas

**Pedagogik : Penelitian Tindakan Kelas**
**Profesional : Analisis Sistem Pemprosesan Gas Bumi**

**KELOMPOK KOMPETENSI**

**J**

MODUL GURU PEMBELAJAR

## Paket Keahlian

# Teknik Pengolahan Minyak dan Gas


**Penyusun :**

**Nurul Arifin, M.Sc**
**SMKN 3 Mandau**
**nurularipin776**
**085265959270**

**Reviewer :**

**Novia Rita, ST., MT**
**T. Minyak UIR Riau**
**nova_rita02@yahoo.com**
**No. HP**



**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 melaksakan 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, Maret 2016
Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata,
Ph.D,
NIP 19590801 198503 1002

# DAFTAR ISI


KATA PENGANTAR ..... i
DAFTAR ISI ..... ii
DAFTAR GAMBAR ..... iv
DAFTAR TABEL ..... v
**BAB I** ..... 1
**PENDAHULUAN** ..... 1
A. Latar Belakang ..... 1
B. Tujuan ..... 2
C. Peta Kompetensi ..... 2
D. Ruang Lingkup ..... 3
E. Saran Cara Penggunaan Modul ..... 3
**BAB II** ..... **5**
**KOMPETENSI PEDAGOGIK** ..... 5
A. Tujuan ..... 5
B. Indikator Pencapaian Kompetensi ..... 5
C. Uraian Materi ..... 5
D. Aktivitas Pembelajaran ..... 19
E. Latihan/Kasus/Tugas ..... 20
F. Rangkuman ..... 20
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut ..... 21
H. Kunci Jawaban ..... 21
I. Evaluasi ..... 22
**BAB III** ..... **47**
**KOMPETENSI PROFESIONAL** ..... 47
A. Tujuan ..... 47
B. Indikator Pencapaian Kompetensi ..... 47
C. Uraian Materi ..... 48
D. Aktivitas Pembelajaran ..... 125

E. Latihan/Kasus/Tugas ..... 128
F. Rangkuman ..... 130
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut ..... 130
H. Kunci Jawaban ..... 133
I. Evaluasi ..... 139
**BAB IV ..... 139**
**PENUTUP ..... 142**
**DAFTAR PUSTAKA ..... 144**

# DAFTAR GAMBAR


| Gambar | Judul | Halaman |
|---|---|---|
| 2.1 | Siklus Kegiatan PTK | 24 |
| 3.1 | Sparator | 48 |
| 3.2 | Penggolongan bahan bakar berdasarkan temperatur | 53 |
| 3.3 | Prinsip Pemisahan | 57 |
| 3.4 | Proses Pemisahan Fluida Didalam Separator | 58 |
| 3.5 | Linde-Sinle Column Air Separation | 60 |
| 3.6 | Linde-Double Column Air Separation | 61 |
| 3.7 | Prinsip Kerja Permeable Membrane | 63 |
| 3.8 | Membrane Air Separation | 64 |
| 3.9 | *Separator* vertical 2 fase | 66 |
| 3.10 | Separator Tegak 3 Phasa | 66 |
| 3.11 | Bagian – bagian dari *Separator* Vertikal | 67 |
| 3.12 | Prinsip pengoperasian *Separator* Vertikal | 68 |
| 3.13 | Bagian – bagian *Separator* Horizontal | 70 |
| 3.15 | Cara pemesangan *Separator* horizontal | 71 |
| 3.14 | Separator Horizontal dua fase | 71 |
| 3.16 | Separator Horizontal tiga fase | 72 |
| 3.17 | Bagian – bagian Separator Bulet (*separator spherical)* | 73 |
| 3.18 | Skematik dari *separator spherical* | 73 |
| 3.19 | Bagian – bagian utama dari Separator | 76 |
| 3.20 | Grafik Hubungan P – V Pada T Konstan | 78 |
| 3.21 | Ilustrasi dan Grafik Hubungan V – T Pada P Konstan | 79 |
| 3.22 | Grafik dan Ilustrasi Hubungan P – T Pada V Konstan | 80 |
| 3.23 | Hubungan tekanan (P),suhu (T) dan volum (V) | 81 |
| 3.24 | Perubahan suhu dan volum pada tekanan konstan | 82 |
| 3.25 | Grafik hubungan volum dan suhu gas pada tekanan konstan (isobarik) | 83 |
| 3.26 | *Compressed Natural Gas (CNG)* | 96 |

| | | |
|---|---|---|
| 3.27 | Material dalam Pemrosesan Gas Alam | 101 |
| 3.28 | Skema pemrosesan gas alam | 101 |
| 3.29 | Pembagian Kompresor | 103 |
| 3.30 | Diagram P-T Retrogade Condensation | 106 |
| 3.31 | Siklus refrigerasi | 107 |
| 3.32 | Propane refrigeration loop | 108 |
| 3.33 | Proses Pengolahan Gas Alam Cair | 110 |
| 3.34 | Bagian - bagian Acid Gas Removal | 111 |
| 3.35 | Gas Dehydration And Mercury Removal | 112 |
| 3.36 | Bagian – bagian  Liquefaction | 115 |

# DAFTAR TABEL


| Tabel | Judul | Halaman |
|---|---|---|
| 3.1 | Nilai tetapan gas yang umum kita jumpai sehari-hari. | 91 |
| 3.2 | Komposisi Gas Alam | 97 |
| 3.3 | Pipeline Gas Specification | 98 |
| 3.4 | General Metric Specification | 99 |
| 3.5 | Perbandingan ketiga metode removal nitrogen | 109 |

# 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.

Hasil Uji Kompetensi Guru (UKG) di jadikan sebagai pedoman untuk memetakan kemampuan atau kompetensi guru. Sehingga dalam rangka peningkatan kompetensi tersebut, maka guru-guru yang telah memiliki nilai dari hasil UKG tersebut akan di tingkatkan kompetensinya melalui diklat. Diklat tersebut dirancang dengan empat jenjang yaitu diklat jenjang dasar, jenjang lanjut, jenjang menengah dan diklat jenjang tinggi. Masing-masing tingkat akan dilengkapi dengan bahan ajar berupa modul yang terdiri dari 10 level.

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-10 " merupakan sejumlah kompetensi yang diperlukan untuk guru SMK pada program keahlian Perminyakan yang diberikan pada Jenjang Dasar-10 dengan perolehan nilai 91-100 pasca Uji Kompetensi Guru (UKG).

Modul ini dilengkapi dengan materi yang tercakup dalam kompetensi Pedagogik dan kompetensi professional. Materi Kompetensi pedagogik pada modul ini membahas tentang konsep Penelitian Tindakan Kelas.Dalam kegiatan pembelajaran, seorang guru sudah pasti akan berhadapan dengan berbagai persoalan baik menyangkut peserta didik, *subject matter*, maupun metode pembelajaran. Sebagai seorang profesional, guru harus mampu membuat *prefessional judgement* yang didasarkan pada data sekaligus teori yang akurat. Selain itu guru juga harus melakukan peningkatan mutu pembelajaran secara terus menerus agar prestasi belajar peserta didik optimal. Untuk mewujudkan hal tersebut guru harus dibekali dengan kemampuan meneliti, khususnya Penelitian Tindakan Kelas.

Sedangkan kompetensi professional membahas tentangPenerapan hukum - hukum gas dan penggunaannya dalam proses separasi, dan Menganalisa system proses gas bumi dan variable operasinya.

## B. Tujuan

1. Peserta Diklat dapat melakukan penelitian tindakan kelas untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dalammata pelajaran yang diampumelalui ceramah, diskusi kelompok, brainstorming, dan penugasan mandiri, sesuai dengan tuntutan paket keahlian Teknik Perminyakan.
2. Peserta Diklat dapat menerapkan hukum - hukum gas dan penggunaannya dalam proses separasi.
3. Peserta Diklat dapatmenganalisa system proses gas bumi dan variable operasinya

## C. Peta Kompetensi

| Kompetensi Utama | Kompetensi Inti | Kompetensi Guru |
|---|---|---|
| Pedagogik | 10. Melakukan tindakan | 10.3 Melakukan penelitian tindakan kelas untuk meningkatkan |

| | | |
|---|---|---|
| | reflektif untuk peningkatan kualitas pembelajaran | kualitas pembelajaran dalammata pelajaran yang diampu |
| Profesional | 20. Menguasai materi, struktur, konsep dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu | 20.41 Menerapkan hukum - hukum gas dan penggunaannya dalam proses separasi<br>20.45. Menganalisa system pemprosesan gas bumi dan variable operasinya |

## D. Ruang Lingkup

Ada pun ruang lingkup dari modul ini meliputi :

1. Konsep dasar Penelitian Tindakan Kelas
2. Prosedur Pelaksanaan Penelitian Tindakan Kelas
3. Penyusunan Proposal Penelitian Tindakan Kelas.
4. Menerapkan hukum - hukum gas dan penggunaannya dalam proses separasi
5. Menganalisa system pemprosesan gas bumi dan variable operasinya

## 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 meteri pelajaran yang harus anda kuasai

3. Ativitas 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 pemelajaran berikutnya.

7. Evaluasi

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

8. Kunci jawaban Latihan/Kasus/Tugas

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

# BAB II
# KOMPETENSI PEDAGOGIK
# PENELITIAN TINDAKAN KELAS (PTK)

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 :KONSEP DASAR PENELITIAN TINDAKAN KELAS.

### A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti sesi ini, peserta diklat dapat menjelaskankonsep dasar penelitian tindakan kelas berdasarkan hasil refleksi dari kegiatan proses belajar mengajar melalui ceramah, diskusi kelompok, brainstorming, dan penugasan mandiri.

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Konsep penelitian Tindakan Kelas dijelaskan dengan benar

### C. Uraian materi

Seorang guru yang akan melaksanakan penelitian tindakan kelas, harus memahami konsep tentang penelitian tindakan kelas dengan baik. Jenis penelitian ini tidak sama dengan penelitian eksperimen, yang dalam membutuhkan sampel dan populasi. Penelitian ini hanya memerlukan kelas sebagai objek peneitian.Penelitian ini memiliki keunikan tersendiri.

Berkembangnya penelitian tindakan kelas ini, diawali dari pemikiran tentang persyaratan kemampuan guru oleh Pihak Proyek Pengembangan Pendidikan Guru (P3G) pada tahun 1980.Menurut P3G ada sepuluh kemampuan yang diperlukan bagi seorang guru yang profesional.Meskipun demikian, dijelaskan pula oleh P3G bahwa bukan hanya kemampuan profesional yang diperlukan bagi seorang guru yang sangat diidamkan, melainkan diperlukan juga kemampuan lain, yaitu kemampuan pribadi dan

kemampuan sosial. Secara keseluruhan tiga kemampuan tersebut dikenal dengan sebutan: "Tiga Rumpun Kompetensi Guru", dan kemampuan yang terkait dengan profesi guru disebut "Sepuluh Kompetensi Profesional Guru".

Demikian pula dalam Standar Nasional Pendidikan (2005), sepuluh kompetensi tersebut disempurnakan menjadi empat kompetensi, yaitu (1) kepribadian, (2) profesional, (3) kependidikan/pedagogik, dan (4) sosial. Penyempurnaan tersebut dilakukan karena dari pengamatan praktik sehari-hari terkesan bahwa dalam mengajar, guru cenderung mengutamakan mengajar secara mekanistis, dan agak melupakan tugas mendidik.Di antara butir kompetensi profesional guru tersebut yang lang-sung terkait dengan kebutuhan para guru untuk promosi kenaikan pangkat dan jabatan adalah kompetensi profesional, yaitu kemampuan melakukan penelitian sederhana dalam rangka meningkatkan kualitas profesional guru, khususnya kualitas pembelajaran.

- **Pengertian Penelitian Tindakan Kelas (PTK)**

  Sejak beberapa tahun belakangan ini, penelitian tindakan kelas dikenal dan ramai dibicarakan dalam dunia pendidikan.Sehubungan dengan penelitian jenis ini, banyak guru-guru telah disibukkan dengan berbagai kegiatan, mulai dari pelatihan, sampai pelaksanaan penelitian itu sendiri.sehubungan dengan Istilah penelitian tindakan kelas yang dalam dalam bahasa Inggris disebut dengan *Classroom Action Research (CAR).* Dari namanya sudah menunjukkan isi yang terkandung di dalamnya, yaitu sebuah kegiatan penelitian yang dilakukan di kelas.

  Dikarenakan ada tiga kata yang membentuk pengertian tersebut, maka ada tiga pengertian yang dapat diterangkan. Pertama: Kata **penelitian** - menunjuk pada suatu kegiatan mencermati suatu objek dengan menggunakan cara dan aturan metodologi tertentu untuk memperoleh data atau informasi yang bermanfaat dalam meningkatkan mutu suatu hal yang menarik minat dan penting bagi peneliti. Kedua: Kata **tindakan**- menunjuk pada sesuatu gerak kegiatan yang sengaja dilakukan dengan

tujuan tertentu. Dalam penelitian berbentuk rangkaian siklus kegiatan untuk siswa.Terakhir kata **kelas** - dalam hal ini tidak terikat pada pengertian ruang kelas, tetapi dalam pengertian yang lebih spesifik. Seperti yang sudah lama dikenal dalam bidang pendidikan dan pengajaran, yang dimaksud dengan istilah kelas adalah sekelompok siswa yang dalam waktu yang sama, menerima pelajaran yang sama dari guru yang sama pula.Menurut pengertian pengajaran, kelas bukan wujud ruangan, tetapi sekelompok peserta didik yang sedang belajar. Dengan demikian, penelitian tindakan kelas dapat dilakukan tidak hanya di ruang kelas, tetapi di mana saja tempatnya, yang penting ada sekelompok anak yang sedang belajar.

Peristiwanya dapat terjadi di laboratorium, di perpustakaan, di lapangan olahraga, di tempat kunjungan, atau di tempat lain, yaitu tempat di mana siswa sedang berkerumun belajar tentang hal yang sama, dari seorang guru atau fasilitator yang sama. Ciri bahwa anak sedang dalam keadaan belajar adalah otaknya aktif berpikir, mencerna bahan yang sedang dipelajari. Jangan sampai guru terkecoh, kelihatannya anak duduk manis, tetapi perhatiannya ke lain tempat. Oleh karena itu, sekali-sekali guru harus mengadakan pengecekan, apakah siswa melamun, bermain, atau berpikir mengikuti pelajaran.

Ketiga kata inti tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa penelitian tindakan kelas merupakan suatu pencermatan terhadap kegiatan belajar berupa sebuah tindakan, yang sengaja dimunculkan dan terjadi dalam sebuah kelas secara bersama.Tindakan tersebut diberikan oleh guru atau dengan arahan dari guru yang dilakukan oleh siswa.Kesalahan umum yang terdapat dalam penelitian tindakan guru adalah penonjolan tindakan yang dilakukannya sendiri, misalnya guru memberikan tugas kelompok kepada siswa.Pengutaraan kalimat seperti itu kurang cocok.Sebaiknya guru menonjolkan kegiatan yang harus dilakukan oleh siswa, misalnya siswa mengamati system proses gas bumi dan variable operasinya.

Siswa juga diminta menganalisa dan mencatat hasilnya. Dengan kata lain, guru melaporkan berlangsungnya proses belajar yang dialami oleh siswa, perilakunya, perhatian mereka pada proses yang terjadi, mengamati hasil dari proses, mengadakan pencatatan hasil, mendiskusikan dengan teman kelompoknya, melaporkan di depan kelas, dan sebagainya. Sekali lagi, yang dikemukakan oleh guru dalam menuliskan laporan penelitian tindakan adalah hal-hal yang dilakukan oleh siswa, bukan yang dilakukan oleh guru.

Kata *kelas* yang kemudian membentuk istilah Penelitian Tinadakan Kelasmemang berasal dari barat yang dikenal dengan istilah *Classroom Action Research (CAR).* Di Indonesia disebut Penelitian Tindakan Kelas, (PTK).Sebenarnya dalam penulisan karya tulis ilmiah pengertiannya tidak sesempit itu.Oleh karena itu, dalam pembicaraan PTK ini kita pahami bukan penelitian tindakan kelas, tetapi penelitian tindakan saja.Dengan demikian, tindakan yang diberikan bukan hanya dapat dilakukan oleh guru, tetapi juga oleh Kepala Sekolah, Pengawas, bahkan siapa saja yang berniat melakukan tindakan dalam rangka perbaikan hasil kerjanya.

Kepala Sekolah yang statusnya guru dengan tambahan tugas, masih mempunyai tugas mengajar sehingga dapat melakukan PTK karena mempunyai kelas.Sesuai dengan beberapa tugasnya, selain melakukan tindakan di kelas, Kepala Sekolah pun dapat melakukan tindakan kepada guru, staf tata usaha, atau apa saja yang berkaitan dengan tugasnya, antara lain perpustakaan, lingkungan sekolah, dan hubungan antara sekolah dengan pihak lain di luar sekolah.

Menurut Kemmis (1988) dalam Pusbang Tendik/Badan PSDMP dan PMP, Kemdiknas (2012), penelitian tindakan adalah suatu bentuk penelitian refleksi diri yang dilakukan oleh para partisipan dalam situasi-situasi sosial (termasuk pendidikan) untuk memperbaiki praktik yang dilakukan sendiri. Dengan demikian, akan diperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai praktik dan situasi di mana praktik tersebut dilaksanakan. Terdapat dua hal pokok

dalam penelitian tindakan yaitu perbaikan dan keterlibatan. Hal ini akan mengarahkan tujuan penelitian tindakan ke dalam tiga area yaitu; (1) untuk memperbaiki praktik; (2) untuk pengembangan profesional dalam arti meningkatkan pemahaman para praktisi terhadap praktik yang dilaksanakannya; serta (3) untuk memperbaiki keadaan atau situasi di mana praktik tersebut dilaksanakan.

Komponen-komponen di dalam kelas yang dapat dijadikan sasaran PTK adalah sebagai berikut.

a. Siswa, antara lain perilaku disiplin siswa, motivasi atau semangat belajar siswa, keterampilan berpikir kritis, kemampuan memecahkan masalah dan lain-lain.
b. Guru, antara lain penggunaan metode, strategi, pendekatan atau model pembelajaran.
c. Materi pelajaran, misalnya urutan dalam penyajian materi, pengorganisasian materi, integrasi materi, dan lain sebagainya.
d. Peralatan atau sarana pendidikan, antara lain pemanfaatan laboratorium, penggunaan media pembelajaran, dan penggunaan sumber belajar.
e. Penilaian proses dan hasil pembelajaran yang ditinjau dari tiga ranah (kognitif, afektif, psikomotorik).
f. Lingkungan, mengubah kondisi lingkungan menjadi lebih kondusif misalnya melalui penataan ruang kelas, penataan lingkungan sekolah, dan tindakan lainnya.
g. Pengelolaan kelas, antara lain pengelompokan siswa, pengaturan jadwal pelajaran, pengaturan tempat duduk siswa, penataan ruang kelas, dan lain sebagainya.

Karena makna “kelas” dalam PTK adalah sekelompok peserta didik yang sedang belajar bersama dalam waktu yang bersamaan, serta guru yang sedang memfasilitasi kegiatan belajar, maka permasalahan PTK cukup luas. Permasalahan tersebut di antaranya adalah sebagai berikut.

a. Masalah belajar siswa di sekolah, seperti misalnya permasalahan pembelajaran di kelas, kesalahan-kesalahan dalam pembelajaran, miskonsepsi, misstrategi, dan lain sebagainya.
b. Pengembangan profesionalisme guru dalam rangka peningkatan mutu perencanaan, pelaksanaan serta evaluasi program dan hasil pembelajaran.

c. Pengelolaan dan pengendalian, misalnya pengenalan teknik modifi- kasi perilaku, teknik memotivasi, dan teknik pengembangan potensi diri.
d. Desain dan strategi pembelajaran di kelas, misalnya masalah pengelolaan dan prosedur pembelajaran, implementasi dan inovasi penggunaan metode pembelajaran (misalnya penggantian metode mengajar tradisional dengan metode mengajar baru), interaksi di dalam kelas (misalnya penggunaan stretegi pengajaran yang didasarkan pada pendekatan tertentu).
e. Penanaman dan pengembangan sikap serta nilai-nilai, misalnya pengembangan pola berpikir ilmiah dalam diri siswa.
f. Alat bantu, media dan sumber belajar, misalnya penggunaan media perpustakaan, dan sumber belajar di dalam/luar kelas.
g. Sistem *assesment* atau evaluasi proses dan hasil pembelajaran, seperti misalnya masalah evaluasi awal dan hasil pembelajaran, pengembangan instrumen penilaian berbasis kompetensi, atau penggunaan alat, metode evaluasi tertentu
h. Masalah kurikulum, misalnya implementasi Kurikulum 2013, urutan penyajian meteri pokok, interaksi antara guru dengan siswa, interaksi antara siswa dengan materi pelajaran, atau interaksi antara siswa dengan lingkungan belajar.

## ➢ Prinsip Penelitian Tindakan Kelas

Agar peneliti memperoleh informasi atau kejelasan yang lebih baik tentang penelitian tindakan, perlu kiranya dipahami bersama prinsip-prinsip yang harus dipenuhi apabila berminat dan akan melakukan penelitian tindakan kelas. Dengan memahami prinsip-prinsip dan mampu menerapkannya, kiranya apa yang dilakukan dapat berhasil dengan baik. Adapun prinsip-prinsip dimaksud adalah sebagai berikut.

### 1. Merupakan Kegiatan Nyata dalam Situasi Rutin

Penelitian tindakan dilakukan oleh peneliti tanpa mengubah situasi rutin.Mengapa? Jika penelitian dilakukan dalam situasi lain, hasilnya tidak dijamin dapat dilaksanakan lagi dalam situasi aslinya, atau dengan kata lain penelitiannya tidak dalam situasi wajar. Oleh karena itu, penelitian tindakan tidak perlu mengadakan waktu khusus, tidak mengubah jadwal yang sudah

ada. Dengan demikian, apabila guru akan melakukan beberapa kali penelitian tindakan, tidak menimbulkan kerepotan bagi Kepala Sekolah dalam mengelola sekolahnya.Bagi guru yang profesinya mengajar, tindakan yang terkait dan cocok untuk dilakukan harus menyangkut pembelajaran, sedangkan untuk Kepala Sekolah dan Pengawas harus menyangkut hal-hal yang berkaitan dengan profesinya, yaitu bidang pendidikan yang bukan pembelajaran di kelas.

**2. Adanya Kesadaran Diri untuk Memperbaiki Kinerja**

Penelitian tindakan didasarkan atas sebuah filosofi bahwa setiap manusia tidak suka atas hal-hal yang statis, tetapi selalu menginginkan sesuatu yang lebih baik.Peningkatan diri untuk hal yang lebih baik ini dilakukan terus-menerus sampai tujuan tercapai, tetapi sifatnya hanya sementara, karena dilanjutkan lagi dengan keinginan untuk lebih baik yang datang susul-menyusul.Dengan kata lain, penelitian tindakan dilakukan bukan karena ada paksaan permintaan dari pihak lain, tetapi harus atas dasar sukarela, senang hati, karena menunggu hasilnya yang diharapkan lebih baik dari hasil yang lalu, dan dirasakan belum memuaskan sehingga perlu ditiargkatkan. Guru melakukan penelitian tindakan karena telah menyadari adanya kekurangan pada dirinya, artinya pada kinerja yang dilakukan, dan sesudah itu tentunya ingin melakukan perbaikan.

Berdasarkan uraian tersebut, berarti penelitian tindakan sifatnya bukan menyangkut hal-hal statis, tetapi dinamis, yaitu adanya perubahan. Penelitian tindakan bukan menyangkut materi atau topik pokok bahasan itu sendiri, tetapi menyangkut penyajian topik pokok bahasan yang bersangkutan, yaitu strategi, pendekatan, metode atau cara untuk memperoleh hasil melalui sebuah kegiatan uji coba atau eksperimen.

Berbeda dengan eksperimen biasa, karena eksperimen biasa menggunakan kelompok kontrol, sedangkan penelitian tindakan tidak demikian. Dalam penelitian tindakan ini cara tersebut dicobakan berulang ulang sampai memperoleh informasi yang mantap tentang pelaksanaan metode atau cara itu. Dengan sifatnya yang berulang-ulang dan terus-

menerus itulah, maka penelitian tindakan dapat disebut sebagai penelitian eksperimen berkesinambungan.

**3. Menggunakan Analisis SWOT sebagai Dasar Berpijak**

Penelitian tindakan harus dimulai dengan melakukan analisis SWOT, terdiri atas unsur-unsur *Strength* (kekuatan), *Weaknesses* (kelemahan), *Opportunity* (kesempatan), dan *Threat* (ancarnan). Empat hal tersebut dilihat dari sudut guru yang melaksanakan maupun siswa yang dikenai tindakan.Dengan berpijak pada hal tersebut, penelitian tindakan dapat dilaksanakan hanya apabila ada kesejalanan antara kondisi yang ada pada guru dan juga pada siswa. Tentu saja pekerjaan guru sebelum menentukan jenis tindakan yang akan dicobakan, memerlukan pemikiran yang matang.

Kekuatan *(strength)* dan kelemahan *(weaknesses)* yang ada pada diri peneliti dan subjek tindakan diidentifikasi secara cermat sebelum mengidentifikasi yang lain. Dua unsur yang lain, yaitu kesempatan*(opportunity)* dan ancaman *(threat),* diidentifikasi dari yang ada di luar diri guru atau peneliti dan juga di luar diri siswa atau subjek yang dikenai tindakan. Dalam memilih sebuah tindakan yang akan dicoba, peneliti harus mempertimbangkan apakah ada sesuatu di luar diri dan subjek tindakan yang kiranya dapat dimanfaatkan, juga sebaliknya berpikir tentang "bahaya" di luar diri dan subjeknya sehingga dapat mendatangkan risiko. Hal ini terkait dengan prinsip pertama, bahwa penelitian tindakan tidak boleh mengubah situasi asli, yang biasanya tidak mengundang risiko.

**4. Merupakan Upaya Empiris dan Sistemik**

Prinsip keempat ini merupakan penerapan dari prinsip ketiga.Dengan telah dilakukannya analisis SWOT, tentu saja apabila guru melakukan penelitian tindakan, berarti sudah mengikuti prinsip empiris (terkait dengan pengalaman) dan sistemik, berpijak pada unsur-unsur yang terkait dengan keseluruhan sistem yang terkait dengan objek yang sedang

digarap.Pembelajaran adalah sebuah sistem, yang keterlaksanaannya didukung oleh unsur-unsur yang kait-mengait. Jika guru mengupayakan cara mengajar baru, harus juga memikirkan tentang sarana pendukung yang berbeda, mengubah jadwal pelajaran, dan hal-hal lain yang terkait dengan cara baru yang diusulkan tersebut.

**5. Menganut Prinsip Cerdas dalam Perencanaan**

Cerdas dalam bahasa Inggris adalah SMART yang artinya cerdas. Akan tetapi, dalam proses perencanaan kegiatan merupakan singkatan dari lima huruf bermakna. Adapun makna dari masing-masing huruf adalah sebagai berikut: S -*Specific,* khusus, tidak terlalu umum; M - *Managable,* dapat dikelola, dilaksanakan; A - *Acceptable,* dapat diterima lingkungan, atau *Achievable,* dapat dicapai, dijangkau; R - *Realistic,* operasional, tidak di luar jangkauan; dan T - *Time-bound,* diikat oleh waktu, terencana.

Ketika guru menyusun rencana tindakan, harus mengingat hal-hal yang disebutkan dalam SMART. Tindakan yang dipilih peneliti harus: 1) Khusus spesifik, tidak terlalu luas misalnya melakukan penelitian untuk pelajaran bahasa (Indonesia, Inggris, atau yang lain), tetapi hanya satu aspek saja, misalnya aspek berbicara, aspek membaca, aspek mendengarkan, atau aspek menulis. Dengan demikian, langkah dan hasilnya dapat jelas karena spesifik. 2) Mudah dilakukan, tidak sulit atau berbelit, misalnya kesulitan dalam mencari lokasi, mengumpulkan hasil, mengoreksi, dan kesulitan bentuk lain. 3) Dapat diterima oleh subjek yang dikenai tindakan, artinya siswa tidak mengeluh gara-gara guru memberikan tindakan, dan juga lingkungan tidak terganggu karenanya. 4) Tidak menyimpang dari kenyataan dan jelas bermanfaat bagi dirinya dan subjek yang dikenai tindakan. 5) Tindakan tersebut sudah tertentu jangka waktunya, yaitu kapan dapat dilihat hasilnya. Batasan waktu ini penting agar guru mengetahui betul hasil yang diberikan kepada siswa, dan lain kali kalau akan diulang, rencana pelaksanaannya sudah jelas. Sebagai contoh, sebuah penelitian tindakan dapat direncanakan dalam waktu satu bulan, satu semester, atau satu tahun.

Di antara unsur dalam SMART, unsur yang sangat penting karena terkait dengan subjek yang dikenai tindakan adalah unsur ketiga, yaitu *A: Acceptable,* dapat diterima oleh subjek yang akan diminta melakukan sesuatu oleh guru. Oleh karena itu, sebelum guru menentukan lebih lanjut tentang tindakan yang akan diberikan, mereka harus diajak bicara. Tindakan yang akan diberikan oleh guru dan akan mereka lakukan harus disepakati dengan suka rela. Dengan demikian, guru dapat mengharapkan tindakan yang dilakukan oleh siswa dilandasi atas kesadaran dan kemauan penuh.Dampak dari kemauan penuh itu menghasilkan semangat atau kegairahan yang tinggi.

Tindakan dan pengamatan dalam proses penelitian yang dilakukan tidak boleh mengganggu atau menghambat kegiatan utama, misalnya bagi guru tidak boleh sampai mengorbankan kegiatan pembelajaran. Siklus tindakan dilakukan dengan mempertimbangkan keterlaksanaan kurikulum secara keseluruhan. Penetapan jumlah siklus tindakan dalam PTK mengacu kepada penguasaan yang ditargetkan pada tahap perencanaan, tidak mengacu kepada kejenuhan data/informasi sebagaimana lazimnya dalam pengumpulan data penelitian kualitatif.Masalah penelitian yang dikaji merupakan masalah yang cukup merisaukannya dan berpijak dari tanggung jawab profesional guru di kelas.

**Permasalahan atau topik** yang dipilih harus benar–benar nyata, mendesak, menarik, mampu ditangani, dan berada dalam jangkauan kewenangan peneliti untuk melakukan perubahan.Metode pengumpulan data yang digunakan tidak menuntut waktu yang lama, sehingga berpeluang menggangu proses pembelajaran. M**etodologi** yang digunakan harus terencana secara cermat dan taat azas PTK.P**eneliti harus tetap memperhatikan etika dan tata krama penelitian** serta rambu–rambu pelaksanaan yang berlaku umum. Dalam pelaksanaan PTK harus diketahui oleh pimpinan lembaga, disosialisasikan pada rekan-rekan di lembaga terkait, dilakukan sesuai tata krama penyusunan karya tulis akademik, di samping tetap mengedepankan kemaslahatan bagi siswa.Kegiatan PTK pada dasarnya merupakan kegiatan yang menggunakan siklus **berkelanjutan**,

karena tuntutan terhadap peningkatan dan pengembangan akan menjadi tantangan sepanjang waktu.

- **Karakteristik Penelitian Tindakan Kelas**

PTK merupakan bentuk penelitian tindakan yang diterapkan dalam aktivitas pembelajaran di kelas.Ciri khusus PTK adalah adanya tindakan nyata yang dilakukan sebagai bagian dari kegiatan penelitian dalam rangka memecahkan masalah pembelajaran di kelas.

Terdapat sejumlah karakteristik yang merupakan keunikan PTK dibandingkan dengan penelitian pada umumnya, antara lain sebagai berikut.

a. PTK merupakan kegiatan yang berupaya memecahkan masalah pembelajaran, dengan dukungan ilmiah.
b. PTK merupakan bagian penting upaya pengembangan profesi guru melalui aktivitas berpikir kritis dan sistematis serta membelajarkan guru untuk menulis dan membuat catatan.
c. Persoalan yang dipermasalahkan dalam PTK berasal dari adanya permasalahan nyata dan aktual (yang terjadi saat ini) dalam pembelajaran di kelas.
d. PTK dimulai dari permasalahan yang sederhana, nyata, jelas, dan tajam mengenai hal-hal yang terjadi di dalam kelas.
e. On-the job problem oriented (masalah yang diteliti adalah masalah riil atau nyata yang muncul dari dunia kerja peneliti atau yang ada dalam kewenangan atau tanggung jawab peneliti). Dengan deikian PTK didasarkan pada masalah yang benar-benar dihadapi guru dalam proses belajar mengajar di kelas.

Menurut Cohen dan Manion dalam Kunandar, 2013), PTK memiliki ciri-ciri umum diantaranya :

1. Situasional, kontekstual, berskala kecil, praktis, terlokalisasi dan secara langsung relevan dengan situasi nyata dalam dunia kerja. Ia berkenaan dengan diagnosis suatu masalah dalam konteks tertentu dan usaha untuk memecahkan masalah dalam konteks tersebut. Subjeknya bisa siswa di kelas, petatar di kelas penataran, mahasiswa dan dosen di ruang kuliah, dan lain sebagainya.

2. Memberikan kerangka kerja yang teratur kepada pemecahan masalah praktis. Penelitian tindakan kelas juga bersifat empiris, artinya ia mengandalkan observasi nyata dan data perilaku.
3. Fleksibel dan adaptif sehingga memungkinkan adanya perubahan selama masa percobaan dan pengabaian pengontrolan karena lebih menekankan sifat tanggap dan pengujicobaan serta pembaharuan di tempat kejadian atau pelaksanaan PTK.
4. Partisipatori karena peneliti turut ambil bagian secara langsung atau tidak langsung dalam melakukan PTK.
5. Self-evaluation, yaitu modifikasi secara kontinu yang dievaluasi dalam situasi yang ada, yang tujuan akhirnya adalah untuk meningkatkan mutu pembelajaran dengan cara tertentu.
6. Perubahan dalam praktis didasari pengumpulan informasi atau data yang memberikan dorongan untuk terjadinya perubahan.
7. Secara ilmiah kurang ketat karena kesahihan internal dan eksternalnya lemah meskipun diupayakan untuk dilakukan secara sistematis dan ilmiah.

Sementara aitu, ciri-ciri khusus PTK menurut Whitehead dalam Kunandar 2013) adalah :

1. Dalam PTK ada komitmen pada peningkatan pendidikan. Komitmen tersebut memungkinkan setiap yang terlibat untuk memberikan andil yang berarti demi terciptanya peningkatan yang mereka sendiri dapat ikut rassakan.
2. Dalam pPTK, ada maksud jelas untuk melakukan intervensi ke dalam dan peningkatan pemahaman dan praktik seseorang serta untuk menerima tangging jawab dirinya sendiri.
3. Pada PTK melekat tindakan yang berpengetahuan, berkomitmen, dan bermaksud. Tindakan dalam PTK direncanakan berdasarkan hasil refleksi kritis terhadap raktik terkait berdasarkan nilai-nilai yang diyakini kebenarannya. Tindakan dalam PTK juga dilakukan atas dasar komitmen kuat dan keyakinan bahwa situasi dapat diubah kearah perbaikan.
4. Dalam PTK dilakukan pemantauan sistemik untuk menghasilkan data atau informasi yang valid. Mengingat hasil penting PTK adalah pemahaman yang lebih baik terhadap praktik dan pemahaman tentang bagaimana

perbaikan ini telah terjadi, pengumpulan datanya harus sistematis sehingga peneliti dapat mengetahui arah perbaikannya dan juga daam hal apa pembelajara telah terjadi.

5. PTK melibatkan deskripsi autentik tentang tindakan. Deskripsi di sini bukan penjelasan, melainkan rangkaian cerita tentang kegiatan yang telah terjadi dan biasanya dalam bentuk laporan.
6. Perlunya validasi. Dalam hal ini melibatkan; (1) pembuatan pernyataan; (2) pemeriksaan kritis terhadap pernyataan lewat pencocokan dengan bukti; dan (3) pelibatan pihak lain dalam proses validasi. Validasi terjadi dalam beberapa tingkatan, yakni : (1) validasi diri, yaitu penjelasan yang diberikan peneliti tentang praktik atau kegiatan yang telah dilaksanakan; (2) validasi sejawat, yaitu pemeriksaan kritis terhadap bukti oleh teman sejawat, sehingga dapat dihindari penyampuradukan deskripsi dengan penjelasan, data dengan bukti dan menyediakan konpensasi bagi kelemahan karena kurang lengkapnya catatan; dan (3) validasi public, yaitu upaya meyakinkan public tentang kebenaran klaim peneliti.

Kolaborasi (kerjasama) antara praktisi (guru) dan peneliti (dosen atau widyaiswara) merupakan salah satu ciri khas PTK.Melalui kolaborasi ini mereka bersama menggali dengan mengkaji permasalahan nyata yang dihadapi oleh guru dan atau siswa.Sebagai penelitian yang bersifat kolaboratif, harus secara jelas diketahui peranan dan tugas guru dengan peneliti.Dalam PTK kolaboratif, kedudukan peneliti setara dengan guru, dalam arti masing-masing mempunyai peran serta tanggung jawab yang saling membutuhkan dan saling melengkapi.Peran kolaborasi turut menentukan keberhasilan PTK terutama pada kegiatan mendiagnosis masalah, merencanakan tindakan, melaksanakan penelitian (tindakan, observasi, merekam data, evaluasi, dan refleksi), menganalisis data, menyeminarkan hasil, dan menyusun laporan hasil.

Sering terjadi PTK dilaksanakan sendiri oleh guru. Guru melakukan PTK tanpa kerjasama dengan peneliti. Dalam hal ini guru berperan sebagai peneliti sekaligus sebagai praktisi pembelajaran. Guru profesional seharusnya mampu mengajar sekaligus meneliti. Dalam keadaan seperti ini,

maka guru melakukan pengamatan terhadap diri sendiri ketika sedang melakukan tindakan (Suharsimi, 2002).Untuk itu guru harus mampu melakukan pengamatan diri secara obyektif agar kelemahan yang terjadi dapat terlihat dengan wajar.Melalui PTK, guru sebagai peneliti dapat:

a. mengkaji/ meneliti sendiri praktik pembelajarannya;
b. melakukan PTK dengan tanpa mengganggu tugasnya;
c. mengkaji permasalahan yang dialami dan yang sangat dipahami; dan
d. melakukan kegiatan guna mengembangkan profesionalismenya.

Dalam praktiknya, boleh saja guru melakukan PTK tanpa kolaborasi dengan peneliti.Akan tetapi, perlu diperhatikan bahwa PTK yang dilakukan oleh guru tanpa kolaborasi dengan peneliti mempunyai kelemahan karena para praktisi umumnya (dalam hal ini adalah guru) kurang akrab dengan teknik-teknik dasar penelitian. Di samping itu, guru pada umumnya tidak memiliki waktu untuk melakukan penelitian sehubungan dengan padatnya kegiatan pengajaran yang dilakukan. Akibatnya, hasil PTK menjadi kurang memenuhi kriteria validitas metodologi ilmiah.Dalam konteks kegiatan pengawasan sekolah, seorang pengawas sekolah dapat berperan sebagai kolaborator bagi guru dalam melaksanakan PTK.

- **Tujuan dan Manfaat Penelitian Tindakan Kelas**

Tujuan utama PTK adalah untuk memecahkan permasalahan nyata yang terjadi di dalam kelas sekaligus mencari jawaban ilmiah mengapa hal tersebut dapat dipecahkan melalui tindakan yang akan dilakukan. PTK juga bertujuan untuk meningkatkan kegiatan nyata guru dalam pengembangan profesinya. Tujuan khusus PTK adalah untuk mengatasi berbagai persoalan nyata guna memperbaiki atau meningkatkan kualitas proses pembelajaran di kelas. Secara lebih rinci tujuan PTK antara lain:

a. Meningkatkan mutu isi, masukan, proses, dan hasil pendidikan dan pembelajaran di sekolah.
b. Membantu guru dan tenaga kependidikan lainnya dalam mengatasi masalah pembelajaran dan pendidikan di dalam dan luar kelas.
c. Meningkatkan sikap profesional pendidik dan tenaga kependidikan.

d. Menumbuh-kembangkan budaya akademik di lingkungan sekolah sehingga tercipta sikap proaktif di dalam melakukan perbaikan mutu pendidikan/pembelajaran secara berkelanjutan.

Dengan demikian *output* atau hasil yang diharapkan melalui PTK adalah peningkatan atau perbaikan kualitas proses dan hasil pembelajaran.

Dengan memperhatikan tujuan dan hasil yang dapai dapat dicapai melalui PTK, terdapat sejumlah manfaat PTK antara lain sebagai berikut.

a. Menghasilkan laporan-laporan PTK yang dapat dijadikan bahan panduan bagi para pendidik (guru) untuk meningkatkan kulitas pembelajaran. Selain itu hasil-hasil PTK yang dilaporkan dapat dijadikan sebagai bahan artikel ilmiah atau makalah untuk berbagai kepentingan antara lain disajikan dalam forum ilmiah.
b. Menumbuhkembangkan kebiasaan, budaya, dan atau tradisi meneliti dan menulis artikel ilmiah di kalangan pendidik. Hal ini ikut mendukung professionalisme dan karir pendidik.
c. Mewujudkan kerja sama, kaloborasi, dan atau sinergi antarpendidik dalam satu sekolah atau beberapa sekolah untuk bersama-sama memecahkan masalah dalam pembelajaran dan meningkatkan mutu pembelajaran.
d. Meningkatkan kemampuan pendidik dalam upaya menjabarkan kurikulum atau program pembelajaran sesuai dengan tuntutan dan konteks lokal, sekolah, dan kelas.
e. Memupuk dan meningkatkan keterlibatan, kegairahan, ketertarikan, kenyamanan, dan kesenangan siswa dalam mengikuti proses pembelajaran di kelas. Di samping itu, hasil belajar siswa pun dapat meningkat.
f. Mendorong terwujudnya proses pembelajaran yang menarik, menantang, nyaman, menyenangkan, serta melibatkan siswa karena strategi, metode, teknik, dan atau media yang digunakan dalam pembelajaran demikian bervariasi dan dipilih secara sungguh-sungguh.

## D. Aktivitas Pembelajaran

- Diskusi Kelompok: Berpikir reflektif tentang pentingnya PTK

  Petunjuk :

1. Bentuk kelompok dengan 4 anggota.
2. Jawablah pertanyaan berikut :
   a. Mengapa PTK itu penting? Tulis 5 alasan pentingnya PTK bagi Anda.
   b. Apa yang akan terjadi jika Anda tidak dapat melakukan PTK?
   c. Presentasikan hasil diskusi kelompok Anda.

- Diskusi kelompok : Mengidentifikasi masalah-masalah yang Anda hadapi dalam merencanakan, melaksanakan dan mengevaluasi kegiatan proses belajar mengajar.

  Petunjuk :

  1. Bentuk kelompok dengan 4 anggota
  2. Fokus identifikasi masalah pada metode pembelajaran, media, strategi, dan model pembelajaran yang Anda gunakan selama ini.
  3. Presentasikan hasil diskusi keompok Anda.

## E. Latihan/Kasus/Tugas

Berdasarkan bacaan di atas, jawablah pertanyaan berikut !

1. Jelaskanlah apa yang dimaksud dengan Penelitian Tindakan Kelas!
2. Jelaskanlah prinsip-prinsip penelitian tindakan kelas!
3. Bagaimanakah karakteristik penelitian tindakan kelas?
4. Jelaskan tujuan dan manfaat penilaian tindakan kelas!

## F. Rangkuman

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

dilaksanakannya; serta (3) untuk memperbaiki keadaan atau situasi di mana praktik tersebut dilaksanakan.

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah Anda melakukan kegiatan pembelajaran pada topik 1 tentang Konsep Dasar Penelitian Tindakan Kelas, Anda harus menjawab pertanyaanberikut dalam selembar kerta dengan menuliskan identitas diri .

Nama :

Tanggal :

- Apa yang telah Anda dapatkan dari proses pembelajaran ini?
- Apa saja yang sudah saya lakukan berkaitan dengan materi ini?
- Bagaimanakah pikiran/perasaan saya tentang materi kegiatan belajarini ?
- Bagaimanakah peran Penelitian Tindakan Kelas dalam meningkatkan profesionalisme Anda ?

## H. Evaluasi

1. Penelitian yang memerlukan kelas sebagai objek penelitian adalah peneitian …
   a. eksperimen
   b. Action
   c. development
   d. evaluation

2. Kemampuan guru dalam melakukan penelitian tindakan kelas berhubungan langsung dengan rumpun kompetensi …
   a. Pedagogic dan kepribadian
   b. social dan pedagogik
   c. professional dan pedagogik
   d. Kepribadian dan profesional

3. Suatu kegiatan yang mencermati objek dan menggunakan cara dan aturan metodologi tertentu untuk memperoleh data yang bermanfaat dalam meningkatkan mutu di sebut …

a. penelitian
b. tindakan
c. kelas
d. observasi

4. Suatu pencermatan terhadap kegiatan belajar berupa sebuah tindakan yang sengaja dimunculkan dan terjadi dalam sebuah kelas secara bersama di sebut …
   a. Penelitian evaluasi.
   b. Penelitian eksperimen
   c. Penelitian pengembangan
   d. Penelitian Tindakan Kelas
5. Koponen-komponen di dalam kelas yang dapat dijadikan sasaran penelitian tindakan kelas adalah …
   a. Siswa, guru, materi,peralatan, penilaian, lingkungan, dan pengelolaan kelas.
   b. Siswa, guru, materi,kurikulum,peralatan, penilaian, dan lingkungan
   c. Siswa, kurikulum, guru, peralatan,pengelolaan kelas, materi, dan kepala sekolah.
   d. Siswa, guru, kurikulum,peralatan,lingkungan, kepala sekolah, dan pengelolaan kelas.

## I. Kunci Jawaban

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

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 :PROSEDUR PELAKSANAAN PENELITIAN TINDAKAN KELAS (PTK)

### A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini, peserta diklat dapat menjelaskan prosedur pelaksanaan penelitian tindakan kelas melalui ceramah, diskusi kelompok, brainstorming, dan penugasan mandiri.

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Prosedur pelaksanaan penelitian tindakan kelas dijelaskan dengan baik.

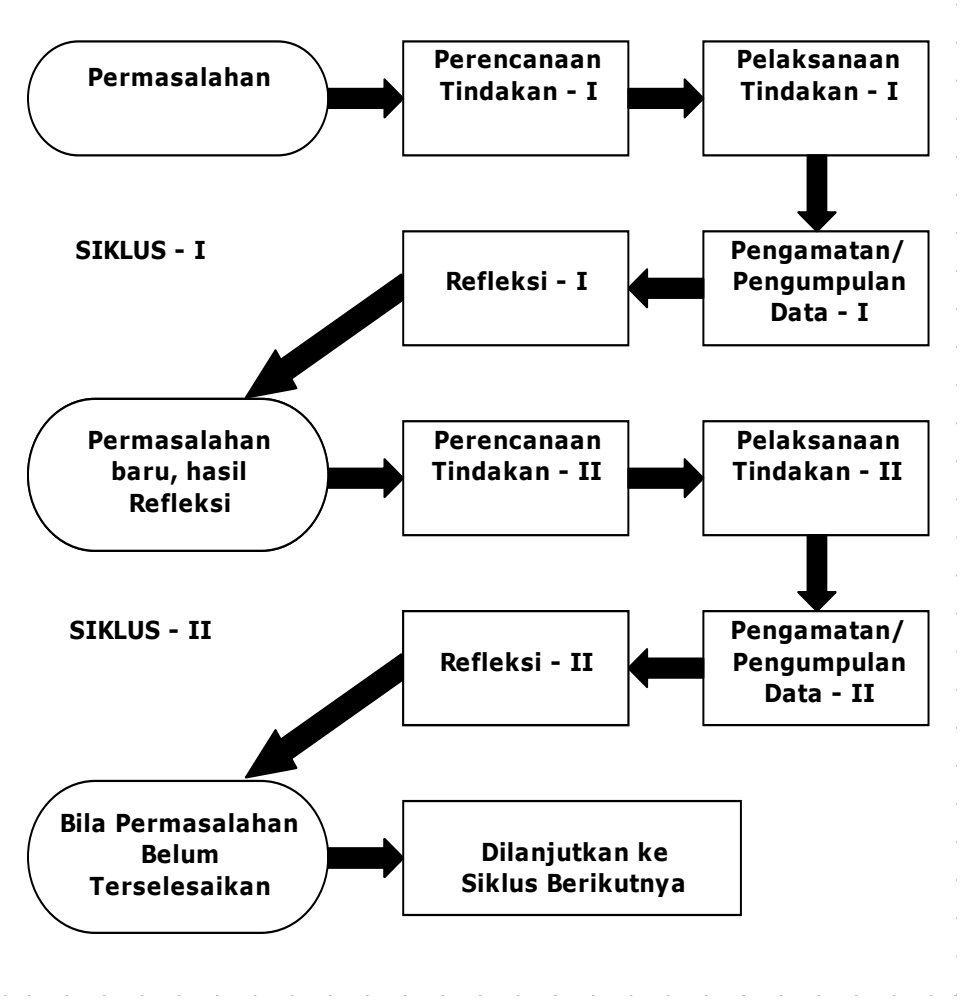
### C. Uraian materi

Penelitian Tindakan Kelas (PTK) bukan hanya bertujuan mengungkapkan penyebab dari berbagai permasalahan pembelajaran yang dihadapi seperti kesulitan siswa dalam mempelajari kompetensi-kompetensi tertentu, tetapi yang lebih penting lagi adalah memberikan pemecahan masalah berupa tindakan tertentu untuk meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar.

Pembahasan berikutnya akan menguraikan prosedur pelaksanaan PTK yang meliputi penetapan fokus permasalahan, perencanaan tindakan, pelaksanaan tindakan yang diikuti dengan kegiatan observasi, interpretasi, dan analisis, serta refleksi. Apabila diperlukan, pada tahap selanjutnya disusun rencana tindak lanjut. Upaya tersebut dilakukan secara berdaur membentuk suatu siklus. Langkah-langkah pokok yang ditempuh pada siklus pertama dan siklus-siklus berikutnya. Sesudah menetapkan pokok permasalahan secara mantap langkah berikutnya adalah:

- Perencanaan tindakan
- Pelaksanaan tindakan
- Pengumpulan data (pengamatan/observasi)
- Refleksi (analisis, dan interpretasi)

Hasil refleksi siklus pertama akan mengilhami dasar pelaksanaan siklus kedua. Untuk lebih jelasnya, rangkaian kegiatan dari setiap siklus dapat dilihat pada gambar berikut.




**Gambar 2. 1. Siklus Kegiatan PTK**

Setelah permasalahan ditetapkan, pelaksanaan PTK dimulai dengan siklus pertama yang terdiri atas empat tahap kegiatan. Hasil refleksi siklus pertama akan dapat diketahui keberhasilan atau hambatan dalam hasil tindakan, peneliti kemudian mengidentifikasi permasalahannya untuk menentukan rancangan siklus berikutnya. Kegiatan yang dilakukan dalam siklus kedua mempunyai berbagai tambahan perbaikan dari tindakan sebelumnya yang ditunjukan untuk mengatasi berbagai hambatan/ kesulitan yang ditemukan dalam siklus sebelumnya.

Dengan menyusun rancangan untuk siklus kedua, peneliti dapat melanjutkan dengan tahap kegiatan-kegiatan seperti yang terjadi dalam siklus pertama. Jika sudah selesai dengan siklus kedua dan peneliti belum merasa puas, dapat dilanjutkan pada siklus ketiga, yang tahapannya sama dengan siklus

terdahulu. Tidak ada ketentuan tentang berapa siklus harus dilakukan, namun setiap penelitian minimal dua siklus dan setiap siklus minimal tiga pertemuan.

**1. Penetapan Fokus Permasalahan**

Sebelum suatu masalah ditetapkan/dirumuskan, perlu ditumbuhkan sikap dan keberanian untuk mempertanyakan, misalnya tentang kualitas proses dan hasil pembelajaran yang dicapai selama ini. Sikap tersebut diperlukan untuk menumbuhkan keinginan peneliti memperbaiki kualitas pembelajaran.Tahapan ini disebut dengan tahapan merasakan adanya masalah.Jika dirasakan ada hal-hal yang perlu diperbaiki dapat diajukan pertanyaan seperti di bawah ini.

a. Apakah kompetensi awal siswa yang mengikuti pelajaran cukup memadai?
b. Apakah proses pembelajaran yang dilakukan cukup efektif?
c. Apakah sarana pembelajaran cukup memadai?
d. Apakah hasil pembelajaran cukup berkualitas?
e. Apakah suasana dalam proses belajar mengajar kondusif?

Secara umum karaktersitik suatu masalah yang layak diangkat untuk PTK adalah sebagai berikut.

a. Masalah itu menunjukkan suatu kesenjangan antara teori dan fakta empirik yang dirasakan dalam proses pembelajaran.
b. Masalah tersebut memungkinkan untuk dicari dan diidentifikasi faktor-faktor penyebabnya. Faktor-faktor tersebut menjadi dasar atau landasan untuk menentukan alternatif solusi.
c. Masalah tersebut sangat merisaukan dan mendesak untuk segera diatasi.
d. Adanya kemungkinan untuk dicarikan alternatif solusi bagi masalah tersebut melalui tindakan nyata yang dapat dilakukan guru/peneliti.

Dianjurkan agar masalah yang dipilih untuk diangkat sebagai masalah PTK adalah yang memiliki nilai yang bukan sesaat, tetapi memiliki nilai strategis bagi keberhasilan pembelajaran lebih lanjut dan memungkinkan diperolehnya model tindakan efektif yang dapat dipergunakan untuk memecahkan masalah serumpun. Pertanyaan yang dapat diajukan untuk menguji kelayakan masalah yang dipilih antara lain seperti di bawah ini.

a. Apakah masalah yang dirasakan secara jelas teridentifikasi dan terformulasikan dengan benar?
b. Apakah ada masalah lain yang terkait dengan masalah yang akan dipecahkan?
c. Adakah hasil penelitian pendukung dari masalah yang akan dipecahkan
d. Apakah ada bukti empirik yang memperlihatkan nilai guna untuk perbaikan praktik pembelajaran jika masalah tersebut dipecahkan?

Setelah memperoleh sederet permasalahan melalui identifikasi, dilanjutkan dengan analisis untuk menentukan kepentingan. Analisis terhadap masalah juga dimaksud untuk mengetahui proses tindak lanjut perbaikan atau pemecahan yang dibutuhkan. Adapun yang dimaksud dengan analisis masalah di sini ialah kajian terhadap permasalahan dilihat dari segi kelayakannya.

Analisis masalah dipergunakan untuk merancang tindakan baik dalam bentuk spesifikasi tindakan, keterlibatan peneliti, waktu dalam satu siklus, indikator keberhasilan, peningkatan sebagai dampak tindakan, dan hal-hal yang terkait lainya dengan pemecahan yang diajukan.

Pada tahap selanjutnya, masalah-masalah yang telah diidentifikasi dan ditetapkan dirumuskan secara jelas, spesifik, dan operasional.Perumusan masalah yang jelas memungkinkan peluang untuk pemilihan tindakan yang tepat. Contoh rumusan masalah yang mengandung tindakan alternatif yang ditempuh antara lain sebagai berikut.

a. Apakah strategi pembelajaran praktek yang berorientasi pada proses dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam menulis?
b. Apakah pembelajaran berorientasi proses dapat meningkatkan partisipasi siswa dalam kegiatan pembelajaran?
c. Apakah penyampaian materi dengan menggunakan LKS dapat meningkatkan partisipasi siswa dalam kegiatan pembelajaran?
d. Apakah penggunaan strategi pembelajaran inkuiri dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap ketuntasan kompetensi ?

**2. Perencanaan Tindakan**

Setelah masalah dirumuskan secara operasional, perlu dirumuskan alternatif tindakan yang akan diambil. Alternatif tindakan yang dapat diambil dapat dirumuskan ke dalam bentuk hipotesis tindakan dalam arti dugaan mengenai perubahan yang akan terjadi jika suatu tindakan dilakukan. Perencanaan tindakan memanfaatkan secara optimal teori-teori yang relevan dan pengalaman yang diperoleh di masa lalu dalam kegiatan pembelajaran/penelitian sebidang. Bentuk umum rumusan hipotesis tindakan berbeda dengan hipotesis dalam penelitian formal.

Secara rinci, tahapan perencanaan tindakan terdiri atas kegiatan-kegiatan sebagai berikut.

a. Menetapkan cara yang akan dilakukan untuk menemukan jawaban, berupa rumusan masalah. Umumnya dimulai dengan menetapkan berbagai alternatif tindakan pemecahan masalah, kemudian dipilih tindakan yang paling menjanjikan hasil terbaik dan yang dapat dilakukan guru.
b. Mentukan cara yang tepat untuk memperbaiki proses pembelajaran dengan menjabarkan indikator-indikator keberhasilan.
c. Membuat secara rinci rancangan tindakan yang akan dilaksanakan mencakup; (a) Bagian isi mata pelajaran dan bahan belajarnya; (b) Merancang strategi dan langkah pembelajaran sesuai dengan tindakan yang dipilih; serta (c) Menetapkan indikator ketercapaian dan menyusun instrumen pengumpul data yang sesuai.

**3. Pelaksanaan Tindakan**

Pada tahapan ini, rancangan strategi dan skenario pembelajaran yang terdiri dari kegiatan awal, inti, dan penutup diterapkan. Skenario tindakan harus dilaksanakan secara benar tampak berlaku wajar. Pada PTK yang dilakukan guru, pelaksanaan tindakan umumnya dilakukan dalam waktu antara 2 sampai 3 bulan. Waktu tersebut dibutuhkan untuk dapat menyesaikan sajian beberapa pokok bahasan dan mata pelajaran tertentu. Berikut disajikan contoh aspek-aspek rencana (skenario) tindakan yang akan dilakukan pada satu PTK.

1. Dirancang penerapan metode tugas dan diskusi dalam pembelajaran X untuk pokok bahasan: A, B, C, dan D.
2. Format tugas: pembagian kelompok kecil sesuai jumlah pokok bahasan, pilih ketua, sekretaris, dll oleh dan dari anggota kelompok, bagi topik bahasan untuk kelompok dengan cara random, dengan cara yang menyenangkan.
3. Kegiatan kelompok; mengumpulkan bacaan, melalui diskusi anggota kelompok bekerja/ belajar memahami materi, menuliskan hasil diskusi dalam OHP untuk persiapan presentasi.
4. Presentasi dan diskusi pleno; masing-masing kelompok menyajikan hasil kerjanya dalam pleno kelas, guru sebagai moderator, lakukan diskusi, ambil kesimpulan sebagai hasil pembelajaran.
5. Jenis data yang dikumpulkan; berupa makalah kelompok, lembar OHP hasil kerja kelompok, siswa yang aktif dalam diskusi, serta hasil belajar yang dilaksanakan sebelum (pretes) dan setelah (postes) tindakan dilaksanakan.

**4. Pengamatan/Observasi dan Pengumpulan Data**

Tahapan ini sebenarnya berjalan secara bersamaan pada saat pelaksanaan tindakan. Pengamatan dilakukan pada waktu tindakan sedang berjalan, keduanya berlangsung dalam waktu yang sama. Pada tahapan ini, peneliti (atau guru apabila ia bertindak sebagai peneliti) melakukan pengamatan dan mencatat semua hal-hal yang diperlukan dan terjadi selama pelaksanaan tindakan berlangsung. Pengumpulan data ini dilakukan dengan menggunakan format observasi/penilaian yang telah disusun. Termasuk juga pengamatan secara cermat pelaksanaan skenario tindakan dari waktu ke waktu dan dampaknya terhadap proses dan hasil belajar siswa. Data yang dikumpulkan dapat berupa data kuantitatif (hasil tes, hasil kuis, presensi, nilai tugas, dan lain-lain), tetapi juga data kualitatif yang menggambarkan keaktifan siswa, atusias siswa, mutu diskusi yang dilakukan, dan lain-lain.

Instrumen yang umum dipakai adalah (a) soal tes, kuis; (b) rubrik; (c) lembar observasi; dan (d) catatan lapangan yang dipakai untuk memperoleh data secara obyektif yang tidak dapat terekam melalui lembar observasi, seperti aktivitas siswa selama pemberian tindakan berlangsung, reaksi mereka, atau

pentunjuk lain yang dapat dipakai sebagai bahan dalam analisis dan untuk keperluan refleksi.

**5. Refleksi**

Tahapan ini dimaksudkan untuk mengkaji secara menyeluruh tindakan yang telah dilakukan, berdasarkan data yang telah terkumpul, dan kemudian melakukan evaluasi guna menyempurnakan tindakan yang berikutnya.Refleksi dalam PTK mencakup analisis, sintesis, dan penilaian terhadap hasil pengamatan atas tindakan yang dilakukan. Jika terdapat masalah dan proses refleksi, maka dilakukan proses pengkajian ulang melalui siklus berikutnya yang meliputi kegiatan: perencanaan ulang, tindakan ulang, dan pengamatan ulang sehingga permasalahan yang dihadapi dapat teratasi

## D. Aktivitas Pembelajaran

- Diskusi kelompok

  Petunjuk :

  1. Bentuk 4 kelompok, masing-masing terdiri dari 3 anggota.
  2. Tetapkanlah fokus permasalahan yang akan dijadikan masalah untuk PTK, kemudian susunlah rencana yang akan diambil untuk memecahkan masalah tersebut.
  3. Dalam merencanakan pemecahan masalah, berusahalah untuk menyelesaikan dalam tiga tahap.
  4. Presentasikan hasil diskusi keompok Anda

## E. Latihan/Kasus/Tugas

Untuk membantu Anda memahami materi pada bagian ini, silahkan jawab pertanyaan berikut :

1. Uraikanlah prosedur pelaksanaan PTK..
2. Jelaskan langkah-langkah pokok yang ditempuh pada siklus pertama dan siklus berikutnya .
3. Bagaimanakah bentuk instrumen yang dipakai untuk mengumpulkan data pada penelitian tindakan kelas?

4. Buatlah contoh aspek-aspek rencana (scenario) tindakan yang akan dilakukan pada satu PTK.
5. Jelaskan karaktersitik suatu masalah yang layak diangkat untuk PTK !

## F. Rangkuman

Prosedur pelaksanaan PTK terdiri atas : penetapan fokus permasalahan, perencanaan tindakan, pelaksanaan tindakan yang diikuti dengan kegiatan observasi, interpretasi, dan analisis, serta refleksi. Apabila diperlukan, pada tahap selanjutnya disusun rencana tindak lanjut. Upaya tersebut dilakukan secara berdaur membentuk suatu siklus. Sesudah menetapkan pokok permasalahan secara mantap langkah berikutnya adalah:

- Perencanaan tindakan
- Pelaksanaan tindakan
- Pengumpulan data (pengamatan/observasi)
- Refleksi (analisis, dan interpretasi)

Hasil refleksi siklus pertama akan mengilhami dasar pelaksanaan siklus kedua.

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mohon untuk mengisi pertanyaan dibawah ini berdasarkan materi yang sudah Anda pelajari.

1. Apa saja yang telah Anda lakukan berkaitan dengan materi kegiatan belajar ini?
2. Bagaimana pikiran/perasaan Anda tentang materi kegiatan ini?
3. Apa saja yang Anda telah lakukan yang ada hubungannya dengan materi kegiatan ini tetapi belum ditulis di materi ini?
4. Materia apa yang ingin Anda tambahkan?
5. Bagaimana kelebihan dan kekurangan materi-materi kegiatan ini?
6. Manfaat apa saja yang Anda dapatkan dari materi kegiatan ini?
7. Berapa persen kira-kira materi kegiatan ini dapat Anda kuasai?
8. Apa yang akan Anda lakukan?

## H. Evaluasi

Pilihlah jawaban yang benar menurut Anda

1. Rangkaian aktivitas pembelajaran yang menekankan kepada proses penyelesaian masalah yang dihadapi secara ilmiah disebut …
   a. Konstekstual
   b. Penemuan
   c. Masalah
   d. Projek
2. Dalam proses pembelajaran berbasis masalah, yang menjadi kata kunci adalah …
   a. Menempatkan masalah
   b. Menyelessaikan masalah
   c. Penggunaan proses berpikir deduktif
   d. Penggunaan proses berpikir induktif
3. Model pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada guru untuk mengelola pembelajaran di kelas dengan melibatkan kerja proyek di sebut…
   a. Masalah
   b. Penemuan
   c.Investigasi
   d. Projekt
4. Salah satu langkah utama mdel pembeljaran berbasis proyek menurut Santyasa adalah merencanakan aktivitas. Pengalaman belajar yang terkait dengan merencanakan proyek adalah …
   a. Mencari sumber yang berkaitan dengan tema project
   b. Mengelola waktu dengan tepat
   c. Melukiskan analisa rancangan proyek
   d. Mendeskripsikan masalah kompleks
5. Keberhasilan penerapan pembelajaran berbasis proyek pada siswa tergantung dari …
   a. Tahap pelaksanaan
   b. Mengelompokkan siswa sesuai dengan tugas masing-masing
   c. Rancangan tahap pembelajaran
   d. Tahap evaluasi pembelajaran
6. Penemuan (discovery) merupakan suatu model pebelajaran yang dikembangkan berdasarkan pandangan …

7. Discovery learning adalah metode belajar yang mendorong siswa untuk mengajukan pertanyaan dan menarik kesimpulan dari prinsip-prinsip umum praktis. Pemahaman ini dikemukakan oleh …
   a. Jaroe Bruner
   b. John Dewey
   c. Piaget
   d. Vygotsky
8. Model pembelajaran yang menguasai konsep pengetahuan melalui upaya menjawab pertanyaan dengan proses eksplorasi, pengolahan data, dan menyusun kesimpulan adalah ...
   a. Masalah
   b. Inquiry
   c. Discovery
   d. Project
9. Siswa melakukan penelitian menggunakan prosedur yang dirancang sendiri untuk menjawab pertanyaan yang telah disediakan guru. Pernyataan ini menunjukkan kegiatan model pembelajaran inquiry pada tingkatan …
   a. Open inquiry
   b. Structured inquiry
   c. Confirmation/verification
   d. guided inquiry
10. Yang termasuk tahap perencanaan pada model pembelajaran discovery learning meneurut Bruner adalah …
    a. Memilih materi ajar
    b. Menentukan tujuan pembelajaran
    c. Melakukan identifikasi karakteristik siswa
    d. a,b, dan c benar

## I. Kunci Jawaban

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

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 :PENYUSUNAN PROPOSAL DAN LAPORAN PTK

### A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini, peserta diklat dapat menyusun proposal dan laporan penelitian tindakan kelassesuai dengan karakteristik paket keahlian teknik pengolahan minyak, gas, dan petrokimia melalui ceramah, diskusi kelompok, brainstorming, dan penugasan mandiri.

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Penyusunan proposal penelitian tindakan kelas dijelaskan dengan benar.
2. Penyusunan laporan penelitian tindakan kelasdijelaskandengan benar.

### C. Uraian materi

- **Penyusunan Proposal**

Penyusunan proposal atau usulan penelitian merupakan langkah awal yang harus dilakukan peneliti sebelum memulai kegiatan PTK.Proposal PTK dapat membantu memberi arah pada peneliti agar mampu menekan kesalahan yang mungkin terjadi selama penelitian berlangsung.Proposal PTK harus dibuat sistematis dan logis sehingga dapat dijadikan pedoman yang mudah diikuti. Proposal PTK adalah gambaran terperinci tentang proses yang akan dilakukan peneliti (guru) untuk memecahkan masalah dalam pelaksanaan tugas (pembelajaran).

Proposal atau sering disebut juga sebagai usulan penelitian adalah suatu pernyataan tertulis mengenai rencana atau rancangan kegiatan penelitian secara keseluruhan. Proposal PTK penelitian berkaitan dengan pernyataan atas nilai penting dari suatu penelitian. Membuat proposal PTK bisa jadi merupakan langkah yang paling sulit namun menyenangkan di dalam tahapan proses penelitian. Sebagai panduan, berikut dijelaskan sistematika usulan PTK.

**a. Sistematika Proposal**

Sistematika proposal PTK mencakup unsur-unsur sebagai berikut:

**1. Judul Penelitian**

Judul penelitian dinyatakan secara singkat dan spesifik tetapi cukup jelas menggambarkan masalah yang akan diteliti, tindakan untuk mengatasi masalah serta nilai manfaatnya. Formulasi judul dibuat agar menampilkan wujud PTK bukan penelitian pada umumnya. Umumnya di bawah judul utama dituliskan pula sub judul. Sub judul ditulis untuk menambahkan keterangan lebih rinci tentang subyek, tempat, dan waktu penelitian.

Berikut contoh judul PTK Jenjang SMA/SMK :

a. Upaya Meningkatkan Kualitas Pembelajaran pengolahan minyak, gas, dan petrokimia dengan Menerapkan Pendekatan Realistik dengan *Teknik Brainstorming by Guided Reinvension* di Kelas X SMK Negeri 3 Kota Manna.
b. Aplikasi Model Pembelajaran *Traffic light Card* Untuk Meningkatkan Prestasi Siswa Kelas I SMKN 3 Banjarasri.

**2. Bab I Pendahuluan**

**a. Latar Belakang Masalah**

Tujuan utama PTK adalah untuk memecahkan permasalahan pembelajaran. Untuk itu, dalam uraian latar belakang masalah yang harus dipaparkan hal-hal berikut.

(1) Masalah yang diteliti adalah benar-benar masalah pembelajaran yang terjadi di sekolah. Umumnya didapat dari pengamatan dan diagnosis yang dilakukan guru atau tenaga kependidikan lain di sekolah. Perlu dijelaskan pula proses atau kondisi yang terjadi.
(2) Masalah yang akan diteliti merupakan suatu masalah penting dan mendesak untuk dipecahkan, serta dapat dilaksanakan dilihat dari segi ketersediaan waktu, biaya, dan daya dukung lainnya yang dapat memperlancar penelitian tersebut.
(3) Identifikasi masalah di atas, jelaskan hal-hal yang diduga menjadi akar penyebab dari masa!ah tersebut. Secara cermat dan sistematis berikan alasan (argumentasi) bagaimana dapat menarik kesimpulan tentang akar masalah itu.

**b. Perumusan Masalah**

Pada bagian ini umumnya terdiri atas jabaran tentang rumusan masalah dan cara pemecahan masalah.

(1) Perumusan Masalah, berisi rumusan masalah penelitian.

(2) Pemecahan Masalah; merupakan uraian altematif tindakan yang akan dilakukan untuk memecahkan masalah.

Contoh rumusan masalah:

1. Bagaimana implementasi strategi pembelajaran inkuiriuntukmeningkatkan pemahaman konsep system pemrosesan gas bumi?
2. Apakah dengan pembelajaran strategi inkuiri, siswa lebih bersemangat mengikuti pelajaran tentang system pemrosesan gas bumi?

**c. Tujuan Penelitian**

Tujuan PTK dirumuskan secara jelas, dipaparkan sasaran antara dan sasaran akhir tindakan perbaikan.Perumusan tujuan harus konsisten dengan hakikat permasalahan yang dikemukakan dalam bagian-bagian sebelumnya.

Dari rumusan tersebut menjadi tujuan penelitiannya sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui seberapa besar peningkatan pemahaman konsep tentang konsep system pemrosesan gas bumi melalui penerapan strategi pembelajaran inkuiri.
2. Untuk mengetahui seberapa tinggi semangat belajar siswa setelah mengikuti pelajaran tentang konsep system pemrosesan gas bumi dengan strategi inkuiri.

**d. Manfaat Penelitian**

Kemukakan secara jelas manfaat bagi siswa, bagi guru serta bagi satuan pendidikan.

**3. Bab II Kajian Teori**

Pada bagian ini diuraikan landasan konseptual dalam arti teoritik yang digunakan peneliti dalam menentukan alternatif pemecahan masalah. Sebagai contoh, akan dilakukan PTK yang menerapkan model pembelajaran

kontekstual sebagai jenis tindakannya. Pada kajian pustaka harus jelas dapat dikemukakan:

a. Kemukakan secara lengkap berdasarkan teori dan temuan yang berkaitan dengan masalah yang akan dipecahkan.
b. Bagaimana teori pembelajaran kontekstual, apa yang spesifik dari teori tersebut, persyaratannya. Bagaimana langkah-langkah tindakan yang dilakukan dalam penerapan teori tersebut pada pembelajaran, strategi pembelajarannya.
c. Bagaimana peningkatan mutu proses pembelajaran dengan penerapan model tersebut dengan perubahan yang diharapkan, atau terhadap masalah yang akan dipecahkan, sehingga dapat memunculkan hipotesis tindakan.

**4. Bab III Metode Penelitian**

Pada bagian ini uraikan setidaknya dengan sistematika berikut:

a. *Setting* penelitian dan karakteristik subjek penelitian. Pada bagian ini disebutkan di mana penelitian tersebut dilakukan, di kelas berapa dan bagaimana karakteristik dari kelas subyek penelitian.
b. Prosedur/siklus penelitian. Pada bagian ini dijelaskan jumlah siklus yang akan dilakukan dan berapa pertemuan tiap siklus. Diusahakan minimal dua siklus dan tiap siklus minimal 3 pertemuan. Tiap siklus mengikuti tahapan PTK (perencanaan, pelaksanaan, pengamatan, dan refleksi)
c. Pengumpulan data. Pada bagian ini ditunjukan dengan jelas jenis data dan cara pengumpulannya/instrumen yang akan digunakan.
d. Indikator kinerja, pada bagian ini tolak ukur keberhasilan tindakan perbaikan ditetapkan secara eksplisit.
e. Jadwal kegiatan penelitian disusun dalam matriks yang menggambarkan urutan kegiatan dari awal sampai akhir.

## ➢ Penyusunan Laporan

Untuk menyusun laporan penelitian diperlukan pedoman penulisan yang dapat dipakai sebagai acuan para peneliti pelaksana, sehingga tidak ditemukan adanya variasi bentuk. Di samping itu, juga perlu disesuaikan dengan pedoman yang sudah ditetapkan Diknas dalam rangka memenuhi persyaratan penulisan

karya tulis ilmiah (KTI) dalam upaya meningkatkan jabatan/ golongan melalui pengembangan profesi. Berikut ini disampaikan sistematika laporan PTK sebagai berikut.

**A. Bagian Awal**

Bagian awal terdiri dari:

1. Halaman Judul
2. Halaman Pengesahan disertai tanggal pengesahan
3. Abstrak
4. Kata Pengantar disertai tanggal penyusunan
5. Daftar Isi
6. Daftar tabel/ lampiran

**B. Bagian Isi**

Bagian isi memuat hal-hal sebagai berikut:

**BAB I PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang Masalah
B. Rumusan masalah
C. Tujuan Penelitian
D. Manfaat Penelitian

**BAB II KAJIAN TEORI DAN PUSTAKA**

A. Kajian Teori tentang Variabel Masalah
B. Kajian teori variable Tindakan, serta Hasil Penelitian yang Relevan
C. Kerangka Berfikir

**BAB III METODE PENELITIAN**

A. Subjek Penelitian
B. Prosedur/Siklus Penelitian
C. Teknik Pengumpulan Data
D. Teknik Analisis Data

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Diskripsi Subjek penelitian
B. Sajian Hasil Penelitian
C. Pembahasan

**BAB V SIMPULAN DAN SARAN**

A. Simpulan
B. Saran

**C. Bagian Penunjang**

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN (RPP, semua instrumen, contoh hasil kerja siswa dan guru, daftar hadir siswa, foto kegiatan beserta penjelasannya)**

Penjelasan dari sistematika tersebut adalah sebagai berikut.

**Dalam Bab I**, dimulai dengan mendikripsikan masalah penelitian secara jelas dengan dukungan data faktual yang menunjukkan adanya masalah pada *setting* tertentu, pentingnya masalah untuk dipecahkan. Uraikan bahwa masalah yang diteliti benar-benar nyata, berada dalam kewenangan guru dan akibat yang ditimbulkan kalau masalah tidak dipecahkan. Selanjutnya masalah dirumuskan dalam bentuk kalimat tanya, sehingga akan terjawab setelah tindakan selesai dilakukan. Diupayakan rumusan masalah ini dapat dirinci dalam proses, situasi, hasil yang diperoleh. Dalam tujuan penelitian hendaknya dikemukakan secara rinci tujuan yang hendak dicapai sesuai dengan rumusan masalah yang dikemukakan pada bagian sebelumnya.Manfaat penelitian agar dikemukakan secara wajar, tidak perlu ambisius, rumuskan yang terkait dengan siswa, dan dapat juga diperluas ke guru.

**Dalam Bab II,** kemukakan teori yang berkaitan dengan masalah dan tindakan yang dilakukan, dan hasil kajian/temuan/penelitian yang berkaitan dengan masalah yang diteliti (bila ada). Serta memberi arah serta petunjuk pada pelaksanaan tindakan yang dilaksanakan dalam penelitian. Diperlukan untuk dapat membangun argumentasi teoritis yang menunjukan bahwa tindakan yang diberikan dimungkinkan dapat meningkatkan mutu proses pembelajaran di kelas. Pada akhir bab ini dapat dikemukakan hipotesis tindakan.

**Pada Bab III,** deskripsikan setting penelitian, keadaan siswa, waktu pelaksanaan, sasaran yang dicapai. Tahapan di setiap siklus yang memuat: rencana, pelaksanaan/ tindakan, pemantuan dan evaluasi beserta jenis instrumen yang digunakan, refleksi (perlu dibedakan antara metode penelitian

pada usulan penelitian dengan metode yang ada pada laporan penelitian). Tindakan yang dilakukan berisfat *rational, feasible*, *collaborative*.Kemukakan indikator keberhasilan atas dasar tindakan yang diberikan.

**Pada Bab IV**, dideskripsikan *setting* penelitian secara lengkap kemudian uraian pelaksanaan masing-masing pertemuan di setiap siklus dengan disertai data lengkap berserta aspek-aspek yang direkam/diamati. Rekaman itu menunjukkan adanya perubahan akibat tindakan yang diberikan. Ditunjukkan adanya perbedaan dengan pelajaran yang biasa dilakukan.Pada refleksi diakhir setiap siklus berisi penjelasan tentang aspek keberhasilan dan kelemahan yang tenjadi dalam bentuk grafik.Kemukakan adanya perubahan/kemajuan/ perbaikan yang terjadi pada diri siswa, lingkungan kelas, guru sendiri, minat, motivasi belajar, dan hasil belajar.Untuk bahan dasar analisis dan pembahasan kemukakan hasil keseluruhan siklus ke dalam suatu ringkasan tabel/ grafik. Dan tabel/grafik rangkuman itu akan dapat memperjelas perubahan yang terjadi disertai pembahasan secara rinci dan jelas.

**Dalam Bab V** sajikan simpulan dan hasil penelitian sesuai dengan hasil analisis dan tujuan penelitian yang telah disampaikan sebelumnya.Berikan saran sebagai tindak lanjut berdasarkan simpulan yang diperoleh baik yang menyangkut segi positif maupun negatifnya.

**Daftar Pustaka**

Memuat semua sumber pustaka yang dirujuk dalam kajian teori yang digunakan dalam semua bagian laporan, dengan sistem penulisan yang konsisten menurut ketentuan yang berlaku.

**Lampiran-Lampiran**

Berisi lampiran berupa instrumen yang digunakan dalam penelitian, lembar jawaban dari siswa, izin penelitian dan bukti lain yang dipandang penting.

## D. Aktivitas Pembelajaran

- Diskusi Kelompok

Anda di minta untuk berkelompok anggotanya 3-4 orang.Setiap anggota dalam kelompok, diminta mengemukakan beberapa judul PTK berdasarkan refleksi dari kegiatan pembelajaran yang telah anda lakukan di sekolah masing-masing, kemukakan alasan, mengapa anda memilih judul tersebut.

## E.Latihan/Kasus/Tugas

1. Identifikasi Masalah dalam PTK

   a. Kemukakanlah masalah-masalah atau kendala-kendala yang anda hadapi ketika melaksanakan tugas dalam pembelajaran/bimbingan
   ……
   ……
   ……
   ……..

   b. Pilihlah salah satu masalah yang menurut anda mendesak!
   ……
   ……
   ……
   …….....

   c. Berikan alasan mengapa masalah tersebut penting untuk segera dicarikan pemecahannya!
   ……
   ……
   ……
   ……....

   d. Faktor-faktor penyebab munculnya masalah yang dirumuskan tersebut!
   ……
   ……
   ……

   e. Dapatkanlah satu alternatif pemecahan masalah untuk memecahkan masalah urgent yang anda hadapi tersebut! Alternatif pemecahan

masalah itu harus bertolak dari hasil analisis dan didasarkan pada teori tertentu.

……
……
……
……

2. Kerangka Penelitian Tindakan

a. Subyek penelitian:

……
……
……

**Siklus 1**

a. Rencana Tindakan:

……
……
……

b. Rincian Tindakan/Langkah-langkah:

……
……
……
……
……

c.Pengamatan:

……
……
……..

Contoh Format Observasi:

| NO | ASPEK YANG DIOBSERVASI | SKOR | | | | | KETERANGAN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

d. Refleksi : analisis terhadap keberhasilan dan kelemahan

3. Merancang Usulan PTK

a. Tulislah judul PTK yang anda usulkan

……

……

……

……

Apakah judul PTK anda telah mencantumkan hal-hal berikut:

- What (apa yang dipermasalahkan)
- How (bagaimana Cara mengatasi masalah)
- Who (siapa yang mengalami masalah tersebut)

b. Deskripsi masalah yang anda hadapi

……

……

……

……

……

Apakah masalah yang anda deskripsikan telah memuat hal-hal sebagai berikut:

- Apakah deskripsi masalah telah disesuaikan dengan kondisi nyata tentang kendala-kendala yang anda hadapi sewaktu melaksakan tugas kepengawasan.

- Apakah deskripsi masalah telah didukung data dan memuat identifikasi satu masalah yang mendesak untuk segera dilaksanakan?
- Apakah deskripsi masalah telah memuat tentang analisis masalah?
- Metode/pendekatan kebiasaan guru mengajar keehariannya, dan apa kelemahannya.
- Apakah deskripsi masalah telah memuat tentang refleksi awal?
- Bagaimana perumusan masalah?

c. Deskripsikan tentang cara pemecahan masalah yang anda ajukan!

……
……
……
……

Apakah pemecahan masalah yang anda ajukan memenuhi rambu-rambu berikut?

- Apakah ada alternatif pemecahan masalah?
- Apakah alternatif pemecahan masalah itu didasarkan pada teori tertentu?
- Apakah alternatif pemecahan masalah itu bertolak dari hasil analisis?

d. Rumuskan hasil yang diharapkan dari penelitian anda!

Apakah rumusan yang diharapkan dalam penelitian anda telah memuat hal –hal sebagai berikut:

- Apakah rumusan hasil yang diharapkan telah mengemukakan hasil yang diharapkan bagi siswa?
- ……
  ……
  ……
  ……

- Apakah rumusan hasil yang diharapkan telah mengemukakan hasil yang diharapkan bagi praktisi (kepala sekolah, guru, tenaga kependidikan lainnya di sekolah)?

……
……
……
……

e.Kemukakan kajian teori serta hasil temuan tentang permasalahan dan tindakan yang akan dilakukan.Kemukakan keterkaitan antara variabel tindakan dan masalah yang akan dipecahkan.

……
……
……
……

f. Kemukakan prosedur tindakan yang anda lakukan dalam PTK ini!

……
……
……

Apakah dalam deskripsi tentang prosedur tindakan sekolah telah anda kemukakan hal-hal sebagai berikut:

- Apakah ada deskripsi tentang setting dan karakteristik subyek?
- Apakah ada variabel/faktor yang diselidiki?
- Apakah ada rencana tindakan yang mencakup misalnya strategi, pendekatan, metode atau teknik yang digunakan dalam implementasi tindakan, observasi, analisis, dan refleksi?

2. Bila anda sudah siap susunlah proposal anda dengan mengikuti sistematika yang sesuai .

## F.Rangkuman

- Penulisan laporan PTK dilakukan setelah proses penelitian selesai. Pembuatan laporan penelitian tindakan kelas bertujuan untuk : (1) dimanfaatkan oleh guru untuk bahan kenaikan pangkat; (2) sebagai sumber bagi peneliti lain atau peneliti yang sama dalam memperoleh

inspirasi untuk melakukan penelitian lanjutan; (3) sebagai bahan agar orang atau peneliti lain dapat memberikan saran dan kritik konstruktif untuk perbaikan penelitian tersebut; dan (4) sebagai acuan atau perbandingan bagi peneliti untuk mengambiltindakan dalam menangani masalah yang serupa atau sama dengan modifikasi-modifikasi tertentu.

- Pada hakikatnya laporan PTK merupakan upaya menceritakan kembali seluruh kegiatan dari awal sampai akhir kegiatan, mulai dari perencanaan, tindakan (pelaksanaan), pengamatan (observasi) dan refleksi.

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mohon untuk merenungkan kelebihan dan kekurangan materi kegiatan belajar 3 ini. Jika ada kekurangannya, bagaimana Anda mengatasi kekurangannya?Bagaimana pemahaman Anda terhadap materi ini?Jika sudah menguasai, bagaimana pemanfaatan materi ini untuk meningkatkan kompetensi pedagogik Anda?Jika belum mengusai, bagaimana upaya Anda selanjutnya?

## H. Evaluasi

1. Sebelum memulai kegiatan PTK, langkah awal yang harus dilakukan adalah …
   a. Menemukan masalah
   b. Menyusun proposal
   c. Menyusun perencanaan
   d. Menyusun laporan

2. Gambaran terperinci tentang proses yang akan dilakukan guru untuk memecahkan masalah dalam pelaksanaan pembelajaran merupakan …
   a. Proposal PTK
   b. Perencanaa PTK
   c. Pelaksanaan PTK
   d. Refleksi PTK

3. Bagian pendahuluan pada proposal PTK memuat …

a. Latar belakang, masalh, judul penelitian, perumusan masalah, metode penelitian
b. Latar belakang masalah, judul peneitian, kajian teori, manfaat penelitian
c. Latar belakang masalah, peruusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian
d. Latar belakang masalah, judul penelitian, kajian toeri, metode penelitian.

4. Bagian yang menguraikan landasan konseptual dalam arti teoritik yang digunakan dalam enentukan alternative pemecahan masalah adalah …
   a. Pendahuluan
   b. Metode penelitian
   c. Pembahasan
   d. Kajian teori

5. Pendeskripsian setting penelitian secara lengkap dan uraian pelaksanaan masing-masing pertemuan disetiap siklus, ditemukan pada …
   a. Bab I
   b. Bab II
   c. Bab III
   d. Bab IV

## I. Kunci Jawaban

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

# BAB III

# KOMPETENSI PROFESIONAL

## A. Tujuan

1. Peserta diklat diharapkan mampu menerapkan hukum - hukum gas dan penggunaannya dalam proses separasi Migas
2. Peserta diklat diharapkan mampu Menganalisa sistem pemprosesan gas bumi dan variable operasinya
3. Peserta diklat diharapkan mampu Merumuskan tentang hukum-hukum gas ideal (Hukum boyle, Hukum charles, Hukum gay-lussac, Hukum dalton dan Hukum gas nyata)
4. Peserta diklat diharapkan mampu mengembangkan system pemrosesan gas bumi secara process train dan Gas purification
5. Peserta diklat diharapkan bisa menerapkan Gas dehydration dan mercury removal untuk pemprosesan gas bumi
6. Peserta diklat diharapkan bisa Mengkombinasikan Fractionation, Liquefaction dan Refrigeration untuk pemprosesan gas bumi

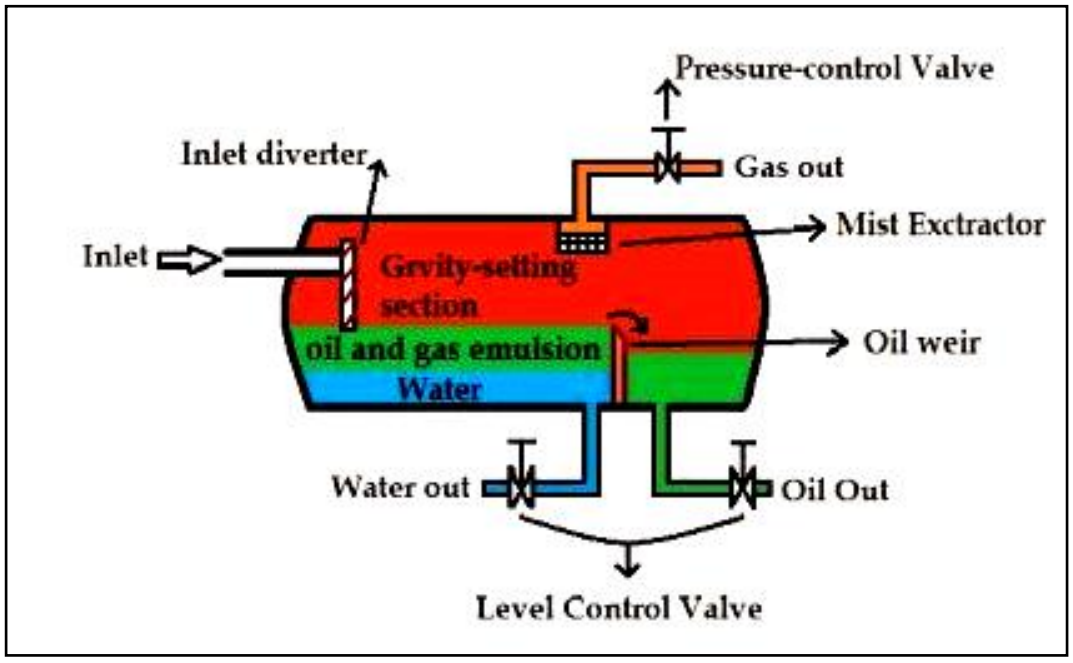
## B. Indikator Pencapaian Materi

1. Menerapkan hukum - hukum gas dan penggunaannya dalam proses separasi Migas
2. Menganalisa sistem pemprosesan gas bumi dan variable operasinya
3. Merumuskan tentang hukum-hukum gas ideal (Hukum boyle, Hukum charles, Hukum gay-lussac, Hukum dalton dan Hukum gas nyata)
4. Mengembangkan system pemrosesan gas bumi secara process train dan Gas purification
5. Menerapkan Gas dehydration dan mercury removal untuk pemprosesan gas bumi
6. Mengkombinasikan Fractionation, Liquefaction dan Refrigeration untuk pemprosesan gas bumi

## C. Uraian Materi

### 1. Alat Separasi Minyak Bumi (*Separator*)

*Separator* adalah alat separasi minyak dan gas bumi yang menggunakan prinsip separasi *flash* pada tekanan dan temperatur tetap. Produksi dari sumur minyak di *separator* vertikal sedangkan produksi dari sumur gas diproses di *separator* horizontal. Hal ini karena pada *separator* horizontal memiliki daerah pemisahan yang lebih luas dan panjang disbanding *separator* vertical.




Gambar 3.1. Sparator

Pemisahan gas dan minyak di lapangan dilakukan dengan *separator* (Gambar 3.1), yaitu tabung bertekanan dan bertemperatur tertentu untuk memisahkan fasa gas dengan minyak secara optimum.

#### 1.1. Fungsi Utama dari *Separator*

- Memisahkan fase pertama cairan hidrokarbon dan air bebasnya dari gas atau cairan, tergantung mana yang lebih dominan.
- Melakukan usaha lanjutan dari pemisahan fase pertama dengan mengendapkan sebagian besar dari butiran-butiran cairan yang ikut di dalam aliran gas.

- Mengeluarkan gas maupun cairan yang telah dipisahkan dari *separator* secara terpisah dan meyakinkan bahwa tidak terjadi proses balik dari salah satu arah ke arah yang lainnya.

**1.2..Prinsip Pemisahan komponen minyak bumi**

Minyak Bumi biasanya berada 3-4 km di bawah permukaan laut. Minyak bumi diperoleh dengan membuat sumur bor. Minyak mentah yang diperoleh ditampung dalam kapal tanker atau dialirkan melalui pipa ke stasiun tangki atau ke kilang minyak.

Pada proses penyulingan minyak mentah, terdapat 5 fraksi produk yang dihasilkan, yaitu: refinery gas (banyak mengandung metana, etana, dan hidrogen), light distillates (LPG, gasoline, naptha), middle distillates (kerosene, diesel oil), heavy distillates (fuel oil), dan residuum (lubricating oils, wax, tar). Tiap kategori dari bahan bakar ini memiliki boiling point pada kisaran temperatur yang berbeda-beda, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

Ada dua macam proses dari pembentukan *gas* (*vapour*) dari hirokarbon cair yang bertekanan. Proses tersebut adalah *Flash separation* dan *Differential separation. Flash separation* terjadi bila tekanan pada sistem diturunkan dengan cairan dan gas tetap dalam kontak, hal mana gas tidak dipisahkan dari kontaknya dengan cairan saat penurunan tekanan yang membiarkan gas keluar dari solusinya. Proses ini menghasilkan banyak gas dan cairan sedikit. *Differential separation* terjadi bila gas dipisahkan dari kontaknya dari cairan pada penurunan tekanan dan membiarkan gas keluar dari solusinya. Proses ini menghasilkan banyak cairan dan sedikit gas.

Proses Pemisahan (Separation Processes) Unit operasi yang digunakan dalam penyulingan minyak biasanya sederhana tetapi yang kompleks adalah interkoneksi dan interaksinya. Proses pemisahan tersebut adalah:

1. Destilasi
2. Absorpsi
3. Adsorpsi

4. Filtrasi
5. Kristalisasi
6. Ekstraksi

1. Distilasi

Penyulingan atau Destilasi adalah teknik pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih larutan. Penyulingan terfraksi digunakan untuk solusi memiliki perbedaan titik didih tidak terlalu jauh dari sekitar 30 $^{o}$C atau lebih. Dasar pemisahan suatu campuran dengan penyulingan adalah perbedaan titik didih dari dua atau lebih cairan jika campuran dipanaskan, komponen titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Dengan mengatur suhu dengan hati-hati,kita dapat menguapkan dan kemudian mengembunkan komponen secara bertahap.

Ada 5 jenis distilasi yang akan dibahas disini, yaitu distilasi bertingkat, distilasi sederhana, distilasi fraksionasi, distilasi uap, dan distilasi vakum. Selain itu ada pula distilasi ekstraktif dan distilasi azeotropic homogenous, distilasi dengan menggunakan garam berion, distilasi pressure-swing, serta distilasi reaktif.

a.Destilasi Bertingkat

Dalam proses distilasi bertingkat, minyak mentah tidak dipisahkan menjadi komponen-komponen murni, melainkan ke dalam fraksi-fraksi, yakni kelompok-kelompok yang mempunyai kisaran titik didih tertentu. Hal ini dikarenakan jenis komponen hidrokarbon begitu banyak dan isomer-isomer hidrokarbon mempunyai titik didih yang berdekatan.

Proses distilasi bertingkat ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Minyak mentah dipanaskan dalam boiler menggunakan uap air bertekanan tinggi sampai suhu ~600 $^{o}$C. Uap minyak mentah yang dihasilkan kemudian dialirkan ke bagian bawah menara/tanur distilasi.

- Dalam menara distilasi, uap minyak mentah bergerak ke atas melewati pelat-pelat (tray). Setiap pelat memiliki banyak lubang yang dilengkapi dengan tutup gelembung (bubble cap) yang memungkinkan uap lewat.

- Dalam pergerakannya, uap minyak mentah akan menjadi dingin. Sebagian uap akan mencapai ketinggian di mana uap tersebut akan terkondensasi membentuk zat cair. Zat cair yang diperoleh dalam suatu kisaran suhu tertentu ini disebut fraksi.

- Fraksi yang mengandung senyawa-senyawa dengan titik didih tinggi akan terkondensasi di bagian bawah menara distilasi. Sedangkan fraksi senyawa-senyawa dengan titik didih rendah akan terkondensasi di bagian atas menara.

b. Distilasi Sederhana

Pada distilasi sederhana, dasar pemisahannya adalah perbedaan titik didih yang jauh atau dengan salah satu komponen bersifat volatil. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih dulu. Selain perbedaan titik didih, juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Distilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer. Aplikasi distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol.

c. Distilasi Fraksionisasi

Fungsi distilasi fraksionasi adalah memisahkan komponen-komponen cair, dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Distilasi ini juga dapat digunakan untuk campuran dengan perbedaan titik didih kurang dari 20 °C dan bekerja pada tekanan atmosfer atau dengan tekanan rendah. Aplikasi dari distilasi jenis ini digunakan pada industri minyak mentah, untuk memisahkan komponen-komponen dalam minyak mentah. Perbedaan distilasi fraksionasi dan distilasi sederhana adalah adanya kolom fraksionasi. Di kolom ini terjadi pemanasan secara bertahap dengan suhu yang berbeda-beda pada setiap platnya. Pemanasan yang berbeda-beda ini bertujuan untuk pemurnian distilat yang lebih dari plat-plat di bawahnya. Semakin ke atas, semakin tidak volatil cairannya.

d. Distilasi Uap

Distilasi uap digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memiliki titik didih mencapai 200 °C atau lebih. Distilasi uap dapat menguapkan senyawa-senyawa ini dengan suhu mendekati 100 °C dalam tekanan atmosfer dengan menggunakan uap atau air mendidih. Sifat yang fundamental dari distilasi uap adalah dapat mendistilasi campuran senyawa di bawah titik didih dari masing-masing senyawa campurannya. Selain itu distilasi uap dapat digunakan untuk campuran yang tidak larut dalam air di semua temperatur, tapi dapat didistilasi dengan air. Aplikasi dari distilasi uap adalah untuk mengekstrak beberapa produk alam seperti minyak eucalyptus dari eucalyptus, minyak sitrus dari lemon atau jeruk, dan untuk ekstraksi minyak parfum dari tumbuhan. Campuran dipanaskan melalui uap air yang dialirkan ke dalam campuran dan mungkin ditambah juga dengan pemanasan. Uap dari campuran akan naik ke atas menuju ke kondensor dan akhirnya masuk ke labu distilasi.

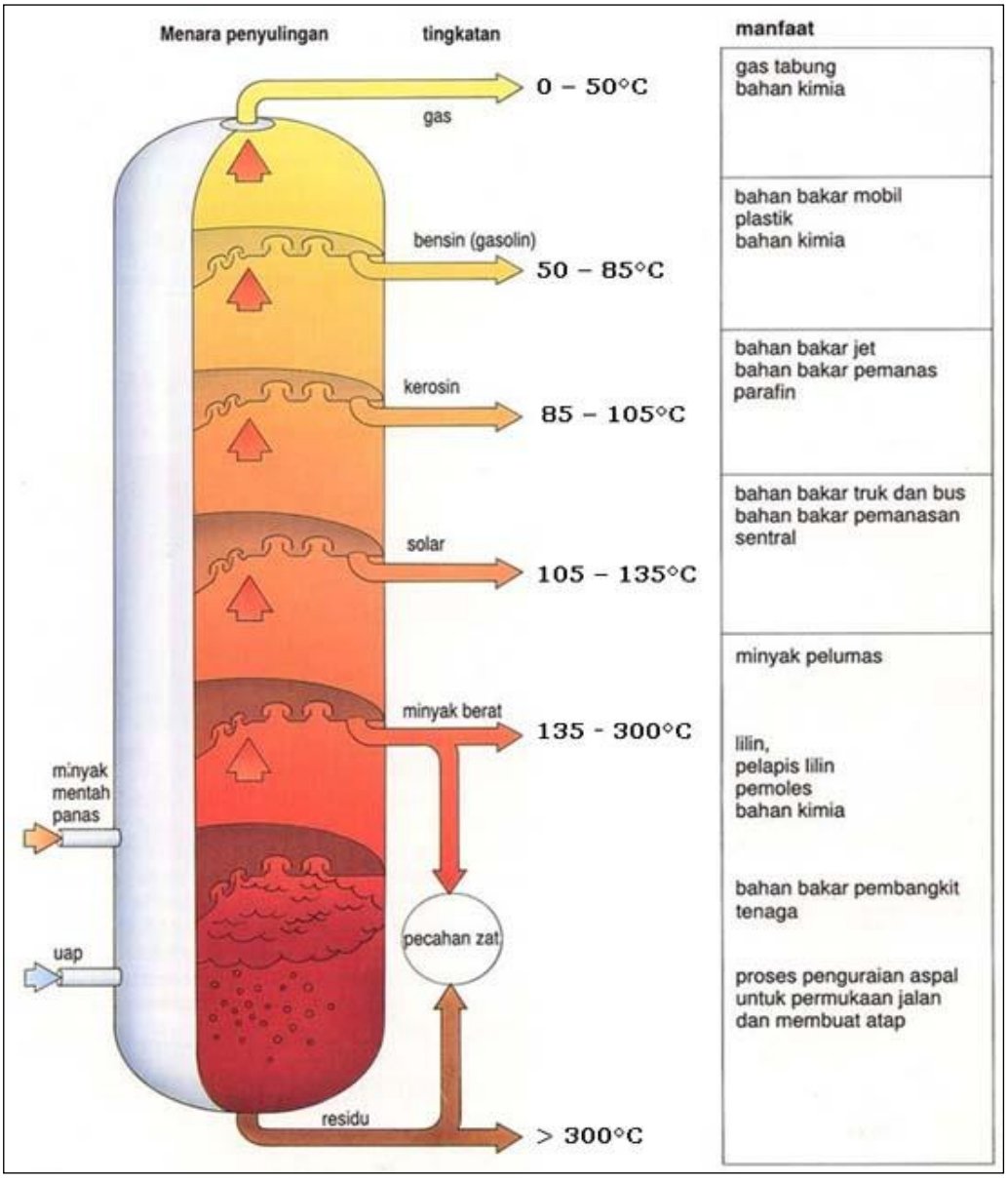
e. Distilasi Vakum

Distilasi vakum biasanya digunakan jika senyawa yang ingin didistilasi tidak stabil, dengan pengertian dapat terdekomposisi sebelum atau mendekati titik didihnya atau campuran yang memiliki titik didih di atas 150 °C. Metode distilasi ini tidak dapat digunakan pada pelarut dengan titik didih yang rendah jika kondensornya menggunakan air dingin, karena komponen yang menguap tidak dapat dikondensasi oleh air. Untuk mengurangi tekanan digunakan pompa vakum atau aspirator. Aspirator berfungsi sebagai penurun tekanan pada sistem distilasi ini.

Tujuan dari percobaan penyulingan ini adalah untuk menentukan konsentrasi maksimum yang dapat diperoleh destilat, menentukan HETP (tinggi setara dengan piring teoretis) di total refluks, dan menentukan jumlah minimum tahap (Nmin) pada total reflux. HETP adalah panjang lapangan (kolom panjang) dibagi dengan jumlah potongan teoretis, bertekad untuk mengetahui efisiensi kolom penyulingan. Prinsip ini didasarkan pada Undang-Undang Roult tekanan uap pada solusi ideal pada temperatur tertentu sebanding dengan tekanan uap dikalikan dengan fraksi murni murni. Hukum Dalton adalah

tekanan ideal dalam campuran gas sama dengan tekanan parsial setiap komponen.

Pada proses penyulingan minyak mentah, terdapat 5 fraksi produk yang dihasilkan, yaitu: *refinery gas* (banyak mengandung metana, etana, dan hidrogen), *light distillates* (LPG, gasoline, naptha), *middle distillates*(kerosene, diesel oil), *heavy distillates* (fuel oil), dan *residuum* (lubricating oils, wax, tar). Tiap kategori dari bahan bakar ini memiliki boiling point pada kisaran temperatur yang berbeda-beda, seperti terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Penggolongan bahan bakar berdasarkan temperatur

Kandungan utama dari minyak bumi adalah : Hidrokarbon

Pemisahan minyak bumi dapat dilakukan dengan : destilasi Bertingkat yang tertera digambar atas, dan yang berikut ini adalah prosesnya: Mula-mula minyak mentah dipanaskan dalam aliran pipa dalam *furnace* (tanur) sampai dengan suhu ± 370°C. Minyak mentah yang sudah dipanaskan tersebut kemudian masuk kedalam kolom fraksinasi pada bagian *flash chamber* (biasanya berada pada sepertiga bagian bawah kolom fraksinasi). Untuk menjaga suhu dan tekanan dalam kolom maka dibantu pemanasan dengan *steam* (uap air panas dan bertekanan tinggi).

Minyak mentah yang menguap pada proses destilasi ini naik ke bagian atas kolom dan selanjutnya terkondensasi pada suhu yang berbeda-beda. Komponen yang titik didihnya lebih tinggi akan tetap berupa cairan dan turun ke bawah, sedangkan yang titik didihnya lebih rendah akan menguap dan naik ke bagian atas melalui sungkup-sungkup yang disebut sungkup gelembung. Makin ke atas, suhu yang terdapat dalam kolom fraksionasi tersebut makin rendah, sehingga setiap kali komponen dengan titik didih lebih tinggi akan terpisah, sedangkan komponen yang titik didihnya lebih rendah naik ke bagian yang lebih atas lagi. Demikian selanjutnya sehingga komponen yang mencapai puncak adalah komponen yang pada suhu kamar berupa gas.

Fraksi minyak bumi yang dihasilkan berdasarkan rentang titik didihnya antara lain sebagai berikut :

a. Gas
   Rentang rantai karbon : C1 sampai C5
   Trayek didih : 0 sampai 50°C
b. Gasolin (Bensin)
   Rentang rantai karbon : C6 sampai C11
   Trayek didih : 50 sampai 85°C
c. Kerosin (Minyak Tanah)
   Rentang rantai karbon : C12 sampai C20
   Trayek didih : 85 sampai 105°C
d. Solar
   Rentang rantai karbon : C21 sampai C30

Trayek didih : 105 sampai 135°C

e. Minyak Berat

Rentang ranai karbon : C31 sampai C40

Trayek didih : 135 sampai 300°C

f. Residu

Rentang rantai karbon : di atas C40

Trayek didih : di atas 300°C

2. Absorpsi

Umumnya digunakan untuk memisahkan zat yang bertitik didih tinggi dengan gas. Minyak gas digunakan untuk menyerap gasolin alami dari gas-gas basah. Gas-gas dikeluarkan dari tank penyimpanan gas sebagai hasil dari pemanasan matahari yang kemudian diserap ulang oleh tanaman.

Steam stripping pada umumnya digunakan untuk mengabsorpsi hidrokarbon fraksi ringan dan memperbaiki kapasitas absorpsi minyak gas. Proses ini dilakukan terutama dalam hal-hal sebagai berikut:

Untuk mendapatkan fraksi-fraksi gasolin alami yang dapat dicampurkan pada bensin. Untuk pemisahan gas-gas rekahan dalam suatu fraksi yang sangat ringan (misalnya fraksi yang terdiri dari zat hidrogen, metana, etana) dan fraksi yang lebih berat yaitu yang mempunyai komponen-komponen yang lebih tinggi. Untuk menghasilkan bensin-bensin yang dapat dipakai dari berbagai gas ampas dari suatu instalasi penghalus.

3. Adsorpsi

Adsorpsi atau penjerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas , terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penjerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terjerap, adsorbat) pada permukaannya. Proses adsorpsi digunakan untuk memperoleh material berat dari gas. Pemakaian terpenting proses adsorpsi pada perindustrian minyak adalah:

- Untuk mendapatkan bagian-bagian berisi bensin (natural gasoline) dari gas-gas buni, dalam hal ini digunakan arang aktif.

- Untuk menghilangkan bagian-bagian yang memberikan warna dan hal-hal lain yang tidak dikehendaki dari minyak, digunakan tanah liat untuk menghilangkan warna dan bauxiet (biji oksida-aluminium).

4. Filtrasi

Digunakan untuk memindahkan endapan lilin dari lilin yang mengandung destilat. Filtrasi dengan tanah liat digunakan untuk decolorisasi fraksi.

5. Kristalisasi

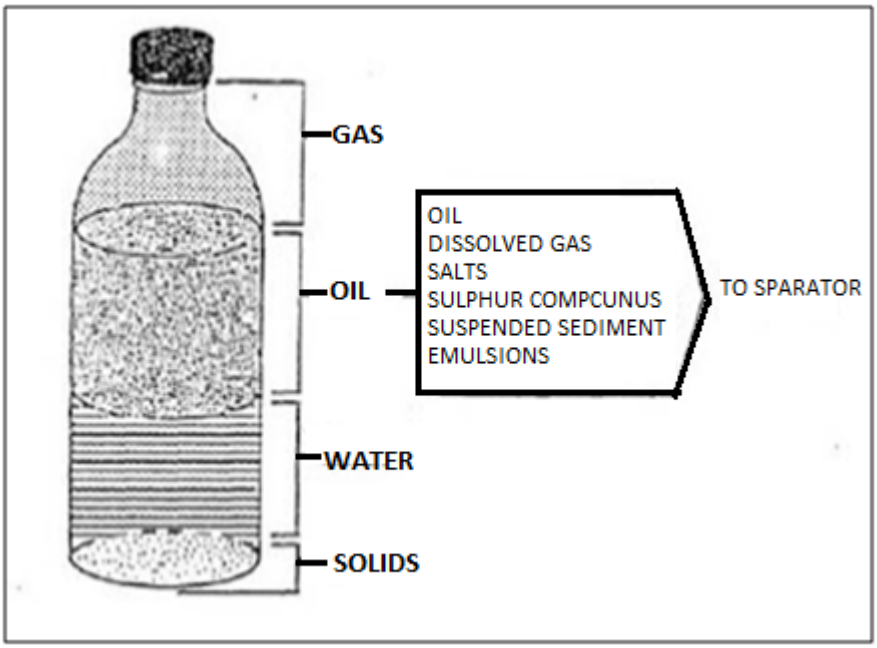
Sebelum di filtrasi lilin harus dikristalisasi untuk menyesuaikan ukuran kristal dengan cooling dan stirring. Lilin yang tidak diinginkan dipindahkan dan menjadi lilin mikrokristalin yang diperdagangkan. Kristalisasi adalah proses pembentukan bahan padat dari pengendapan larutan, melt (campuran leleh), atau lebih jarang pengendapan langsung dari gas. Kristalisasi juga merupakan teknik pemisahan kimia antara bahan padat-cair, di mana terjadi perpindahan massa (mass transfer) dari suat zat terlarut (solute) dari cairan larutan ke fase kristal padat.

6. Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan kelarutannya terhadap dua cairan tidak saling larut yang berbeda, biasanya air dan yang lainnya pelarut organik. Pengerjaan ini didasarkan pada pembagian dari suatu bahan tertentu dalam dua bagian yang mempunyai sifat dapat larut yang berbeda.

Suatu *separator* minyak/*gas* yang ideal, yang bertitik tolak dari pendapatan cairan yang maksimum, adalah suatu konstruksi yang dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat menurunkan tekanan aliran fluida dari sumur pada inlet *separator*., menjadi atau mendekati tekanan *atmosphere* pada saluran keluar *separator*. *Gas* dipindah atau dikeluarkan dari *separator* secara terus menerus segera setelah terpisah dari cairan, peristiwa ini dikenal dengan *differential separation*, namun penataan seperti diatas tidak praktis.

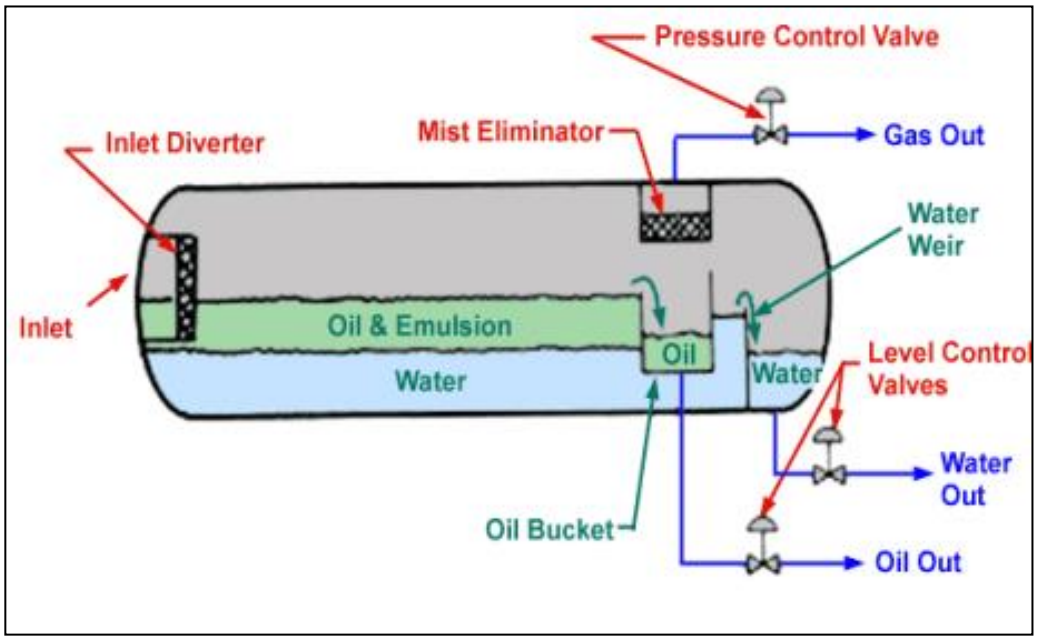
Prinsip pemisahan (Gambar 3.3) tergantung dari efek gravitasi untuk memisahkan cairan, sebagai contoh hasil pemisahan minyak, *gas* dan air akan terpisah bila ditempatkan pada satu wadah karena mempunyai perbedaan densitas satu sama lainnya. Proses pemisahan karena adanya perbedaan densitas fluida dan efek gravitasi dapat terlihat seperti pada gambar 3.4.




Gambar 3.3. Prinsip Pemisahan

Faktor – faktor lain yang dapat mempengaruhi pemisahan fluida antara lain;

a. Viskositas fluida
b. Densitas minyak dan air
c. Tipe peralatan dalam *separator*
d. Kecepatan aliran fluida
e. Diameter dari titik – titik air *(droplet)*




Gambar 3.4. Proses Pemisahan Fluida Didalam Separator

### 1.3. Metoda Proses Pemisahan Migas

Nitrogen diproduksi secara komersial dengan proses pemisahan, yaitu dengan mencairkan udara atmosfir dan kemudian memisahkannya dengan cara distilasi bertekanan, dan proses lainnya yang dewasa ini cukup banyak diterapkan dalam industri adalah dengan menggunakan permeable membrane.

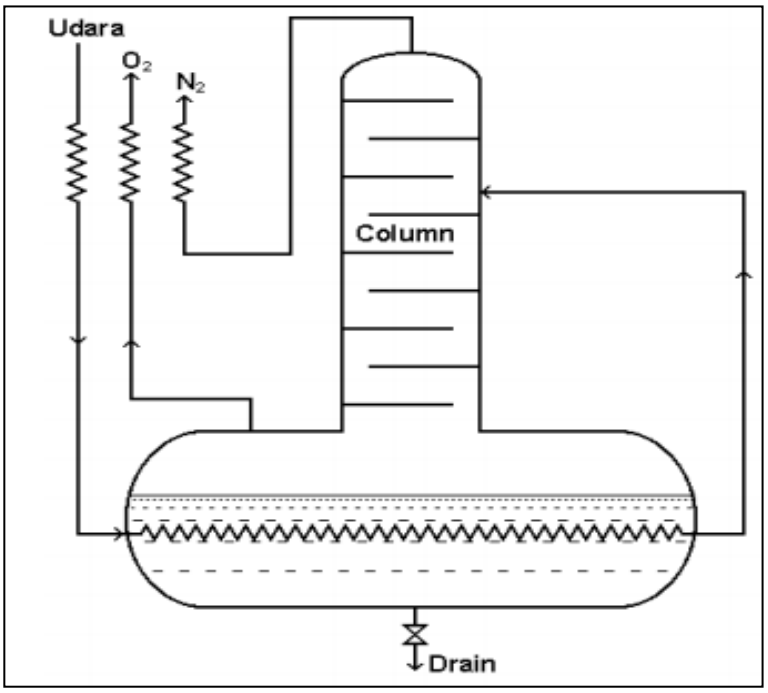
Disamping dari udara, nitrogen juga dapat diperoleh dari gas alam yang pada umumnya cukup tinggi kandungan nitrogennya. Beberapa proses pemisahan udara yang populer dan banyak diterapkan di dalam industri-industri besar diantaranya adalah:

- Linde Sinle-Column Air Separation
- Linde Double-Column Air Separation
- Membrane Air Separation

**a. Linde-Single Column Air Separation**

Dari Gambar 3.5 menunjukkan proses pemisahan nitrogen dengan menggunakan metoda Linde-Single Column Air Separation. Proses ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1902. Prosesnya sangat sederhana, yaitu dengan memampatkan udara kemudian didinginkan. Udara yang telah didinginkan selanjutnya dipisahkan dari komponen-komponennya yaitu terutama nitrogen dan oksigen dengan menggunakan kolom distilasi. Atas dasar perbedaan titik didih dari kedua komponen tersebut maka komponen yang mempunyai titik didih lebih rendah (dalam hal ini nitrogen) akan lebih mudah menguap. Dengan demikian di dalam pemisahannya, nitrogen ditarik dari bagian puncak kolom dan oksigen ditarik dari bagian dasar kolom.

Di dalam kolom distilasi dilengkapi dengan beberapa susunan alat kontak (tray) jenis tertentu yang berfungsi untuk menajamkan pemisahan. Tekanan yang diperlukan berkisar antara 3 - 30 MPa. Jika dikehendaki oksigen yang dihasilkan berupa gas maka tekanan yang dibutuhkan sekitar 3 - 6 MPa, sedangkan jika dikehendaki oksigen yang dihasilkan dalam bentuk cairan maka tekanan yang dibutuhkan sekitar 6 - 30 MPa.



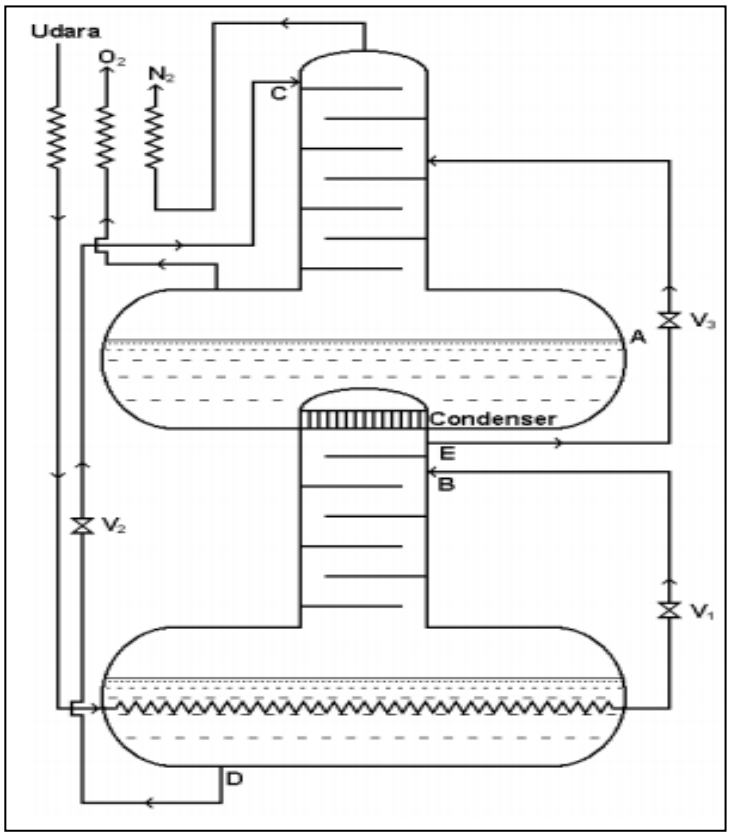

Gambar 3.5. Linde-Sinle Column Air Separation

**b. Linde-Double Column Air Separation**

Gambar 3.6 menunjukkan proses pemisahan nitrogen dengan menggunakan metoda Linde-Double Column. Pada prinsipnya sama seperti apa yang dilakukan dengan menggunakan metoda Linde-Single Column. Seperti yang terlihat pada gambar 3.6, untuk proses pemisahannya dilakukan dengan menggunakan dua buah kolom yang tersusun secara seri, hal ini dimaksudkan agar hasil pemisahannya dapat lebih sempurna dengan kata lain komponen -komponen yang dipisahkan mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi.

Udara cair masuk pada titik intermediate B dan setelah di dalam kolom pertama (bawah) terjadi pemisahan antara fase uap dan fase cair. Fase uap banyak mengandung komponen nitrogen sedangkan fase cair

banyak mengandung komponen oksigen. Bagian puncak kolom pertama dilengkapi dengan sebuah condenser dimaksudkan agar pada bagian tersebut terjadi reflux yang akan membantu penajaman dalam pemisahan.




Gambar 3.6. Linde-Double Column Air Separation

Uap yang dihasilkan dari puncak kolom pertama ditarik melalui titik E kemudian masuk ke dalam kolom kedua (atas). Sedangkan cairan yang dihasilkan dari bagian dasar kolom pertama (reboiler) dengan konsentrasi oksigen sekitar 45 % ditarik melalui titik D masuk ke dalam kolom kedua melalui titik C yang posisinya sedikit di bawah saluran gas masuk. Di dalam kolom kedua terjadi pemisahan yang lebih tajam dan nitrogen maupun oksigen yang dihasilkan mempunyai kemurnian yang lebih tinggi

dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh Simple-Linde Separation Process. Karena condenser harus mengembunkan sebagian uap oksigen yang terikut ke dalam fase uap maka pada kolom pertama harus beroperasi pada tekanan yang lebih tinggi, yaitu sekitar 500 kPa, sedangkan kolom kedua hanya sekitar 100 kPa.

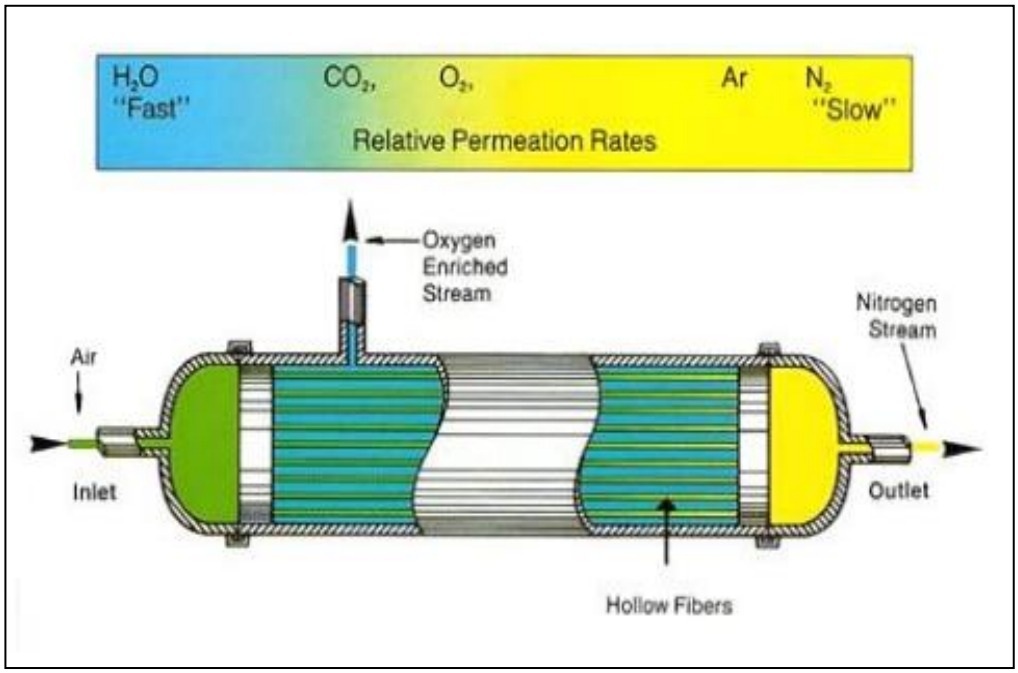
**c. Membrane Air Separation**

Udara yang terdiri dari beberapa unsur seperti uap air, karbon dioksida, oksigen, argon, dan nitrogen dapat dipisahkan dengan cara melewatkannya melalui sebuah permeable membrane (membran yang dapat ditembus). Proses pemisahan dengan menggunakan permeable membrane ini didasarkan atas perbedaan kemampuan gas menembus membrane tertentu. Setiap gas mempunyai karakteristik laju permeasi, yaitu merupakan fungsi dari kemampuannya untuk melarut dan mendifusi melalui membrane.

Gas yang mempunyai laju permeasi yang lebih cepat seperti oksigen dapat dipisahkan dari gas yang mempunyai laju permeasi yang lebih lambat seperti nitrogen, perhatikan ilustrasi pada gambar 3.7. Sebagai driving force (daya dorong) proses pemisahan dengan metoda ini adalah perbedaan tekanan parsial yang ditimbulkan antara sisi udara yang diumpankan (compressed feed air) dan sisi tekanan rendah dari membrane. Pemisahan nitrogen sebenarnya terjadi di dalam membrane separator. Setiap membrane separator terdiri dari sebuah bungkusan hollow membrane fiber di dalam shell yang berbentuk silinder, dan tersusun seperti sebuah shell and tube heat exchanger.

Udara bertekanan diumpankan melalui ujung masukan (inlet end) separator, dan mengalir melalui bagian dalam hollow fiber menuju ujung keluaran (outlet end). Dalam perjalanannya sebagian molekul-molekul komponen udara mulai menembus dinding fiber sesuai dengan permeabilitasnya. Uap air, karbon dioksida, dan uap air dapat menembus membrane lebih cepat dibandingkan dengan nitrogen.

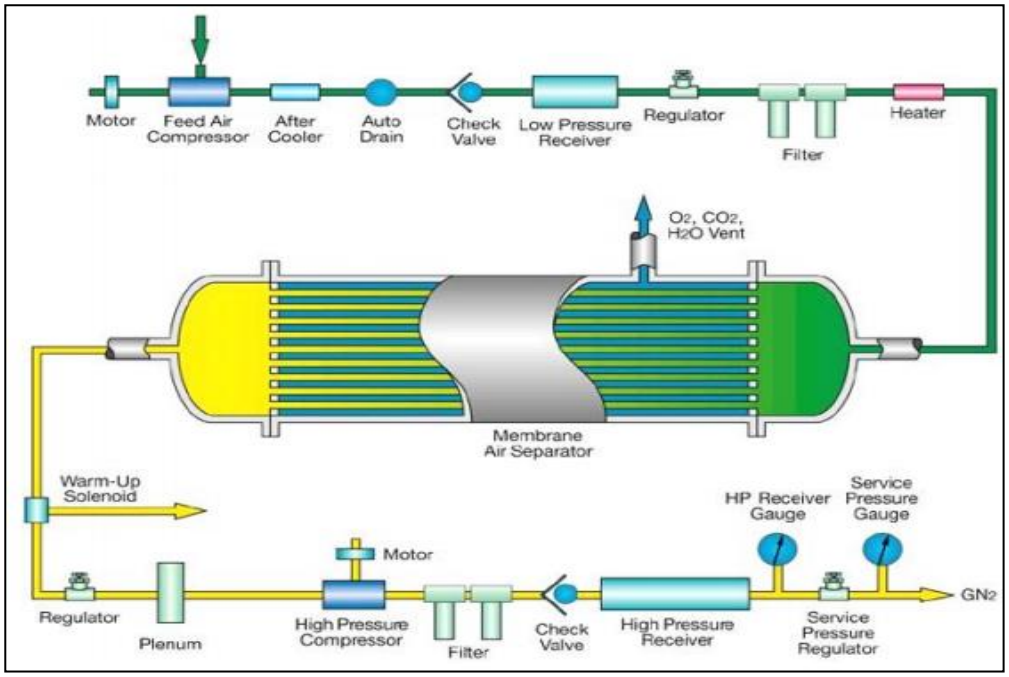
Dengan demikian nitrogen yang keluar dari ujung keluaran mempunyai tingkat kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara saat memasuki membrane separator. Sedangkan aliran yang kaya akan oksigen (oxygen-rich stream) dibuang ke atmosfir atau diproses lebih lanjut untuk dimurnikan oksigennya dan digunakan untuk keperluan tertentu. Jika konsumsi nitrogen menurun maka aliran nitrogen akan menurun juga, dan sebagai akibatnya tingkat kemurnian nitrogen menjadi lebih tinggi lagi.




Gambar 3.7. Prinsip Kerja Permeable Membrane

Sistem pemisahan nitrogen secara lengkap dengan menggunakan permeable membrane dapat dilihat dalam gambar 3.7. Proses pemisahan dengan cara ini dapat menghasilkan nitrogen dengan tingkat kemurnian 95 – 99 % dengan titik embun di bawah –70 $^{o}$C. Jika nitrogen yang dihasilkan mempunyai tingkat kemurnian 95 % maka titik embunnya mencapai dibawah –70 $^{o}$C, jika tingkat kemurniannya 99 % maka titik embunnya mencapai dibawah – 100 $^{o}$C. Tekanan operasi di dalam membrane separator dapat emncapai 6000 psig seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.8. Dua buah filter dipasang sebagai kelengkapan filter dimaksudkan untuk:

- Sebuah filter di bagian upstream untuk menjamin bahwa udara yang akan dipisahkan tidak lagi mengandung aerosol minyak.
- Sebuah filter di bagian downstream untuk menjamin bahwa nitrogen yang dihasilkan bebas dari debu karbon.




Gambar 3.8. Membrane Air Separation

Dalam sistem seperti ini bamyak menggunakan membrane cartridge dengan maksud untuk memudahkan dalam pemeliharaannya. Membrane dapat diganti dengan melepas cartidge tanpa harus melepas pressure vessel.

## 1.4. Klasifikasi *Separator*

Klasifikasi *separator* tergantung dari pembagian jenis ruang lingkupnya, secara umum diklasifikasikan sebagai berikut :

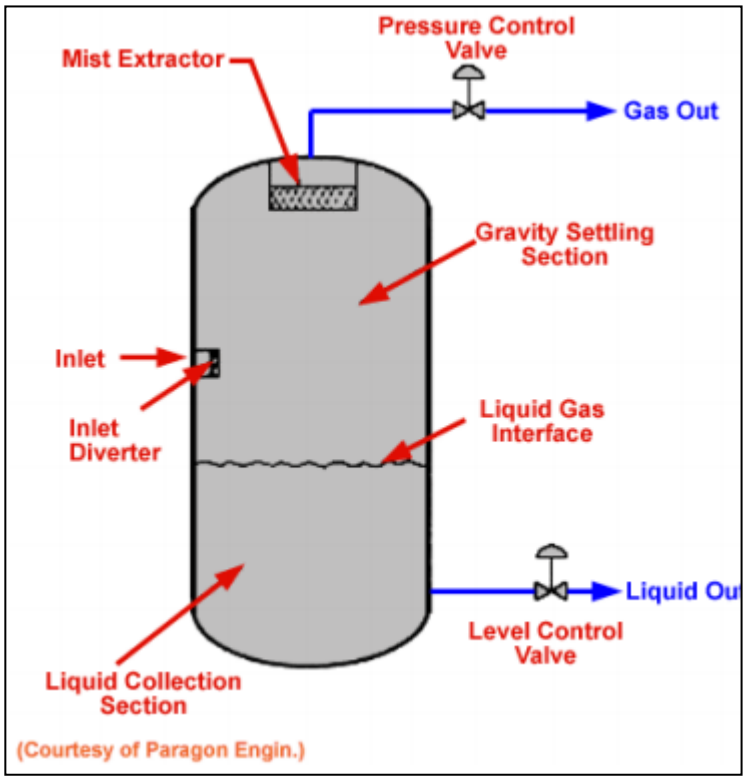
- **Menurut tekanan kerja (*working pressure*)**
  a. *High Pressure* (HP) *Separator* 650-1500 psi
  b. *Medium Pressure* (MP) *Separator* 225-650 psi
  c. *Low Pressure* (LP) *Separator* 10-225 psi

- **Berdasarkan hasil pemisahan**
  a. *Separator* dua fasa : memisahkan fluida formasi menjadi fasa cair dan fasa gas
  b. *Separator* tiga fasa : memisahkan fluida formasi menjadi fasa minyak, air dan gas

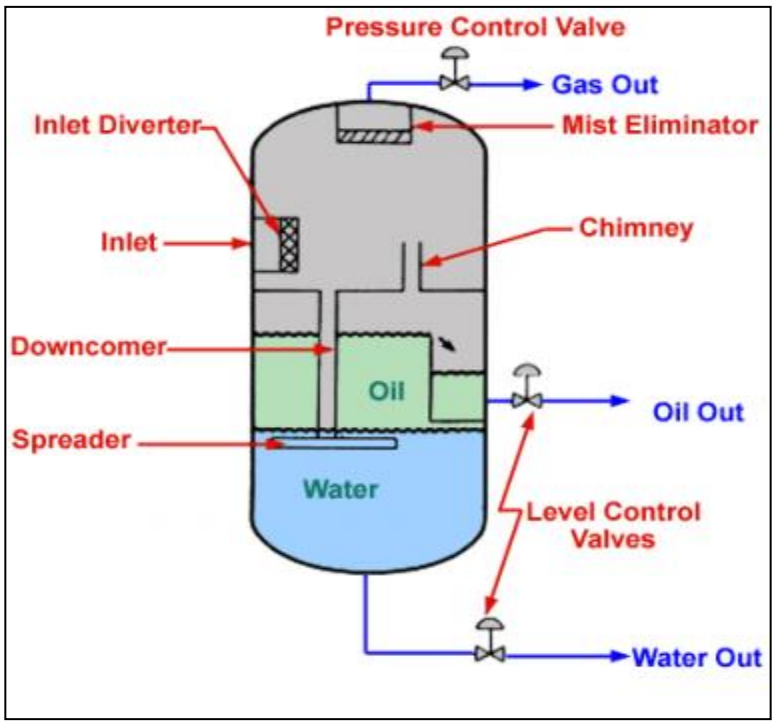
## 1.5. Sparator Berdasarkan Bentuk

### a. *Separator* Vertikal

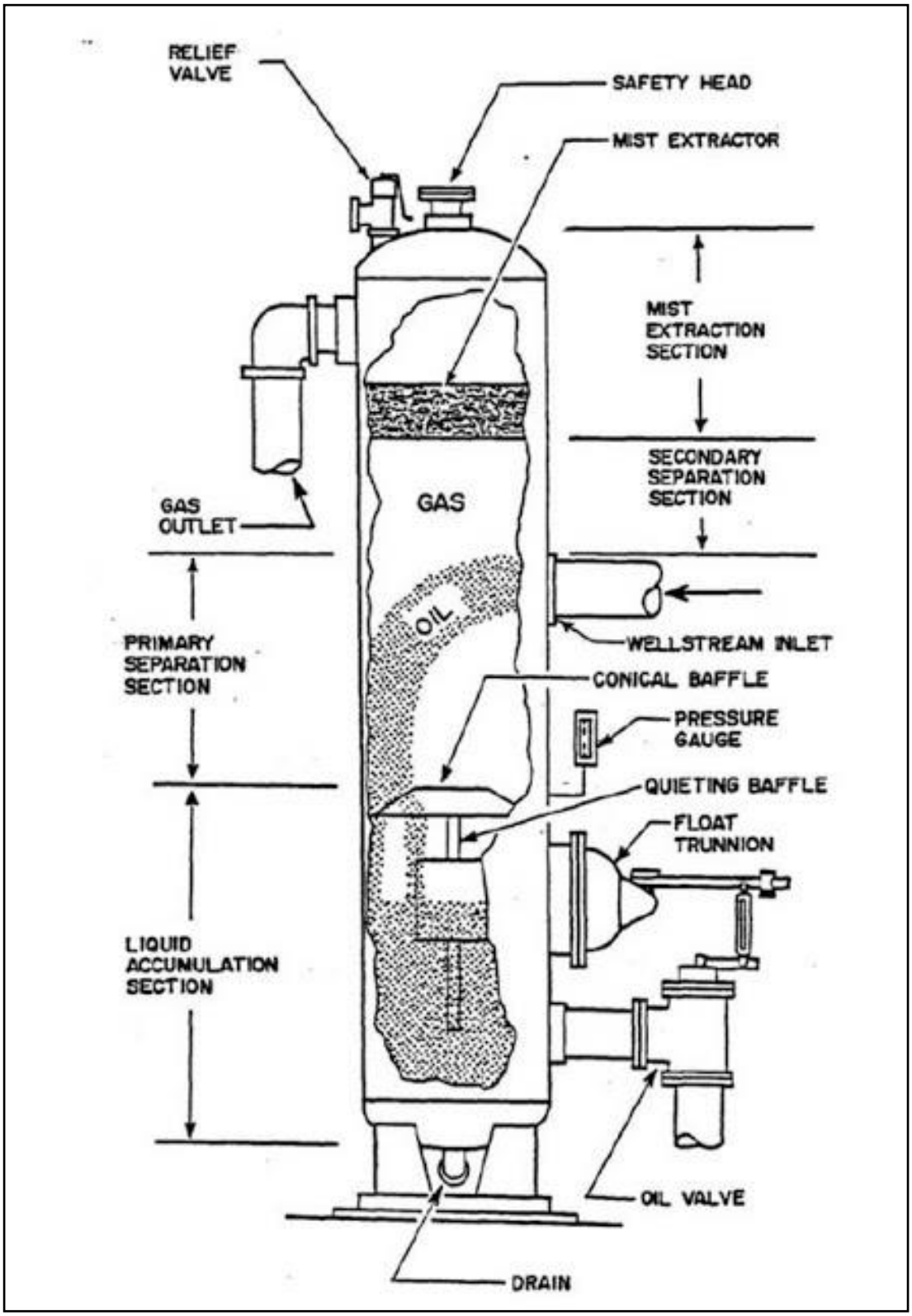
Vertical *Separator* vertical 2 fase (2 *Phase Vertical Separator*) sering digunakan untuk aliran fluid yang rasio gas terhadap cairannya (*gas oil ratio* atau GOR) rendah sampai sedang dan yang diperkirakan akan terjadi cairan yang datang secara kejutan (*slug*) yang relatif sering. Gambar 3.9 dan 3.10 adalah *separator* vertikal. Bagian bawah dari bejana biasanya berbentuk cembung, gunanya untuk menampung pasir dan kotoran padat yang terbawa.



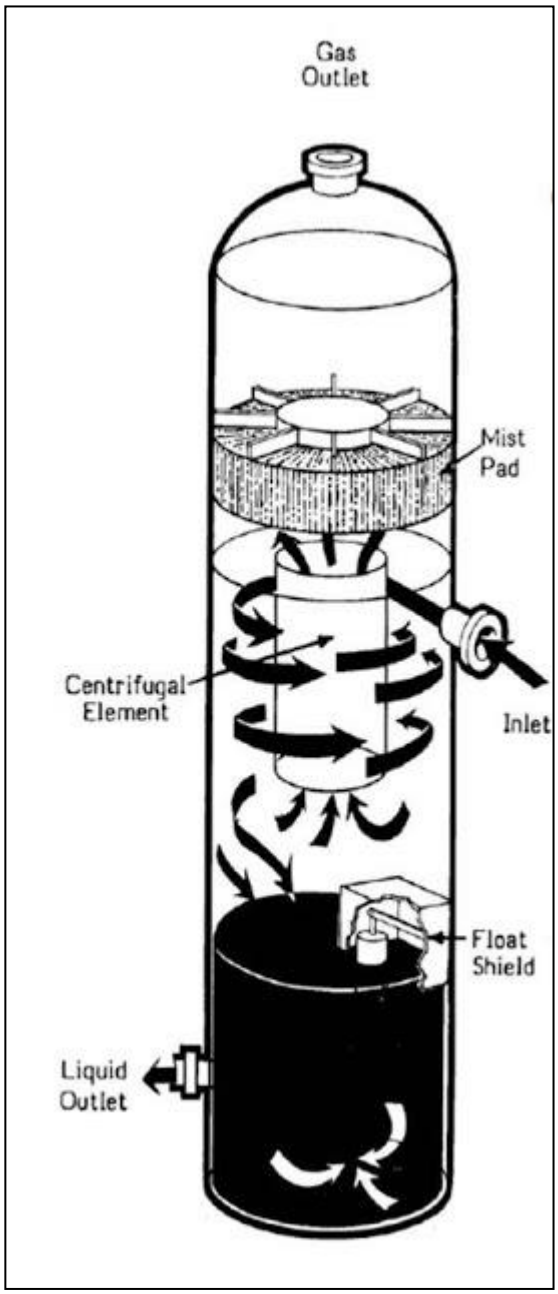

Gambar 3.9. *Separator* vertical 2 fase




Gambar 3.10. Separator Tegak 3 Phasa




Gambar 3.11. Bagian – bagian dari *Separator* Vertikal




Gambar 3.12. Prinsip pengoperasian *Separator* Vertikal

Pada pengoperasian *Separator* Vertikal seperti pada Gambar 3.12, pengubah-arah aliran masuk (*inlet diverter)* akan menyebabkan cairan yang masuk menyinggung dinding *separator* dalam bentuk *film*, dan pada saat yang bersamaan memberikan gerakan centrifugal kepada fluida. Ini memberikan pengurangan momentum yang diinginkan dan mengizinkan gas untuk keluar dari

*film* cairan. Gasnya naik ke bagian atas dari bejana, dan cairannya turun ke bawah. Sedikit dari partikel-partikel cairan akan terbawa naik ke atas bersama gas yang naik untuk memperangkap butiran-butiran cairan yang akan ikut aliran gas digunakan *mist extractor* atau *mist eliminator*, yaitu susunan kawat kasa dan ada juga yang lebih canggih dengan ketebalan tertentu, dipasang melintang terhadap arah arus gas pada bagian atas seksi gasnya. *Separator* semacam ini biasa digunakan untuk tekanan kerja antara 50 sampai 150 psig.

Kelebihannya :

- Pengontrolan level cairan tidak terlampau rumit
- Dapat menanggulangi pasir dalam jumlah besar
- Mudah dibersihkan karena bagian bawah mempunyai design yang berkerucut.
- Mempunyai kapasitas surge cairan yang besar

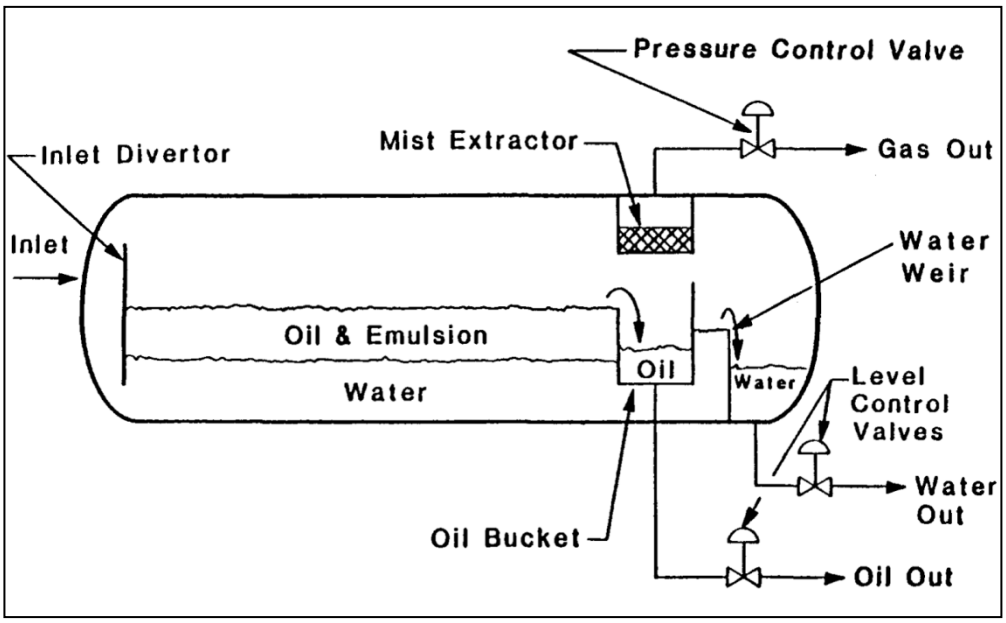
Kekurangannya :

- Lebih sulit merawat peralatan - peralatan keselamatan yang terpasang diatas.
- Pemasangan outlet gas lebih sulit
- Harga lebih mahal
- Membutuhkan diameter yang lebih besar untuk suatu kapasitas gas tertentu.

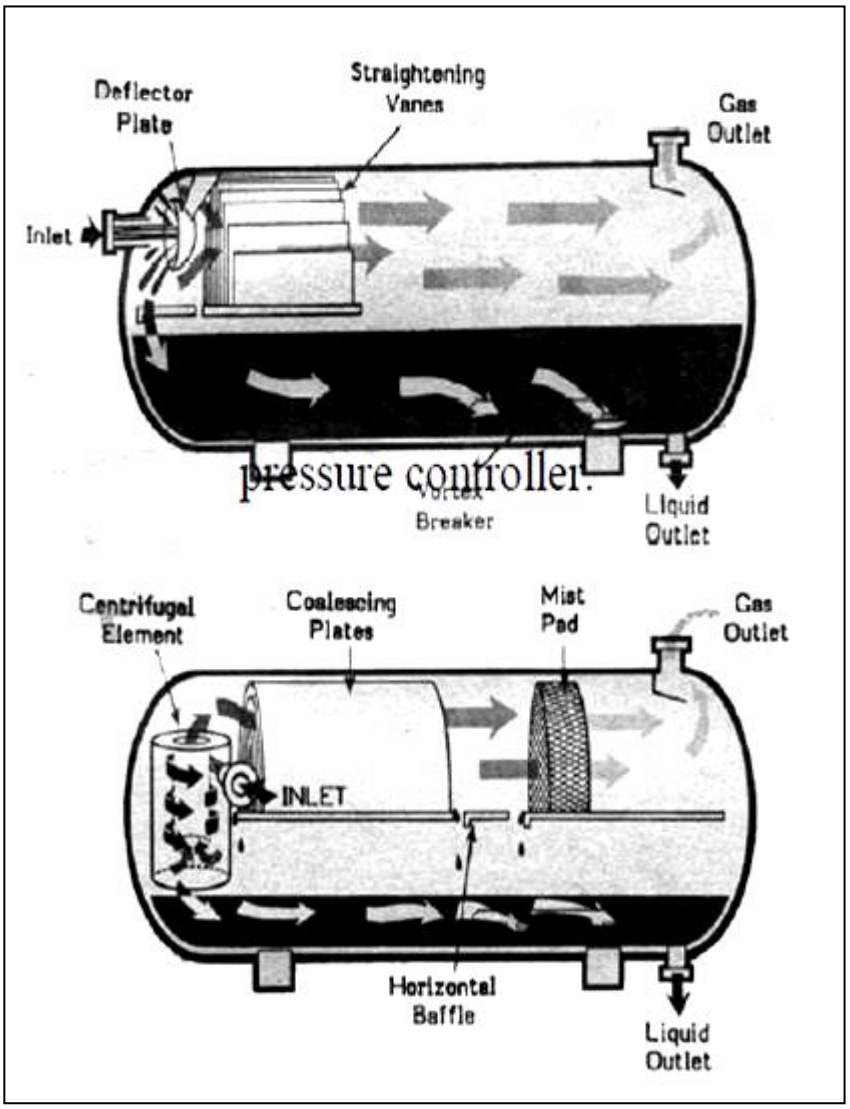
**b. *Separator* Horizontal**

*Separator* horizontal mungkin yang terbaik dan termurah dibandingkan dengan *separator* vertical yang kapasitasnya sama. *Separator* horizontal

mempunyai luas antar permukaan gas dengan cairan lebih besar, terdiri dari banyak sekat-sekat yang luas sepanjang seksi pemisah gasnya, yang memberikan lebih banyak kecepatan gasnya. *Separator* horizontal hampir selalu digunakan untuk aliran yang mempunyai rasio gas terhadap cairan (GOR) yang tinggi untuk arus yang berbuih, atau untuk cairan yang keluar dari *separator* sebelumnya. Bagian – bagian *Separator* Horizontal ditunjukkan pada gambar 3.13.




Gambar 3.13. Bagian – bagian *Separator* Horizontal




Gambar 3.14. Cara pemesangan *Separator* horizontal

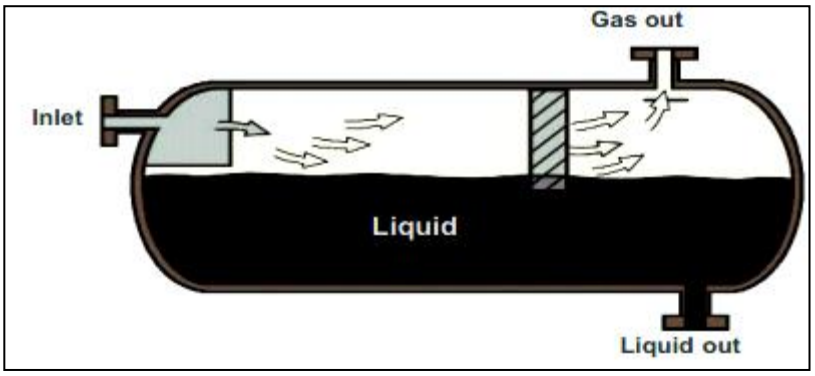
*Separator* horizontal mudah pemasangannya seperti paga gambar 3.14, apalagi yang terpasang di atas skid, dan juga mudah melakukan pemeliharaannya. Beberapa *separator* horizontal dengan mudah dapat disusun ke atas, untuk dijadikan satu *assembly* pemisahan bertingkat (*stage separation*) yang bisa menghemat ruang.

Pada *separator* horizontal, fluid mengalir secara horizontal dan bersamaan waktunya bersinggungan pada permukaan cairan. Beberapa *separator* mempunyai pelat-pelat penyekat *(baffle plates)* horisontal yang tersusun berdekatan dengan jarak yang sama pada hampir sepanjang bejana yang

tersusun dengan kemiringan sekitar 45° terhadap bidang horisontal. Gas mengalir di dalam permukaan penyekat-penyekat dan butiran-butiran cairannya melekat pada pelat penyekat dan membentuk *film* yang kemudian mengalir ke seksi cairan dari *separator*. Gambar 3.14 adalah *separator* horizontal yang dimaksud.

Separator Horizontal dua fase

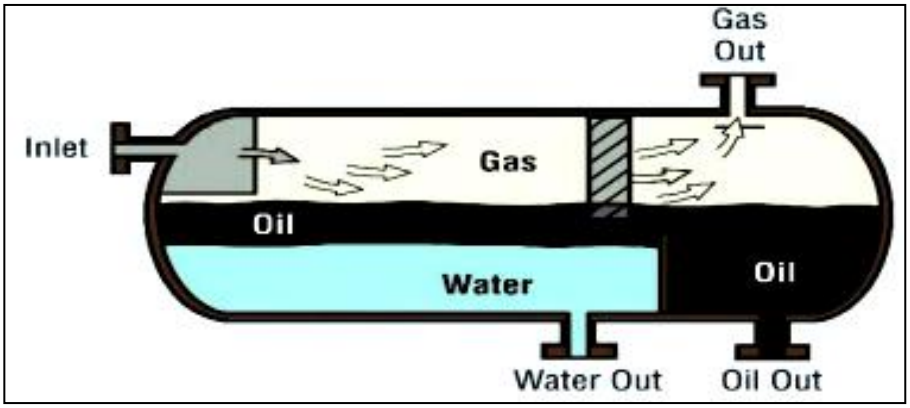
Separator dua fase berfungsi memisahkan gas dari cairan. Gas mengalir keluar dari gas outlet, cairan (minyak dan air) keluar melalui liquid outlet yang sama.




Gambar 3.15. Separator Horizontal dua fase

Separator Horizontal tiga fase

Separator tiga fase berfungsi memisahkan gas, minyak dan air. Gas keluar melalui gas outlet, air dan minyak keluar melalui outlet yang lain.




Gambar 3.16. Separator Horizontal tiga fase

Kelebihannya :

- Lebih murah dari separator vertikal
- Dapat menampung crude dalam bentuk foam Mudah diangkut
- Lebih ekonomis dan efisien untuk memproses gas dalam jumlah besar
- Diperlukan diameter yang lebih kecil untuk sua tu kapasitas gas tertentu

Kekurangan

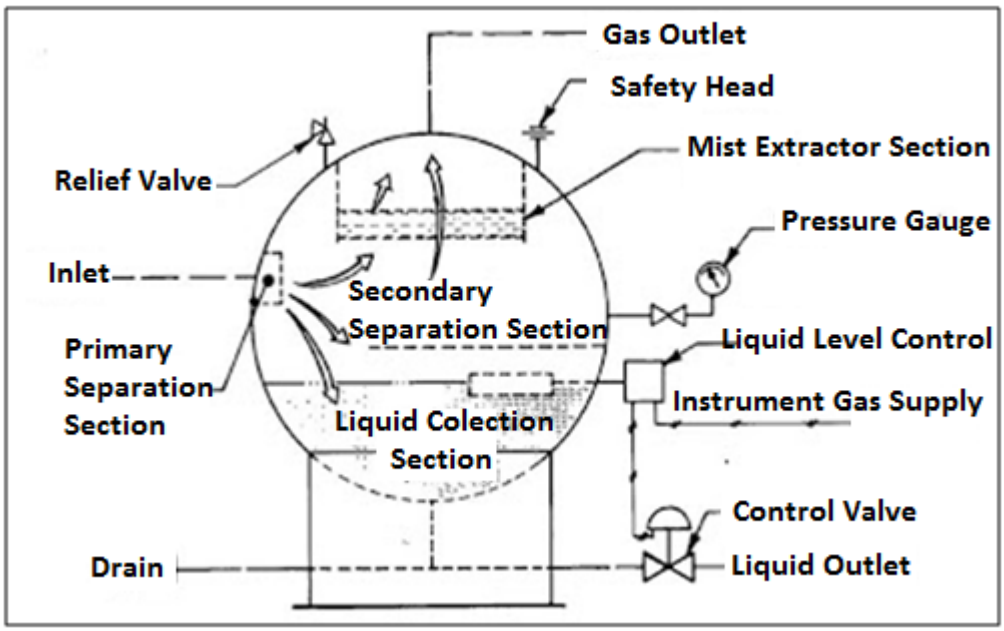
- Apabila fluida mengandung pasir, lebih sulit membersihkan
- Pemasangannya memerlukan ruangan yang lebih luas, kecuali kalau disusun bertingkat

**c. Separator Bulet (*separator spherical)***

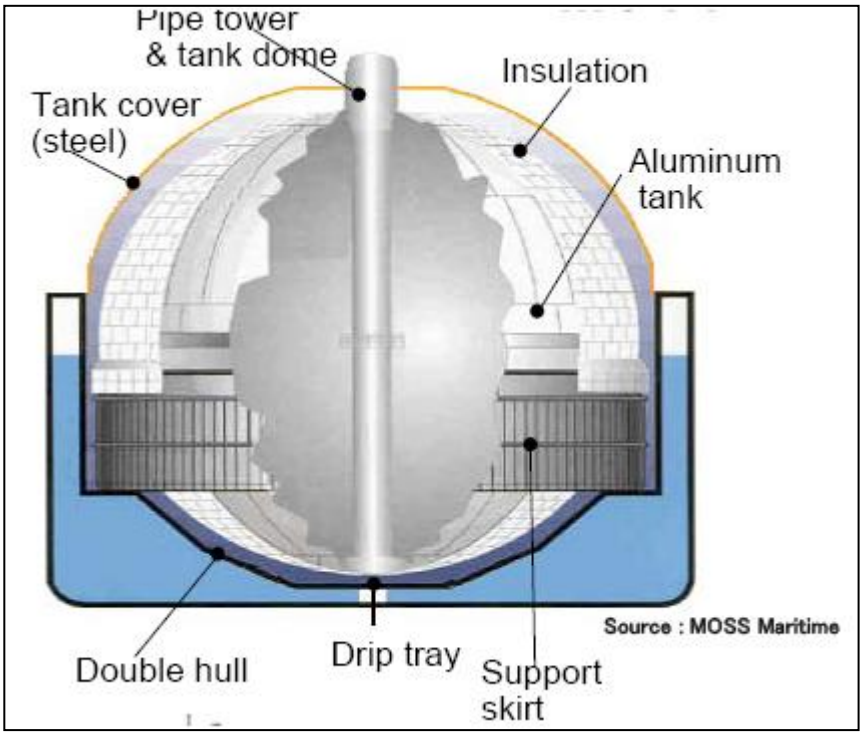
Jenis dari separator bulet memiliki kapasitas gas dan pemisahan yang terbatas sehingga umumnya digunakan untuk memisahkan zat yang memiliki GLR kecil hingga sedang namun dapat beroperasi pada tekanan tinggi.

Kelebihan: memiliki harga yang paling murah jika dibandingkan dari jenis sebelumnya, lebih mudah untuk dibersihkan.

Kekurangan: Sistem pengontrolan cairan yang rumit, memiliki ruang pemisah dan kapasitas surge lebih kecil.




Gambar 3.17. Bagian – bagian Separator Bulet (*separator spherical)*




Gambar 3.18. Skematik dari *separator spherical*

Gambar 3.18 adalah skematik dari *separator spherical*. Bagian-bagian dari *separator spherical* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.17 sejenis

dengan *separator* vertikal maupun *separator* horizontal. Jenis ini memiliki kelebihan dalam *pressure containment* tetapi karena kapasitas surges terbatas dan mempunyai kesulitan dalam fabrikasi maka *separator* jenis ini tidak banyak digunakan di lapangan.

### 1.6. Type Separator Berdasarkan Fungsinya

Separator memiliki tujuan yang sama, tetapi dapat dibedakan dalam prosesnya seperti jumlah tekanan yang digunakan. Terdapat lima perbedaan separator pada golongan ini, yaitu:

1. Gas Scrubber

   Alat ini dirancang khusus untuk memisahkan butir-butiran cairan yang masih terikat oleh gas dan terikut pada proses pemisahan pertama. Umumnya alat ini dipasang setelah separator dan sebelum dehdrator, extraction plant atau kompresor agar mencegah masuknya cairan kedalam alat tersebut.

2. Knock Out

   Jenis alat ini dapat dibedakan dalam dua type, yaitu free water knock out (FWKO) yang digunakan untuk memisahkan air bebas dan hidrokarbon cair sedangkan type kedua yaitu total liquid knock out (TLKO) fungsi dari jenis ini ialah memisahkan cairan dari gas yang bertekanan tinggi (>125 psi).

3. Flash Chamber

   Type ini digunakan untuk proses pemisahan secara kilat (cepat), dan digunakan sebagai separator tahap lanjut yang dirancag untuk bekerja pada tekanan rendah (>125psi).

4. Expanssion Vessel

   Jenis ini digunakan untuk pemisahan bertemperatur rendah dan digunakan untuk menampung gas hidrat yang telah terbentuk pada proses pendinginan, alat ini memiliki tekanan kerja antara 100-130 psi.

5. Chemical Electric

   Alat ini merupakan jenis separator tingkat lanjut yang digunakan untuk memisahkan kandungan air dari fraksi hasil separasi pada stage sebelumnya, proses pada alat ini dilakukan secara electric (menggunakan prinsip anoda catoda) sehingga lebih memudahkan proses pemisahan.

## 1.7. Bagian- Bagian Utama Separator

Primary separation section

Bagian utama separator yang digunakan untuk mengumpulkan sebagian besar fluida yang masuk ke separator.

Secondary separation section/Gravity settling section

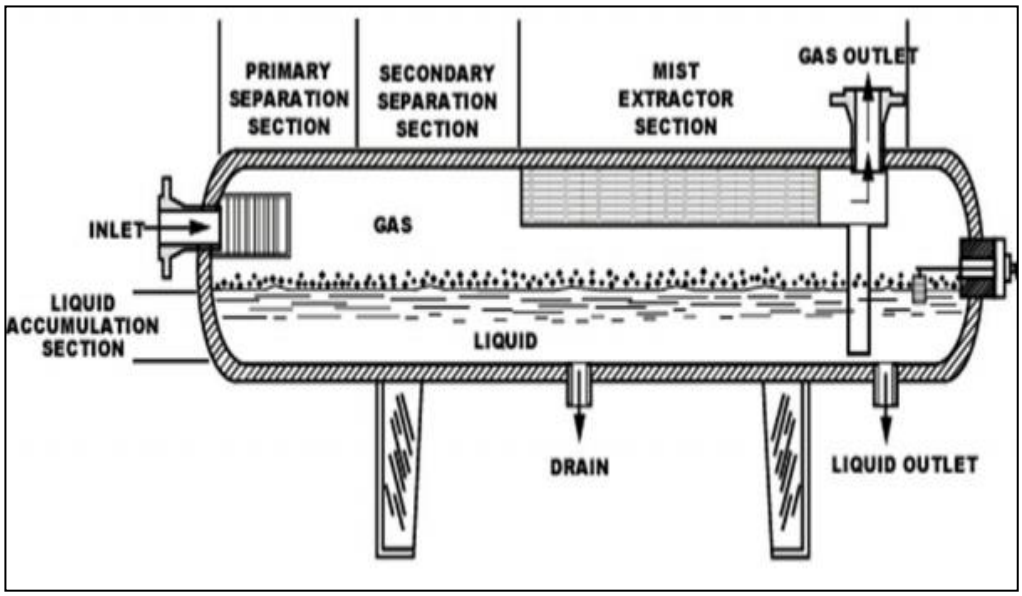
Bagian utama separator yang digunakan untuk memisahkan butiran cairan yang sangat kecil (mist). Prinsip utama dari proses pemisahan pada bagian ini berdasarkan sistem gravity.

Mist extraction section

Bagian utama separator yang digunakan untuk memisahkan butiran cairan yan g sangat kecil untuk membentuk butiran cairan yang besar.

Liquid accumulation section

Bagian utama separator yang digunakan sebagai tempat penampungan semua cairan yang sudah terbebas/terpisahkan dari gas.




Gambar 3.19. Bagian – bagian utama dari Separator

## 2. Gas Ideal dan Gas Nyata

### 2.1. Gas Ideal

Pengertian Gas Ideal, suatu gas hipotetis yang memiliki molekul yang dipantulkan satu sama lain (dalam batas-batas wadah mereka) dengan elastisitas yang sempurna dan memiliki ukuran yang diabaikan, dan di mana gaya antarmolekul yang bekerja antara molekul tidak bersentuhan satu sama lain juga diabaikan. Gas tersebut akan mematuhi hukum gas (seperti hukum Charles dan hukum Boyle) tepat pada semua suhu dan tekanan. Gas yang paling aktual yang bertindak kurang lebih sebagai gas ideal, kecuali pada suhu yang sangat rendah (ketika energi potensial gaya antarmolekul mereka relatif tinggi terhadap energi kinetik dari molekul dan menjadi signifikan), dan di bawah tekanan yang sangat tinggi (ketika molekul yang dikemas begitu berdekatan bahwa kekuatan antarmolekul jarak dekat menjadi signifikan).

Gas ideal didefinisikan sebagai salah satu di mana semua tumbukan antara atom atau molekul bersifat elastis sempurna dan di mana tidak ada kekuatan menarik antarmolekul. Sesuatu dapat memvisualisasikannya sebagai kumpulan bola sempurna keras yang bertabrakan tetapi dinyatakan tidak berinteraksi satu sama lain. Dalam gas seperti itu, semua energi internal

dalam bentuk energi kinetik dan perubahan energi internal disertai dengan perubahan suhu.

Gas ideal dapat dicirikan oleh tiga variabel keadaan: tekanan mutlak (P), volume (V), dan suhu mutlak (T). Hubungan antara mereka dapat disimpulkan dari teori kinetik dan disebut.

$$PV = nRT = NkT \qquad (3.1)$$

Keterangan:

n = banyaknya mol

R = Universal gas konstan = 8,3145 J / mol K

N = jumlah molekul

k = konstanta Boltzmann = $1{,}38066 \times 10^{-23}$ J / K = $8{,}617385 \times 10^{-5}$ eV / K

$k = R / N_A$

$N_A$ = Bilangan Avogadro = $6.0221 \times 10^{23}$ / mol

Hukum gas ideal dapat dipandang ketika yang muncul dari tekanan kinetik molekul gas bertabrakan dengan dinding wadah sesuai dengan hukum Newton. Tapi ada juga unsur statistik dalam penentuan energi kinetik rata-rata molekul-molekul. Suhu diambil harus proporsional dengan energi kinetik rata-rata ini, ini akan memanggil gagasan tentang temperatur kinetik. Satu mol gas ideal pada STP menempati 22,4 liter.

Gas yang mengikuti hukum Boyle dan hukum Charles, yakni hukum gas ideal disebut gas ideal. Namun, didapatkan, bahwa gas yang kita jumpai, yakni gas nyata, tidak secara ketat mengikuti hukum gas ideal. Semakin rendah tekanan gas pada temperatur tetap, semakin kecil deviasinya dari perilaku ideal. Semakin tinggi tekanan gas, atau dengan kata lain, semakin kecil jarak intermolekulnya, semakin besar deviasinya.

Paling tidak ada dua alasan yang menjelaskan hal ini. Pertama, definisi temperatur absolut didasarkan asumsi bahwa volume gas real sangat kecil sehingga bisa diabaikan. Molekul gas pasti memiliki volume nyata walaupun

mungkin sangat kecil. Selain itu, ketika jarak antarmolekul semakin kecil, beberapa jenis interaksi antarmolekul akan muncul.

## 2.2. Persamaan Umum Gas Ideal

### a. Hukum Boyle

Robert Boyle (1627 – 1691) melakukan percobaan untuk menyelidiki hubungan tekanan dengan volume gas dalam suatu wadah tertutup pada suhu konstan. Hubungan tersebut pertama kali dinyatakan pada tahun 1666, yang dikenal sebagai hukum Boyle, yang berbunyi: “Jika suhu gas yang berada dalam bejana tertutup dijaga konstan, maka tekanan gas berbanding terbalik dengan volumenya”. Secara matematis, pernyataan di atas dapat ditulis sebagai berikut:

$PV = konstan$

$P_1V_1 = P_2V_2$ (3.2)

Di mana

$P$ = tekanan ($N/m^2 = Pa$)

$V$ = volume ($m^3$)

Gambar 3.20. Grafik Hubungan P – V Pada T Konstan

**b. Hukum Charles**

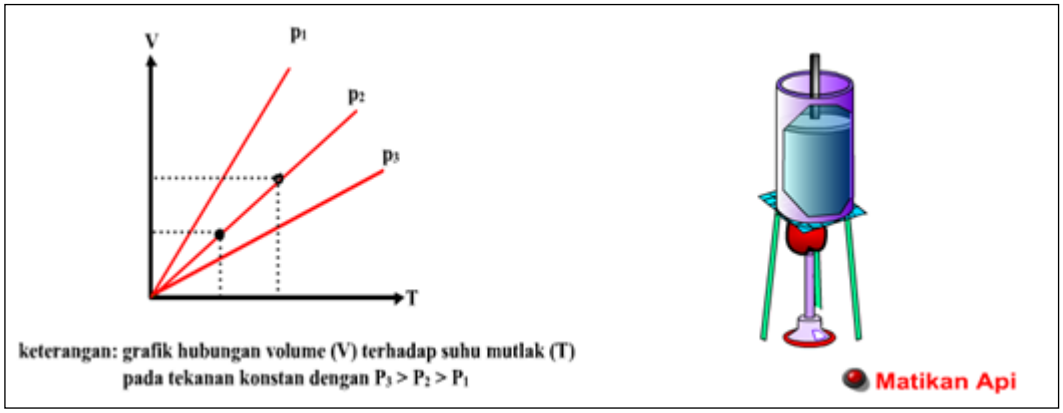
Jacques Charles (1746–1823) menyelidiki hubungan volume dengan suhu dalam suatu wadah tertutup pada tekanan konstan, yang berbunyi: “Jika tekanan gas yang berada dalam bejana tertutup (tidak bocor) dijaga tetap, maka volume gas sebanding dengan suhu mutlaknya”. Secara matematis pernyataan di atas dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{V}{T} = konstan \quad \text{atau} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \tag{3.3}$$

Di mana:

*V* :Volume ($m^3$)

*T* : Suhu mutlak (K)



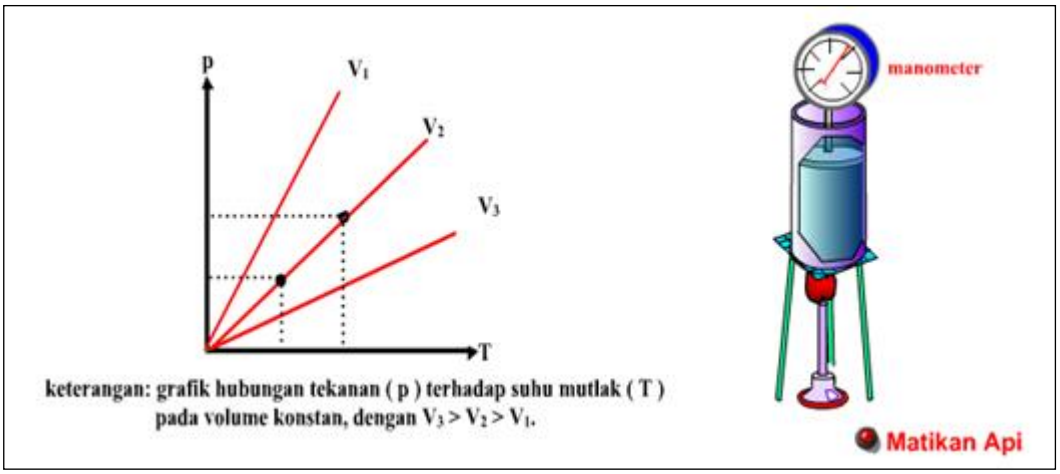

Gambar 3.21. Ilustrasi dan Grafik Hubungan V – T Pada P Konstan

**c. Hukum Gay Lussac**

Joseph Gay Lussac (1778–1805) menyelidiki hubungan suhu dengan tekanan dalam suatu wadah tertutup pada volume konstan yang berbunyi: “Jika volume gas yang berada dalam bejana tertutup dijaga konstan, maka tekanan gas sebanding dengan suhu mutlaknya”. Secara matematis pernyataan di atas dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{P}{T} = konstan$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \qquad (3.4)$$




Gambar 3.22. Grafik dan Ilustrasi Hubungan P – T Pada V Konstan

**d. Hukum Boyle-Gay Lussac**

Persamaan gas ideal yang memenuhi hukum Boyle dan Charles Gay Lussac dengan menyatukan ketiga persamaan, adalah :

$$\frac{PV}{T} = tetap$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \qquad (3.5)$$

persamaan ini dikenal dengan persamaan Boyle-Gay Lussac. Persamaan ini sebaiknya digunakan untuk menyelesaikan soal-soal suatu gas yang jumlahnya tetap (massanya tetap) yang mengalami dua keadaan (keadaan 1 dan keadaan 2). Massa suatu gas adalah tetap jika ditaruh dalam wadah yang tidak bocor.

Jika suhu *T* tetap, dihasilkan *Pv* = tetap; jika tekanan *P* tetap, dihasilkan $\frac{P}{T}$ tetap. Persamaan (6.4) berlaku untuk percobaan gas ideal dalam bejana tertutup (tidak ada kebocoran) sehingga massa gas tetap selama percobaan. Jika massa atau mol gas diubah, misal kita menggandakan mol gas *n*,

dengan menjaga tekanan dan suhu tetap, ternyata hasil volum *V* yang ganda (lipat dua) juga. karena itu, boleh ditulis bilangan tetap diruas kanan persamaan (6.4) dengan *nR*, dengan *R* diperoleh dari percobaan, dan diperoleh persamaan umum gas ideal :

$$pV = nRT \qquad (3.6)$$

Dengan

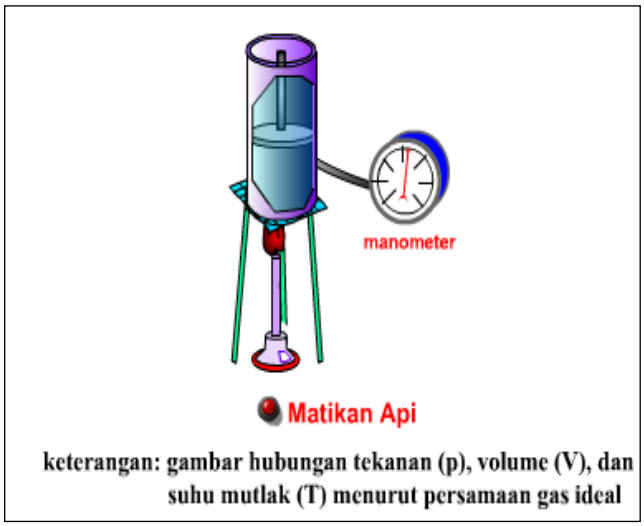
*P* : tekanan (Pa atau atm) dengan 1 atm = 1 x $10^5$ Pa

T : suhu (K)

*R* : konstanta umum gas : 8314 J $kmol^{-1}K^{-1}$

V : volum ($m^3$)

*n* : Jumlah mol (mol)

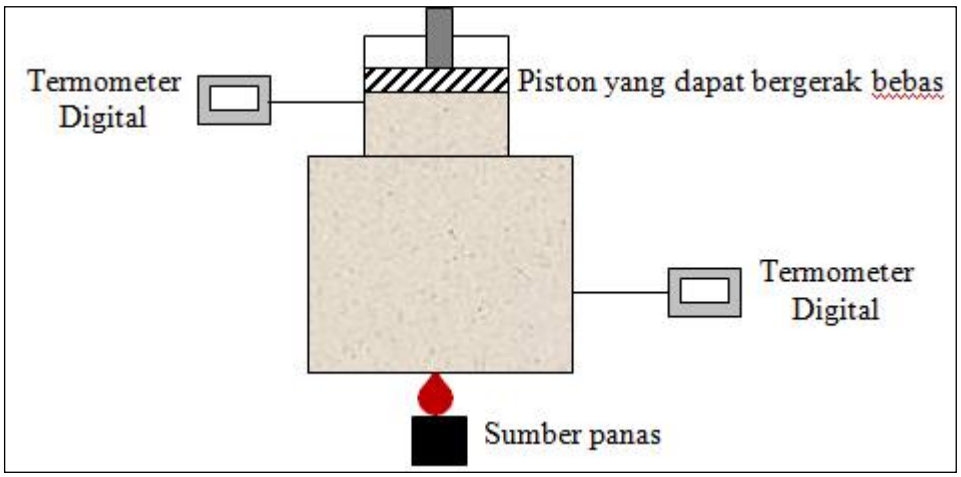



keterangan: gambar hubungan tekanan (p), volume (V), dan suhu mutlak (T) menurut persamaan gas ideal

Gambar 3.23. Hubungan tekanan (P),suhu (T) dan volum (V)

**e. Hukum Charles**

Apabila ditinjau suatu gas yang ditempatkan dalam suatu bejana tertutup seperti ditunjukkan pada gambar 6.3.




Gambar 3.24. Perubahan suhu dan volum pada tekanan konstan

Beban piston yang dapat bergerak bebas yang terletak pada bagian bejana yang berpenampang kecil digunakan untuk mempertahankan agar tekanan gas selama proses berlangsung bernilai konstan. Pada saat bejana dipanaskan, mula-mula tekanan gas naik. Akan tetapi kenaikan tekanan gas akan mendorong piston ke atas sampai tekanan gas dalam bejana sama dengan tekanan mula-mula. Kemudian dilakukan pengukuran volum gas untuk tiap-tiap kenaikan suhu. Hasil percobaan ini menyatakan bahwa: "Apabila tekanan gas yang berada dalam bejana tertutup dipertahankan konstan, maka volum gas sebanding dengan suhu mutlaknya". Pernyatan ini dituliskan:

$$V \sim T \quad , \quad \frac{V}{T} = \text{konstan}$$

Untuk gas yang berada dalam dua keadaan kesetimbangan yang berbeda pada tekanan konstan, maka diperoleh:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \tag{3.7}$$

dimana:

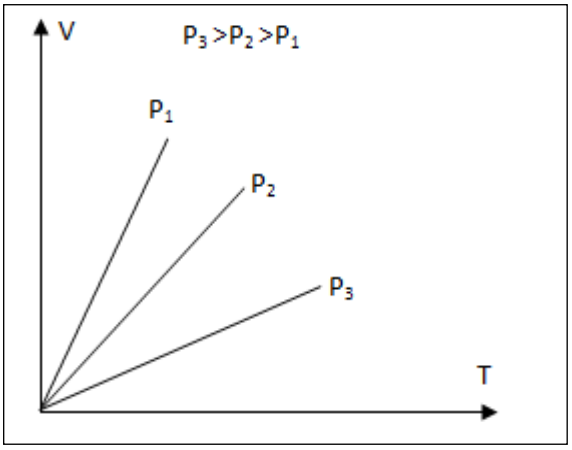
$V_1$ : volum gas pada keadaan 1 ($m^3$)

$V_2$ : volum gas pada keadaan 2 ($m^3$)

$T_1$ : suhu mutlak pada keadaan 1 (K)

$T_2$ : suhu mutlak pada keadaan 2 (K)

Persamaan (2) selanjutnya disebut sebagai hukum Charles, sebagai penghargaan terhadap fisikawan perancis bernama Jacques Charles (1746-1823). Apabila hubungan antara volum dengan suhu gas pada hukum Charles dilukiskan dalam grafik, maka hasilnya tampak seperti gambar 6.4. kurva yang terjadi disebut isobarik yang artinya bertekanan sama.




Gambar 3.25. Grafik hubungan volum dan suhu gas pada tekanan konstan (isobarik)

## 2.3. Sifat – sifat gas ideal

Gas dianggap terdiri atas molekul-molekul gas yang disebut partikel. Teori ini tidak mengutamakan kelakuan sebuah partikel tetapi meninjau sifat zat secara keseluruhan sebagai hasil rata-rata kelakuan partikel tersebut. Untuk menyederhanakan permasalahan teori kinetik gas diambil pengertian tentang gas ideal, dalam hal ini gas dianggap sebagai gas ideal.

Sifat-sifat gas ideal adalah sebagai berikut.

1. Terdiri atas partikel yang banyak sekali dan bergerak sembarang.
2. Setiap partikel mempunyai masa yang sama.
3. Tidak ada gaya tarik menarik antara partikel satu dengan partikel lain.
4. Jarak antara partikel jauh lebih besar disbanding ukuran sebuah partikel.

5. Jika partikel menumbuk dinding atau partikel lain, tumbukan dianggap lenting sempurna.
6. Hukum Newton tentang gerak berlaku.
7. Gas selalu memenuhi hukum Boyle-Gay Lussac.

Dari berbagai sifat di atas, yang paling penting adalah tekanan gas. Misalkan suatu cairan memenuhi wadah. Bila cairan didinginkan dan volumenya berkurang, cairan itu tidak akan memenuhi wadah lagi. Namun, gas selalu akan memenuhi ruang tidak peduli berapapun suhunya. Yang akan berubah adalah tekanannya. Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan gas adalah **manometer**. Prototipe alat pengukur tekanan atmosfer, **barometer**, diciptakan oleh Torricelli. Tekanan didefinisikan gaya per satuan luas, jadi tekanan = gaya/luas.

Dalam SI, satuan gaya adalah Newton (N), satuan luas $m^2$, dan satuan tekanan adalah Pascal (Pa). 1 atm kira-kira sama dengan tekanan 1013 hPa.
1 atm = 1,01325 x $10^5$ Pa = 1013,25 hPa
Namun, dalam satuan non-SI unit, Torr, kira-kira 1/760 dari 1 atm, sering digunakan untuk mengukur perubahan tekanan dalam reaksi kimia.

## 2.4. Gas Nyata (Real Gas)

Gas nyata (real gas) bersifat menyimpang dari gas ideal, terutama pada tekanan tinggi dan suhu rendah. Teori Kinetika gas menjelaskan Postulat 1: massa gas dapat diabaikan jika dibandingkan dengan volume bejana. Pada tekanan tinggi, atau jika jumlah molekul banyak, volume gas harus diperhitungkan a volume ideal sebetulnya lebih kecil dari volume real.

a = Menurut Van Der Waals, koreksi volume tergantung dari n (junlah mol gas)

b = tetapan koreksi volume

Pada tekanan tinggi a rapatan gas tinggi a molekul - molekul sangat berdekatan a gaya antar molekul harus diperhitungkan a karena ada gaya tarik menarik a tekanan yang sebenarnya lebih rendah dari tekanan ideal.

Pengurangan tekanan karena kerapatan gas adalah:

1. Berbanding lurus dengan jumlah tabrakan dengan dinding atau dengan konsentrasi gas
2. Berbanding lurus dengan gaya tabrakan a berbanding lurus dengan konsentrasi gas

Karena hukum gas ideal tidak dapat mereprensentasikan secara akurat perilaku dari gas real, kita harus memformulasikan persamaan yang lebih realistis untuk keadaan dari gas dan menyelidiki implikasi dari persamaan ini. Jika pengukuran tekanan, volume molar, dan temperatur dari suatu gas tidak sesuai dengan hubungan *pV* = *RT*, dengan pengukuran yang presisi, gas tersebut dikatakan menyimpang dari ideal dan menujukkan perilaku yang non ideal. Untuk menujukkan penyimpangan tersebut dengan jelas, rasio dari volume molar yang teramati terhadap volume molar ideal diplot sebagai fungsi dari tekanan pada temperatur konstan. Rasio ini disebut *faktor kompresibilitas* Z. Kemudian,

$$Z = \frac{\overline{V}}{\overline{V}_{id}} = \frac{p\overline{V}}{RT}. \qquad (3.8)$$

Untuk gas ideal, *Z* = 1 dan tidak bergantung pada tekanan dan temperatur. Untuk gas real *Z* = *Z(T,p)* fungsi dari temperatur dan tekanan. Pada pendinginan gas real mencair dan sepenuhnya memadat; setelah pencairan voume tidak banyak berubah. Kita dapat menyusun persamaan baru yang dapat memprediksikan suatu nilai tertentu, volume positif untuk gas pada 0 K dengan menambahkan suatu konstanta positif *b* untuk volume ideal:

$$\overline{V} = b + \frac{RT}{p} \qquad (3.9)$$

Sesuai dengan pers. (3.9) volume molar pada 0 K adalah *b* dan dapat kita dapat mengharapkan bahwa *b* secara kasar bisa dibandingkan dengan volume molar dari cairan atau padatan.

Tekanan yang dikeluarkan gas pada dinding kontainer mengarah keluar. Gaya tarik menarik antara molekul cenderung untuk merapatkannya, yang oleh karenanya mengurangi tekanan keluar ke arah dinding dan mengurangi tekanan dibandingkan yang dikeluarkan oleh gas ideal. Pengurangan pada tekanan ini sebanding dengangaya tarik emnarik antara molekul gas. Sangatlah menarik untuk melihat betapa baiknya persamaan. 3.10 memperkirakan kurva pada Gambar 3.23 dan 3.24. Karena definisi $Z = p\overline{V} / RT$ , perkalian persamaan. (3.9) dengan *pV* menghasilkan:

$$Z = 1 + \frac{bp}{RT}. \qquad (3.10)$$

Anggaplah dua elemen volume kecil $v_1$ dan $v_2$ dalam suatu kontainer gas. Anggaplah bahwa setiap elemen volume terdiri dari satu molekul dan antar dua elemen kecil adalah suatu nilai kecil *f*. Jika molekul lain ditambahkan pada $v_2$, dan mempertahankan tetap satu molekul pada $v_1$, gaya yang terjadi antara kedua elemen haruslah 2*f*; penambahan molekul ketiga da $v_2$ haruslah meningkatkan gaya menjadi 3*f*, dan seterusnya. Gaya tarik menarik antara dua elemen volume oleh karenanya sebanding dengan $\check{c}_2$, konsentrasi dari molekul pada $v_2$. Jika pada sebarang titik pada ungkapan, jumlah molekul pada $v_2$ dipertahankan konstan dan molekul ditambahkan pada $v_1$, maka gayanya haruslah menjadi dua kali, tiga kali lipat dan seterusnya. Gaya tersebut proporsional dengan $\check{c}_1$, konsentrasi molekul pada $v_1$. Oleh karenanya, gaya yang terjadi antara dua elemen dapat ditulis sebagai: gaya $\propto \check{c}_1\, \check{c}_2$. Karena konsentrasi dalam gas sam untuk semua titik, $\check{c}_1 = \check{c}_2 = \check{c}$, maka gaya $\propto \check{c}^2$. Akan tetapi $\check{c} = n/V = 1/\overline{V}$ ; dengan demikian, gaya $\propto 1/\overline{V}^2$. Kita menulis kembali pers. 3.10 dalam bentuk:

$$p = \frac{RT}{\overline{V} - b}. \qquad (3.11)$$

Karena gaya tarik menarik molekul-molekul, tekanan menjadi kurang dari yang diberikan oleh persamaan (3.12) denngan jumlah yang sebanding

dengan $1/V^2$, kemudian satu variabel baru ditambahkan pada sisi kanan persamaan untuk menghasilkan

$$p = \frac{RT}{\overline{V} - b} - \frac{a}{\overline{V}^2}, \qquad (3.12)$$

dimana *a* merupakan suatu konstanta positif yang secara kasar berbanding lurus dengan energi penguapan dari cairan. Terdapat dua hal yang harus diingat mengenai penggunaan variabel baru $a/\overline{V}^2$. Terjadi pada sembarang elemen volume pada bagian dalam menyeimbangkan mendekati nol, hanya elemen volume didekat dinding kontainer mengalami ketidaksetimbangan gaya dan membuat kecenderungan menarik molekul tersebut ke arah tengah. Oleh karenanya efek karena tarik menarik hanya dirasakan pada dinding bejana. Kedua, penurunan rumus dibuat dengan asumsi jangkauan efektif dari gaya tarik menarik ada pada orde sentimeter; kenyataannya jangkauan dari gaya ini ada dalam orde nanometer.

Persamaan (3.12) merupakan *persamaan van der Waals*, yang diajukan oleh van der Waals, yang merupakan orang pertama yang menemukan pengaruh dari ukuran molekuler dan gaya antar molekul pada tekanan dari suatu gas. Gaya lemah ini disebut gaya van der Waals. Konstanta van derWaals *a* dan *b* untuk beberapa gas diberikan pada Tabel 3.1. Persamaan van der Waals seringkali ditulis dalam bentuk:

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)\left(\overline{V} - b\right) = RT \quad \text{atau} \quad \left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)\left(V - nb\right) = nRT, \qquad (3.13)$$

dimana $V = n\overline{V}$ dipergunakan untuk bentuk kedua.

## 2.5. Hukum Dalton (Persamaan Keadaan Untuk Campuran Gas)

John dalton (1766-1844) adalah seorang ahli fisika dan kimia dari inggris yang berhasil menemukan hukum proporsi ganda dan hukum gas atau hukum dalton. Dalton disebut juga sebagai "bapak teori atom" karena menemukan

teori atom yang ilmiah dan bukan teori democritus dari Yunani kuno yang filosofis dan spekulatif. Dalton menyuguhkan teori atom kuantitatif, jelas, dan jernih yang dapat di gunakan dalam penafsiran percobaan kimiadan dapat dicoba secara tepat di laboratorium.

Tahun 1801 Dalton menemukan sebuah hukum empiris, yang kemudian di kenal dengan nama hukum dalton. Hukum Dalton menyatakan bahwa tekanan total suatu campuran gas adalah sama dengan jumlah tekanan parsial masing - masing bagian gas. Tekanan parsial adalah tekanan yang akan dimiliki masing - masing gas bila berada sendiri dengan volume seluruh campuran gas pada suhu yang sama. Hukum Dalton dapat diterangkan dengan menggunakan teori kinetik gas yang menyatakan bahwa gas bersifat ideal dan tidak ada reaksi kimia antara bagian - bagian gas.

Jika suatu campuran uap terdiri dari komponen-komponen A, B, dan C, maka tekanan total merupakan hasil penjumlahan dari tekanan parsial dari masing-masing komponen.

$$p_t = \sum_{i=A}^{Z} p_i = p_A + p_B + p_C + \ldots\ldots\ldots + p_Z \qquad (3.14)$$

dimana: $p_t$ = tekanan total
$p_A$ = tekanan parsial komponen A
$p_B$ = tekanan parsial komponen B
$p_C$ = tekanan parsial komponen C
$p_Z$ = tekanan parsial komponen Z

Eksperimen menunjukkan bahwa untuk campuran gas, hukum gas ideal berlaku dalam bentuk

$$pV = n_t RT. \qquad (3.15)$$

Jika sistem terdiri atas campuran tiga gas dengan jumlah mol masing-masing $n_1$, $n_2$, dan $n_3$ dalam suatu wadah dengan volume $V$ pada temperatur

*T*. Jika $n_1 = n_1 + n_2 + n_3$, maka tekanan yang dikeluarkan oleh campuran diberikan oleh

$$p = \frac{n_t RT}{V} \tag{3.16}$$

Tekanan parsial untuk masing-masing gas adalah

$$p_1 = \frac{n_1 RT}{V}, \quad p_2 = \frac{n_2 RT}{V}, \quad p_3 = \frac{n_3 RT}{V} \tag{3.17}$$

Menambahkan persamaan ini, kita mendapatkan

$$p_1 + p_2 + p_3 = (n_1 + n_2 + n_3)\frac{RT}{V} = n_t \frac{RT}{V} \tag{3.18}$$

Perbandingan pers ini dengan pers. (1.17) menunjukkan bahwa

$$p = p_1 + p_2 + p_3. \tag{3.19}$$

Pernyataan ini merupakan hukum tekanan parsial Dalton. Hubungan tekanan parsial dengan fraksi mol dituliskan sebagai

$$\frac{p_1}{p} = \frac{n_1 RT}{pV}; \tag{3.20}$$

tetapi dengan pers. (1.17), $p = n_t RT/V$. Mempergunakan nilai untuk *p* pada sisi kanan persamaan (2.31) kita mendapatkan

$$\frac{p_1}{p} = \frac{n_1}{n_t} = x_1.$$

Sehingga

$$p_1 = x_1 p, \qquad p_2 = x_2 p, \qquad p_3 = x_3 p.$$

Persamaan ini dapat disingkat menjadi

$$p_i = x_i p \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots), \tag{3.21}$$

dimana $p_i$ merupakan tekanan parsial dari gas dengan fraksi mol $x_i$.

## 2.6. Persamaan keadaan van der Waals

Fisikawan Belanda Johannes Diderik van der Waals (1837-1923) mengusulkan persamaan keadaan gas nyata, yang dinyatakan sebagai persamaan keadaan van der Waals atau persamaan van der Waals. Ia memodifikasi persamaan gas ideal (persamaaan 3.15) dengan cara sebagai berikut: dengan menambahkan koreksi pada P untuk mengkompensasi interaksi antarmolekul; mengurango dari suku V yang menjelaskan volume real molekul gas. Sehingga didapat:

$$[P + (n^2a/V^2)] (V – nb) = nRT \qquad (3.22)$$

Keterangan :

*P* = tekanan

*V* = volume

*n* = jumlah mol zat

$V_m = V/n$ = volume molar, volume 1 mol gas atau cairan

*T* = temperatur (K)

*R* = tetapan gas ideal (8.314472 J/(mol·K))

a dan b adalah nilai yang ditentukan secara eksperimen untuk setiap gas dan disebut dengan tetapan van der Waals (Tabel 3.1). Semakin kecil nilai a dan b menunjukkan bahwa perilaku gas semakin mendekati perilaku gas ideal. Besarnya nilai tetapan ini juga berhbungan denagn kemudahan gas tersebut dicairkan.

Tabel 3.1 Nilai tetapan gas yang umum kita jumpai sehari-hari.

| gas | a(atm $dm^6$ $mol^{-2}$) | b(atm $dm^6$ $mol^{-2}$) |
|---|---|---|
| He | 0,0341 | 0,0237 |
| Ne | 0,2107 | 0,0171 |
| $H_2$ | 0,244 | 0,0266 |
| $NH_3$ | 4,17 | 0,0371 |
| $N_2$ | 1,39 | 0,0391 |
| $C_2H$ | 4,47 | 0,0571 |
| $CO_2$ | 3,59 | 0,0427 |
| $H_2O$ | 5,46 | 0,0305 |
| CO | 1,49 | 0,0399 |
| Hg | 8,09 | 0,0170 |
| $O_2$ | 1,36 | 0,0318 |

Persamaan van der Waals memperhitungkan dua hal: pertama, efek dari ukuran molekular, pers (3.23),

$$p = \frac{RT}{(\overline{V} - b)} \qquad (3.23)\ .$$

Karena penyebut pada persamaan diatas lebih kecil dari penyebut pada persamaan gas ideal, efek dari ukuran itu sendiri meningkatkan tekanan di atas nilai yang ideal. Menurut persamaan ini terdapat ruang kosong antara molekul, volume “bebas”, yang mengikuti hukum gas ideal. Kedua efek dari gaya antar molekul, pers. (3.24),

$$p = \frac{RT}{\overline{V} - b} - \frac{a}{\overline{V}^2} \qquad (3.24)\ ,$$

juga diperhitungkan. Efek dari gaya tarik menarik dengan sendirinya mengurangi tekanan dibawah nilai dan diperhitungkan dengan mengeluarkan satu bentuk dari tekanan. Untuk memperhitungkan *Z* untuk persamaan van der Waals kita mengalikan pers. (3.24) dengan *V* dan membagi dengan *RT*; hal ini menghasilkan

$$Z = \frac{p\overline{V}}{RT} = \frac{\overline{V}}{\overline{V} - b} - \frac{a}{RT\overline{V}} \qquad (3.25)\ .$$

Penyebut dan pembilang pada sisi kanan dibagi dengan *V*:

$$Z = \frac{1}{1 - b/\overline{V}} - \frac{a}{RT\overline{V}} \qquad (3.26)\ .$$

Pada tekanan rendah *b/V* lebih kecil dari satu, jadi bentuk pertama pada sisi kanan diubah menjadi serangkaian pangkat dari 1/*V*; oleh karenanya 1/(1 – *b/V*) = 1 + (*b/V*) + (*b/V*)$^2$ + ···, kita mendapatkan

$$Z = 1 + \left(b - \frac{a}{RT}\right)\frac{1}{\overline{V}} + \left(\frac{b}{\overline{V}}\right)^2 + \left(\frac{b}{\overline{V}}\right)^3 + \ldots, \qquad (3.27)$$

yang mengungkapkan *Z* sebagai fungsi dari temperatur dan volume molar. Lebih disukai jika *Z* berada sebagai fungsi temperatur dan tekanan; sehingga menghasilkan penyelesaian untuk *V* sebagai fungsi dari *T* dan *p*, kemudian mengalikan hasilnya dengan *p/RT* untuk mendapatkan *Z* sebagai fungsi dari *p* dan *T* menjadi hal yang penting. Karena persamaan van der Waals merupakan persamaan pangkat tiga dalam *V*, penyelasaiannya menjadi sangat sulit walaupun sangat informatif. Kita menitik beratkan pada pendekatan ungkapan untuk *Z*(*T*,*p*) yang kita dapatkan dari pers. (3.28) dengan menetapkan *p* 0. (1/*V*) 0, dan *Z* = 1. Ekspansi dari *Z* ini, mengubah bentuk menjadi $p^2$,

$$Z = 1 + \frac{1}{RT}\left(b - \frac{a}{RT}\right)p + \frac{a}{RT^3}\left(2b - \frac{a}{RT}\right)p^2 + \ldots . \qquad (3.28)$$

Koefisien yang benar untuk *p* dapat diperoleh dengan menggantikan $1/\overline{V}$ dengan nilai ideal pada pers. (3.27); namun demikian hal ini akan menghasilkan nilai koefisien yang salah pada tekanan yang lebih tinggi. Persamaan (3.28) menujukkan bahwa bentuk yang bertanggung jawab untuk perilaku tidak ideal menghilang tidak hanya ketika tekanan mendekati nol tetapi juga ketika temperatur sangat tinggi. Oleh karenanya, sebagai suatu aturan umum, gas real mendekati perilaku ideal ketika berada pada tekanan yang lebih rendah dan temperatur ditinggikan.

Bentuk kedua pada sisi kanan pers (3.27) haruslah dibandingkan dengan bentuk kedua pada sisi kanan pers. (3.28), yang disadari sebagai akibat dari jumlah molekul yang tertentu. Slope dari kurva *Z* versus *p* didapatkan dengan mendeferesiasikan pers. (3.29) terhadap tekanan, dengan temperatur konstan:

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial p}\right)_T = \frac{1}{RT}\left(b - \frac{a}{RT}\right)p + \frac{a}{RT^3}\left(2b - \frac{a}{RT}\right)p^2 + \ldots . \qquad (3.29)$$

Pada $p = 0$, semua bentuk yang lebih tinggi dihilangkan dan penurunan ini dirubah menjadi lebih sederhana

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial p}\right)_T = \frac{1}{RT}\left(b - \frac{a}{RT}\right)p\,, \quad p = 0, \qquad (3.30)$$

dimana turunan tersebut merupakan *slope awal* dari kurva *Z* versusu *p.* Jika $b > a/RT$, slope bernilai positif; efek dari ukuran mendominasi perilaku dari gas. Sebaliknya, jika $b < a/RT$, slope awalnya menjadi negatif; efek dari gaya tarik menarik mendominasi perilaku dari gas.

Pada temperatur tertentu $T_B$, temperatur Boyle, slope awal haruslah nol. Persyaratan untuk hal ini diberikan oleh pers. (3.30) dimana $b - a/RT = 0$. Hal ini menghasilkan:

$$T_B = \frac{a}{Rb}. \tag{3.31}$$

Pada temperatur Boyle kurva Z terhadap *p* meruapakan tangent dari kurva untuk gas ideal pada $p = 0$ dan naik diatas kurva gas ideal dengan perlahanTemperatur Boyle untuk beberapa gas diberikan pada Tabel 3.2.

### 2.7. Sifat – sifat gas nyata

Sifat gas nyata:

a. volume molekul gas nyata tidak dapat diabaikan
b. Terdapat gaya tarik menarik antara molekul-molekul gas terutama jika tekanan diperbesar atau volum diperkecil
c. Adanya interaksi atau gaya tarik menarik antar molekul gas nyata yang sangat kuat, menyebabkan gerakan molekulnya tidak lurus, dan tekanan ke dinding menjadi kecil, lebih kecil daripada gas ideal.

## 3. Pemrosesan Minyak Dan Gas Alam

### 3.1. Process Train

Process Train adalah unit pengolahan gas alam hingga menjadi LNG serta produk-produk lainnya (pencairan fraksi berat dari gas alam). Dalam pengolahan gas alam di process train dilakukan proses pemurnian, pemisahan H2O dan Hg, serta pendinginan dan penurunan tekanan secara bertahap hingga hasil akhir proses berupa LNG.

### 3.2. Process *Gas Purification*

Proses gas purification adalah pemurnian gas dengan pemisahan kandungan $CO_2$ (Carbon Dioksida) dari gas alam. Kandungan $CO_2$ tersebut harus dipisahkan agar tidak mengganggu proses selanjutnya. Pemisahan CO2 dilakukan dengan proses absorbsi larutan Mono Ethanol Amine (MEA),

yang sekarang diganti dengan Methyl De Ethanol Amine (MDEA) produksi Ucarsol. Proses ini dapat mengurangi $CO_2$ sampai di bawah 50 ppm dari aliran gas alam. Batas maksimum kandungan $CO_2$ pada proses selanjutnya adalah 50 ppm.

Gas Alam pada prinsipnya adalah energi yang berwujud gas. Tanpa wujud yang bisa dilihat namun kandungan gas nya itulah yang membuat gas alam itu ada. Bila kita membayangkan sebuah wadah dengan berbentuk kubus atau kotak dengan ukuran 1 meter x 1 meter x 1 meter maka gas apapun yang terisi didalam kota itu maka volumenya sekitar 1 $m^3$ (meter kubik) saja. Bisa dibayangkan apabila dibutuhkan 3000 $m^3$ gas maka akan dibutuhkan sebuah alat transportasi semacam truk dengan volume muatan 3000 $m^3$. Dengan asumsi bahwa 1 kontainer ukuran 20 kaki mempunyai volume 25 $m^3$ maka akan dibutuhkan truk trailer sebanyak lebih dari 100 buah. Sedangkan volumenya sangatlah kecil. Akhirnya biaya transportasinya pun akan sangat mahal.

Atas dasar itulah maka Gas Di Tekan (*compressed*) pada tekanan tertentu, dalam hal ini Gas Alam biasanya di compressed pada tekanan 200 bar - 250bar pada sebuah wadah atau bejana tekan yang mampu menahan tekanan sebesar tersebut, agar dapat di transportasikan dalam jumlah yang lebih ekonomis.Pada ilustrasi sederhana diatas, apabila dalam keadaan biasa sebuah wadah bervolume $1M^3$ apabila di tekan pada tekanan 200-250 bar akan berisi volume yang jauh lebih banyak. Gas Alam yang diperlakukan sedemikian rupa ini disebut dengan*Compressed Natural Gas* atau dikenal dengan CNG**.**

## 3.3. Gas Alam Yang Terkompresi

Gambar 3.26. *Compressed Natural Gas (CNG)*

*Compressed Natural Gas (CNG)* adalah gas cair yang dikompresikan dimana maksudnya sebagai pengganti bahan bakar fosil untuk bensin (*gasoline*), solar (*diesel fuel*), atau propana/LPG. Walaupun hasil pembakaran dari gas alam juga menghasilkan gas efek rumah kaca, namun yang perlu diperhatikan adalah hasil pembakrannya yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar lain, sehingga bisa dijadikan bahan bakar alternatif. Gas alam jauh lebih aman daripada bahan bakar lainnya dalam hal jika tertumpah (densitas gas alam lebih ringan dari udara, dan menyebar luas dengan cepat). CNG juga dapat dicampur dengan biogas, yang dihasilkan dari tempat pembuangan sampah atau limbah organik, sehingga konsentrasi karbon di atmosfir dapat dikurangi sedemikian rupa.

CNG dibuat dengan memadatkan gas alam (yang terutama terdiri dari metana [$CH_4$]), hingga kurang dari 1% dari volume ketika berasa pada tekanan atmosfer standar. CNG disimpan dan didistribusikan dalam tabung padat dengan kisaran tekanan 200-250 bar (2900-3600 psi), biasanya tempat penyimpanannya dalam bentuk silinder atau bola.

CNG digunakan dalam mobil pembakaran mesin bensin sederhana yang telah dikonversi menjadi kendaraan bi-fuel (bensin/CNG). Kendaraan gas alam semakin banyak digunakan di kawasan Asia-Pasifik, Amerika Latin, Eropa, dan Amerika karena kenaikan harga bensin yang melonjak. Menanggapi harga BBM yang tinggi dan masalah lingkungan., CNG ini mulai

digunakan juga di kendaraan-kendaraan transportasi bermesin berat. Kepadatan energi volumetrik CNG diperkirakan 42% dari LNG's (karena tidak cair), dan 25% dari diesel.

## 3.4. Komposisi CNG

*Natural Gas* dalam bahasa Indonesia disebut dengan gas alam atau gas rawa. Gas alam sendiri merupakan campuran beberapa gas dengan komposisi terbesar adalah metana. Gas alam dari sumber yang berbeda akan mempunyai komposisi yang berbeda pula. Karena itu nilai Heating Value juga akan bervariasi tergantung dari komposisi campuran gas masing-masing. Berikut adalah Tabel komposisi gas alam :

Tabel 3.2. Komposisi Gas Alam

| Geological Era | Mesozoic (Baldonnel) Mole % | Paleozoic (Kaybob South) Mole % | Solution Gas Mole % |
|---|---|---|---|
| $N_2$ | 0.32 | 0.94 | 2.45 |
| $H_2S$ | 4.37 | 17.89 | 0.00 |
| $CO_2$ | 2.41 | 3.49 | 0.11 |
| Methane | 85.34 | 56.53 | 91.94 |
| Ethane | 4.50 | 7.69 | 13.85 |
| Propane | 1.50 | 3.38 | 7.30 |
| Isobutane | 0.25 | 0.87 | 1.06 |
| n-Butane | 0.48 | 1.73 | 2.15 |
| Isopentane | 0.15 | 0.71 | 0.36 |
| n-Pentane | 0.21 | 0.76 | 0.48 |
| Hexane | 0.47+ | 1.48 | 0.18 |
| Heptane plus | - | 4.53 | 0.12 |

## 3.5. Satuan Dalam Industri Gas

Satuan yang umum dipakai dalam industri gas juga spesifik. Volume gas umumnya dinyatakan dengan *standard cubic feet* (scf), yaitu kondisi standar pada 60 $^0$F dan 14,7 psia. Singkatan M mengacu pada nilai $10^3$; sedangkan MM, B, dan T mengacu pada nilai $10^6$, $10^9$, dan$10^{12}$. Hal ini yang sedikit membedakan antara satuan dalam industri gas dengan satuan SI. Untuk molar flow, satuan yang biasa dijumpai adalah MMSCF (Million Million Standard Cubic Feet) atau MMSCFD (Million Million Standard Cubic Feet per

Day). Satuan umum yang biasa digunakan untuk energi adalah MMBTUD dan BBTU. Sebagai informasi, gas alam tidak dijual berdasarkan nilai volume atau molar flow nya. Gas alam dihargai berdasarkan nilai energi atau Heating Value-nya (US$/MMBTU).

### 3.5.1. Spesifikasi Gas Alam

Spesifikasi gas alam secara umum dibagi menjadi 3, yaitu : (a) Pipeline Gas Specification, (b) General Metric Specification, dan (c) Special Specification.

### a. Pipeline Gas Specification

Berikut adalah tabel pipeline gas specification :

Tabel 3.3. Pipeline Gas Specification

| Component | Feed Gas, Mole % | Lean Gas, Mole % |
|---|---|---|
| $N_2$ | 0.03 | 0.0333 |
| $CO_2$ | 1.36 | 1.3441 |
| $CH_4$ | 83.52 | 89.7871 |
| $C_2H_6$ | 7.80 | 6.6443 |
| $C_3H_8$ | 3.81 | 1.8572 |
| $iC_4$ | 0.63 | 0.1541 |
| $nC_4$ | 0.85 | 0.1405 |
| $iC_5$ | 0.44 | 0.0264 |
| $nC_5$ | 0.27 | 0.0116 |
| $nC_6$ | 0.20 | 0.0013 |
| $C_{7+}$ | 1.09 | 0.00017 |
| Sum | 100 | 100 |
| T, °F (°C) | 86 (300) | 77 (25) |
| P, Psia (MPa) | 630 (4.344) | 615 (4.24) |
| Volume Rate, MMSCFD (SCMD) | 2035($56.625 \times 10^6$) | 1808.6 ($51.213 \times 10^6$) |
| Mass Rate, $lb_m$/Sec (kg/s) | 1292.3 (586.2) | 994.1 (450.9) |
| Dew Point at Cricondentherm, °F (°C) | | -40 (-40) |

Dari Tabel 3.3 bisa dilihat bahwa meskipun Heating Value (HV) menjadi dasar nilai jual gas alam, range Heating Value yang disyaratkan juga harus memenuhi spesifikasi standar, yaitu sekitar 950 – 1.150 BTU/scf (35.400 –

42.800 kJ/Sm$^3$. Selain HV, spesifikasi lain yang penting adalah Dew Point, yaitu titik pengembunan tepat dimana suatu gas alam dalam fasa gas mulai berubah ke fasa cair (moisture) melewati phase envelope. Untuk standar dew point yang digunakan adalah 15 $^oF$ 800 psia. Persyaratan spesifikasi dew point di perpipaan sendiri bertujuan agar dalam transportasi gas di perpipaan tetap berfase gas.

### (b) General Metric Specification

Tabel 3.4. General Metric Specification

| ANSI Hardware w/Plated Though Hole Padstack Data – Loose Fit | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pan Head Screw Size | Hardware on PCB | Placement Courtyard | Hole Size | Top Pad | Inner Pad | Bottom Pad | Solder Mask | Plane Anti-Pad | Thermal Relief |
| #2 - 48 | Pan Head | 5.00 | 2.45 | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 3.40 | None |
| #2 - 48 | Flat Washer | 7.40 | 2.45 | 6.90 | 6.90 | 6.90 | 6.90 | 3.40 | None |
| #4 - 40 | Pan Head | 6.60 | 3.70 | 6.10 | 6.10 | 6.10 | 6.10 | 4.50 | None |
| #4 - 40 | Flat Washer | 10.60 | 3.70 | 10.10 | 10.10 | 10.10 | 10.10 | 4.50 | None |
| #6 - 32 | Pan Head | 7.80 | 3.90 | 7.30 | 7.30 | 7.30 | 7.30 | 4.80 | None |
| #6 - 32 | Flat Washer | 12.50 | 3.90 | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 4.80 | None |
| #8 - 32 | Pan Head | 9.10 | 4.60 | 8.60 | 8.60 | 8.60 | 8.60 | 5.60 | None |
| #8 - 32 | Flat Washer | 14.30 | 4.60 | 13.80 | 13.80 | 13.80 | 13.80 | 5.60 | None |
| ANSI Hardware w/Non-Plated Though Hole Padstack Data – Loose Fit | | | | | | | | | |
| Pan Head Screw Size | Keep-out Size | Placement Courtyard | Hole Size | Top Pad | Inner Pad | Bottom Pad | Solder Mask | Plane Anti-Pad | Thermal Relief |
| #2 - 48 | 5.50 | 7.40 | 2.45 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 2.45 | 3.40 | None |
| #4 - 40 | 7.10 | 10.60 | 3.70 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3.70 | 4.50 | None |
| #6 - 32 | 9.00 | 12.50 | 3.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 3.90 | 4.80 | None |
| #8 - 32 | 10.85 | 14.30 | 4.60 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 4.60 | 5.60 | None |

### (c) Special Specification

Salah satu contoh special specification adalah Wobbe Index yang merupakan pengukuran kualitas pembakaran gas. Campuran gas harus memiliki Wobbe Index sebesar kurang lebih 10 %.

$$I_W = \frac{V_C}{\sqrt{G_S}} \tag{3.32}$$

dimana $I_W$ adalah Wobbe Index, $V_C$ adalah Higher Heating Value (nilai kalor), dan $G_S$ adalah speseifik gravity. *Wobbe Index* sangat bermanfaat dalam blending fuel gas dan untuk memperoleh heat flow yang konstan dari berbagai komposisi gas yang bervariasi.

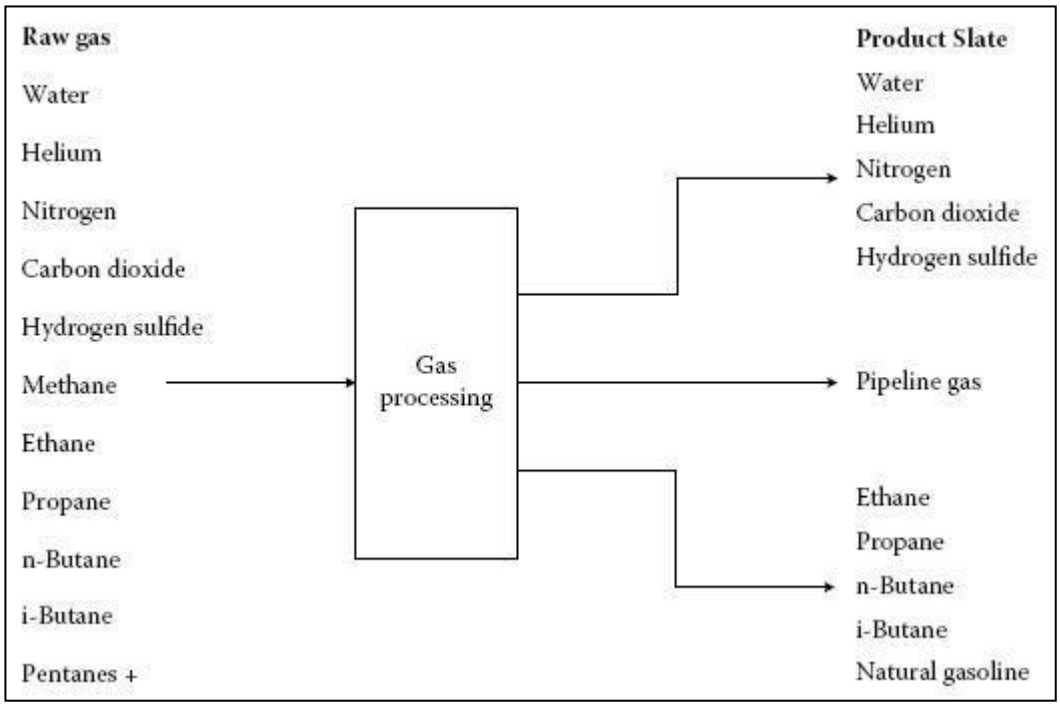
### 3.5.2. Prinsip Pemrosesan Gas Alam

Penggunaan utama gas alam adalah sebagai bahan bakar (fuel) dan bahan baku industri petrokimia (*feedstock*) semisal dalam industri pupuk. Ada tiga prinsip dalam pemrosesan CNG:

1. Purifikasi (pemurnian)
2. Separasi (pemisahan)
3. Compressification (pencairan)

Komposisi gas alam bervariasi antara lokasi yang satu dengan lokasi yang lain. Karena itu spesifikasi produk gas alam biasanya dinyatakan dalam komposisi dan kriteria performansi-nya. Kriteria-kriteria tersebut antara lain : Wobbe Number, Heating Value, inert total, kandungan air, oksigen, dan sulfur. Wobbe Number dan Heating Value merupakan kriteria dalam pembakaran, sedangkan kriteria lain terkait dengan perlindungan perpipaan dari korosi dan plugging.

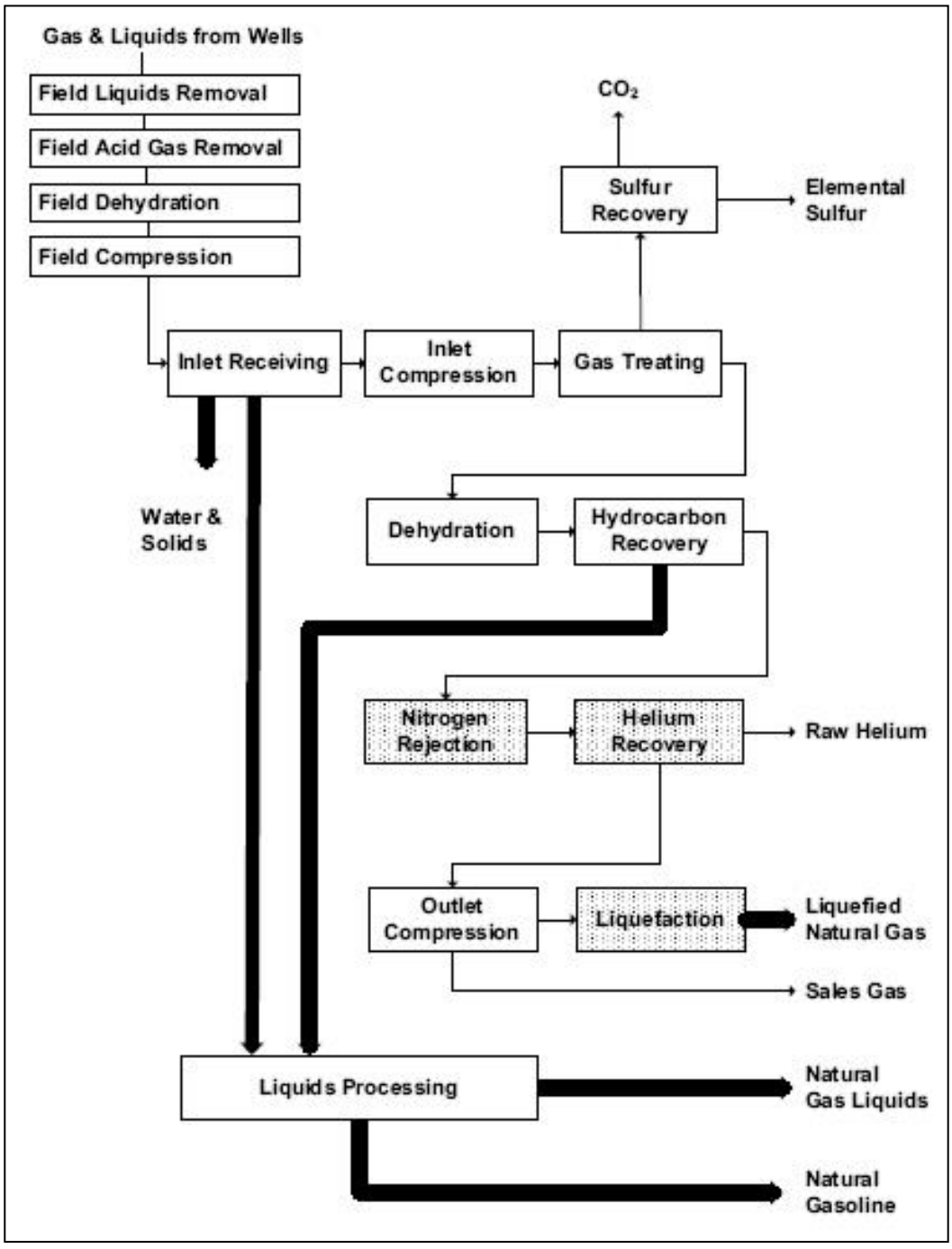
Istilah purifikasi dan separasi sendiri mengacu pada proses yang terjadi. Jika removal $H_2S$ dalam jumlah kecil, maka proses bisa disebut dengan purifikasi. Akan tetapi jika jika $H_2S$ yang hendak dihilangkan ada dalam jumlah besar dan akan dikonversi menjadi elemental sulfur yang mempunyai nilai jual, maka proses yang terjadi dikategorikan sebagai separasi. Overview dari material yang ada dalam natural gas bisa dilihat pada Gambar berikut :




Gambar 3.27. Material dalam Pemrosesan Gas Alam

### 3.5.3. Process Overview

Blok diagram pemrosesan gas alam secara umum ditunjukkan pada Gambar berikut :




Gambar 3.28. Skema pemrosesan gas alam

**1. Compression**

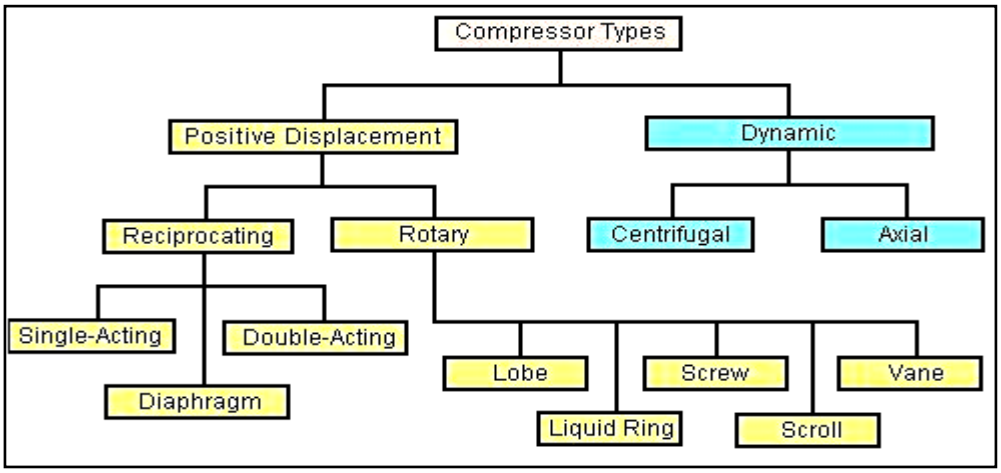
Tekanan memainkan peranan yang sangat penting dalam industri gas, khususnya dalam transportasi perpipaan, baik dari field menuju gas plant

ataupun dalam  transport sales gas. Stream yang melibatkan proses kompresi antara lain :

1. Gas dari Inlet Receiving. Untuk memaksimalkan recovery liquid maka gas harus bertekanan antara 850 – 1.000 psi (60 – 70 bar) ketika memasuki bagian hydrocarbon recovery. Tetapi gas cukup bertekanan 600 – 650 psi jika hanya propane dan komponen lebih berat yang akan direcovery
2. Gas dari Vapor Recovery. Pada umumnya merupakan gas bertekanan rendah yang akan dikompresi untuk proses hydrocarbon recovery
3. Gas keluar dari bagian Hydrocarbon Recovery dan menuju pipeline. Untuk gas plant yang memproses gas dengan flow yang lebih besar dari 5 MMscfd, biasanya digunakan turboexpander untuk pendinginan gas. Outlet kompresi tambahan biasanya juga diperlukan agar gas memenuhi spesifikasi tekanan pada perpipaan

Pengeluaran terbesar dalam pendirian gas plant baru adalah unit kompresi ini. Setidaknya 50-60 % Total Installed Cost dihabiskan untuk unit ini. Selain itu, ongkos maintenance terbesar juga dihabiskan untuk kompresor.

Secara umum, kompresor dikategorikan menjadi dua jenis yaitu *positive displacement* dan *dynamic compressor*. Perbedaan mendasar dari dua jenis kompresor ini adalah positive displacement copressor merupakan volume displacement device yang meningkatkan tekanan dengan jalan menurunkan volume. Sedangkan dynamic compressor merupakan pressure/pum head device yang performansinya tergantung pada aliran dan kebutuhan tekanan pada sisi outlet. Dynamic compressor merubah kecepatan gas (energi kinetik) menjadi tekanan. Pembagian kompresor secara detail bisa dilihat pada skema berikut :



Gambar 3.29. Pembagian Kompresor

**2. Gas Treating**

Unit gas treating merupakan unit reduksi ‘acid gas‘ karbon dioksida ($CO_2$) dan hidrogen silfida ($H_2S$) agar memenuhi spesifikasi proses dan menghindari permasalahan korosi dan plugging.

Hidrogen sulfida sangat beracun, dengan adanya air maka akan membetuk asam lemah dan korosif. Nilai Threshold Limit Value (TLV) gas ini adalah 10 ppmv. Pada konsentrasi yang lebih besar dari 1.000 ppmv akan menyebabkan kematian dalam hitungan menit. Ketika konsentrasi $H_2S$ di atas level ppmv, maka senyawa sulfur yang lain akan muncul seperi karbon disulfida ($CS_2$), mercaptan (RSH), dan sulfida (RSR).

Karbon dioksida bersifat non-flammable dan dalam jumlah yang besar sangat tidak diharapkan dalam fuel. Seperti halnya $H_2S$, dengan adanya air maka karbon dioksida akan membentuk asam lemah dan bersifat korosif.

Proses reduksi gas asam yang biasa digunakan pada umumnya diklasifikasikan menjadi :

- Solvent absorption (Chemical, Physical, dan Hybric)
- Solid absorption (molecular sieve, iron sponge, dan zinc oxide)

- Membrane (cellulose acetate, polyamide, dan polysulfone)
- Direct concersion
- Cryogenic Fractionation

Pemilihan proses yang digunakan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

Jenis dan konsentrasi impuritis dan komposisi hidrokarbon pada sour gas. Misalnya COS, $CS_2$, dan mercaptan dapat mempengaruhi desain fasilitas gas dan liquid treating. Pemilihan penggunaan physical solvent cenderung menyebabkan larutnya hirdrokarbon berat, dan dengan adanya senyawa berat dalam jumlah yang cukup besar ini menyebabkan kecenderungan pemilihan chemical solvent.

1. Temperatur dan tekanan sour gas. Gas asam dengan tekanan parsial tinggi (50 psi/3,4 bar) disarankan untuk menggunakan psysical solvent, sedangkan untuk tekanan parsial yang rendah disarankan penggunaan amina.
2. Spesifikasi outlet gas
3. Volume gas yang akan diproses
4. Spesifikasi gas residue, acid gas, dan liquid product
5. Selectivity acid gas removal
6. Faktor biaya kapital dan operasi
7. Kebijakan/standar lingkungan, yang meliputi peraturan mengenai polusi udara dan bahan kimia berbahaya

**3. Gas Dehydration**

Dehydration sangat penting dalam tiga aspek :

1. Gas Gathering. Air harus dihilangkan untuk mengurangi korosi perpipaan dan mengurangi penyumbatan pipa (line blockage) karena pembentukan hidrat. Dew point air haruslah lebih rendah daripada temperatur perpipaan terendah untuk mencegah terbentuknya air.
2. Product dehydration. Baik produk gas dan liquid memiliki spesifikasi kandungan air (water content) tersendiri. Sales gas dari plant biasanya dalam kondisi kering jika digunakan cryogenic hydrocarbon liquid

recovery. Kebanyakan dari spesifikasi produk mensyaratkan free water content. Dengan demikian, kandungan air maksimum dalam sales gas adalah 4 – 7 lb/MMscf (60 – 110 mg/$Sm^3$). Untuk liquid, kandungan air adalah 10 – 20 ppmv

3. Hydrocarbon recovery. Kebanyakan plant gas alam menggunakan proses cryogenic untuk recovery fraksi $C_2^+$ dari inlet gas. Jika gas asam dihilangkan dengan menggunakan proses penggunaan amina, maka gas yang keluar akan meninggalkan air dalam kondisi saturated (jenuh). Untuk mencegah terbentuknya hidrat dalam unit cryogenic ini, maka konsentrasi air hendaknya kurang dari 0,1 ppmv.

Kandungan air pada umumnya dinyatakan dalam beberapa cara :

- Massa air per volume gas, lb/MMscf (mg/$Sm^3$)
- Temperatur dew point, $^oF$ ($^oC$)
- Konsentrasi, parts per million by volume (ppmv)
- Konsentrasi, parts per million by mass (ppmv)

Untuk konversi satuan dalam industri gas, bisa dilihat di sini. Sedangkan konversi satuan konsentrasi bisa dilihat di sini.

Proses gas dehydration yang umum dipakai dalam industri gas adalah *absorpsi, adsorpsi*, *dessicant*, dan *membran*

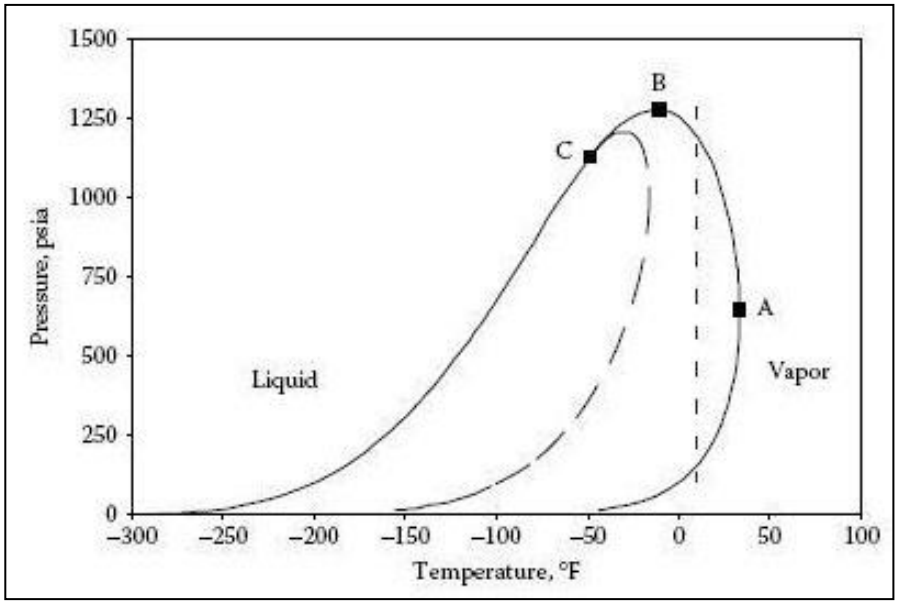
Dalam proses absorpsi, pada umumnya digunakan absorbent ethylene glycol (EG), diethylene glycol (DEG), triethylene glycol (TEG), tetraethylene glycol (TREG), dan propylene glycol.

Sedangkan tiga tipe komersial adsorbent yang biasa digunakan adalah silica gel yang dibuat dari $SiO_2$, activated alumina (dari $Al_2O_3$), dan molecular sieve terbuat dari aluminosilicate.

## 4. Hydrocarbon Recovery

Salah satu stnadar dalam pipeline specification gas alam adalah kandungan siulfur dan air serta higher heating value yang harus berkisar antara 950 – 1.150 Btu/scf (35.400 – 42.800 kJ/$Sm^3$).

Gas yang telah di-treating biasanya masih mengandung konsentrasi inert ($N_2$, $CO_2$) yang tinggi, selain itu heating value juga tinggi karena adanya fraksi $C_2^+$. Hyrocarbon recovery section ini diperlukan untuk menurunkan kandungan fraksi $C_2^+$ dan mengontrol dew point. Kontrol dew point juga diperlukan karena dikhawatirkan terjadi kondensasi proses karena temperatur atau pressure drop. Hal ini karena campuran gas alam mengandung hidrokarbon berat yang menunjukkan karakteristik yang disebut retrogade condensation yang ditunjukkan oleh diagram P-T berikut :




Gambar 3.30. Diagram P-T Retrogade Condensation

Envelope merupakan garis buble point-dew point campuran. Pada berbagai kondisi temperatur dan tekanan di luar envelope, campuran dalam kondisi 1 fase. Pada berbagai temperatur dan tekanan di dalam envelope maka campuran terdapat dalam 2 fase. Tiga point penting pada envelope adalah :

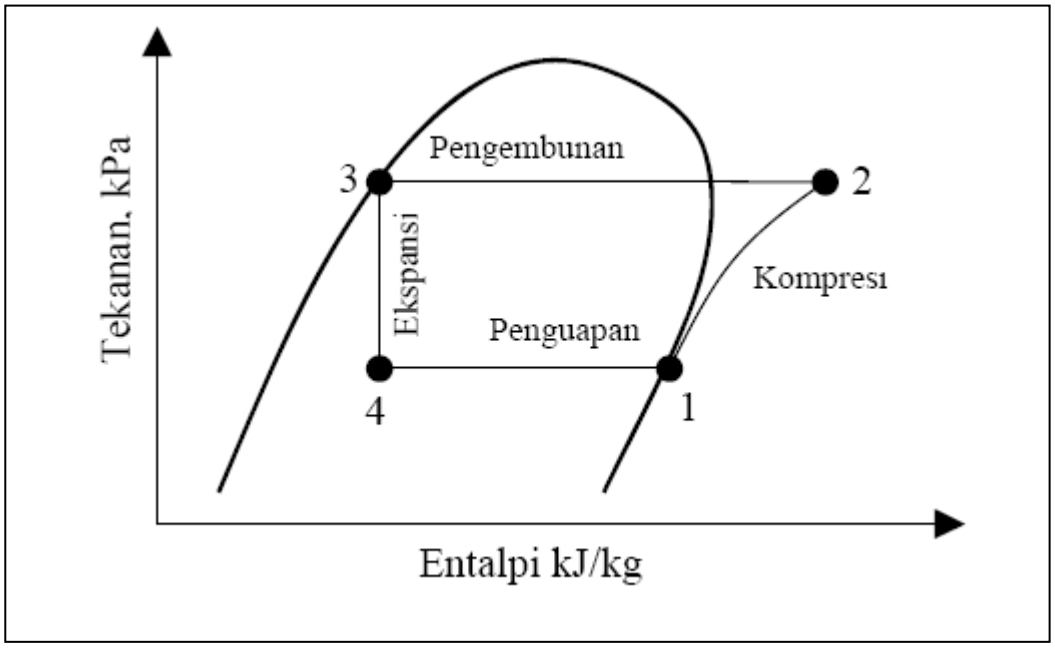
- Cricondentherm, yaitu temperatur maksimum dimana dua fase terbentuk
- Cricondenbar, tekanan maksimum dimana dua fase terbentuk
- Critical point, temperatur dan tekanan dimana fase vapor dan liquid memiliki konsentrasi yang sama.

Proses dalam hydrocarbon recovery sangat bervariasi tergantung spesifikasi *produk yang diinginkan, volume gas, komposisi inlet dan tekanan proses*. Proses yang umum dijumpai dalam hydrocarbon recovery ini antara lain :

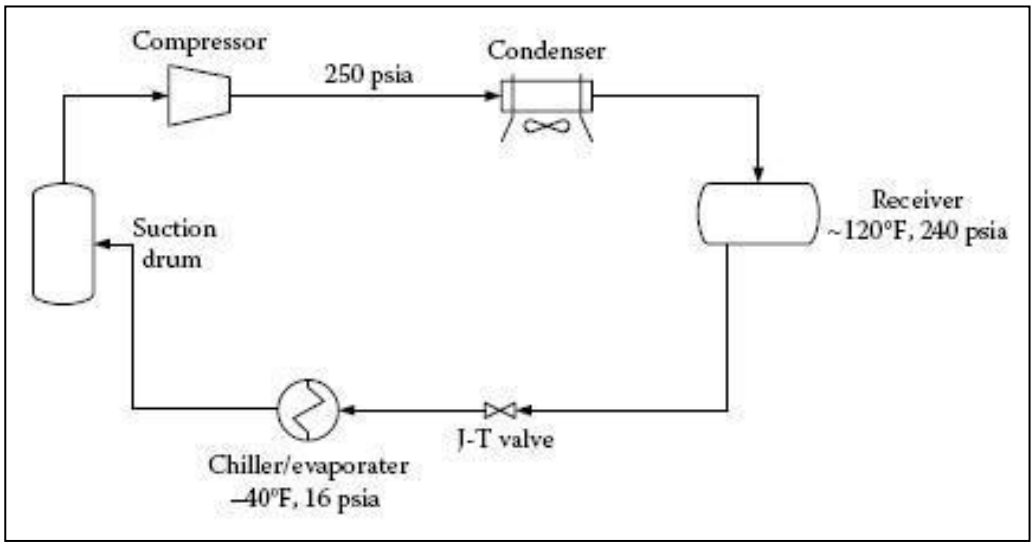
1. External Refrigeration : Propane refrigeration

External refrigeration memainkan peranan yang sangat penting dalam proses recovery hydrocarbon, digunakan untuk mendinginkan stream gas untuk recovery $C_3$+ dan untuk menurunkan temperatur gas pada stage berikutnya.

Siklus refrigerasi terdiri dari 4 tahapan sebagai berikut :




Gambar 3.31. Siklus refrigerasi




Gambar 3.32. Propane refrigeration loop

Kompresi uap jenuh refrigerant (A) ke tekanan di atas tekanan uap pada temperatut ambient (B)

- Kondensasi ke C dengan pertukaran panas fluida pendingin
- Ekspansi (biasanya menggunakan J-T valve) untuk mendinginkan dan refrigerasi ke D
- Pertukaran panas dengan fluida yang akan didinginkan dengan evaporasi refrigerant ke A

2.Turboexpansion

3.Heat Exchanger

4.Fraksinasi

**5. Nitrogen Rejection**

Tiga metode yang sering dijumpai untuk removal nitrogen yaitu :

1. Cryogenic distillation
2. Adsorption
3. Membrabe separation

\

Tabel 3.5. Perbandingan ketiga metode removal nitrogen

| Process | Flow Range MMscfd (MSm³/d) | Complexity | Heavy Hydrocarbon Recovery | Development Stage |
|---|---|---|---|---|
| Cryogenic distillation | >15 (400) | Complex | In product gas | Mature |
| Pressure-swing adsorption (PSA) | 2 – 15 (60 – 400) | Simple; batch operation, requires bed switching | In regeneration gas | Early commercialization |
| Membrane | 0.5 – 25 (15 – 700) | Simple continuous operation | In product gas | Early commercialization |

*Source*: Adapted from Hale and Lokhandwala (2004).

## 6. Trace Component Removal

Sejumlah trace komponent dalam konsentrasi yang cukup tinggi bisa menurunkan kualitas produk dan menimbulkan permasalahan lingkungan. Komponen –komponen tersebut antara lain :

a. Hidrogen

Meski jarang sekali ada dalam konsentrasi yang besar, hidrogen tetap harus dihilangkan sehingga konsentrasinya menjadi serendah mungkin

b. Oksigen

Konsentrasi maksimum oksigen yang diperbolehkan adalah 10 % volume pada sales gas. Jika konsentrasi oksigen mencapai level 50 ppmv maka akan menimbulkan beberapa permasalahan sebagai berikut: menyebabkan korosi perpipaan dengan adanya air, bila bereaksi dengan amina pada proses gas treating akan membentuk garam yang stabil, bila bereaksi dengan glikol akan membentuk senyawa asam yang korosif, berekasi dengan hirokarbon selama proses high temperature regeneration akan membentuk air, yang akan mengurangi efektivitas dari proses ini, pada konsentrasi yang rendah, oksigen bisa dihilangkan dengan nonregenerative scavengers. Untuk konsentrasi yang lebih tinggi bisa digunakan metode katalitik.

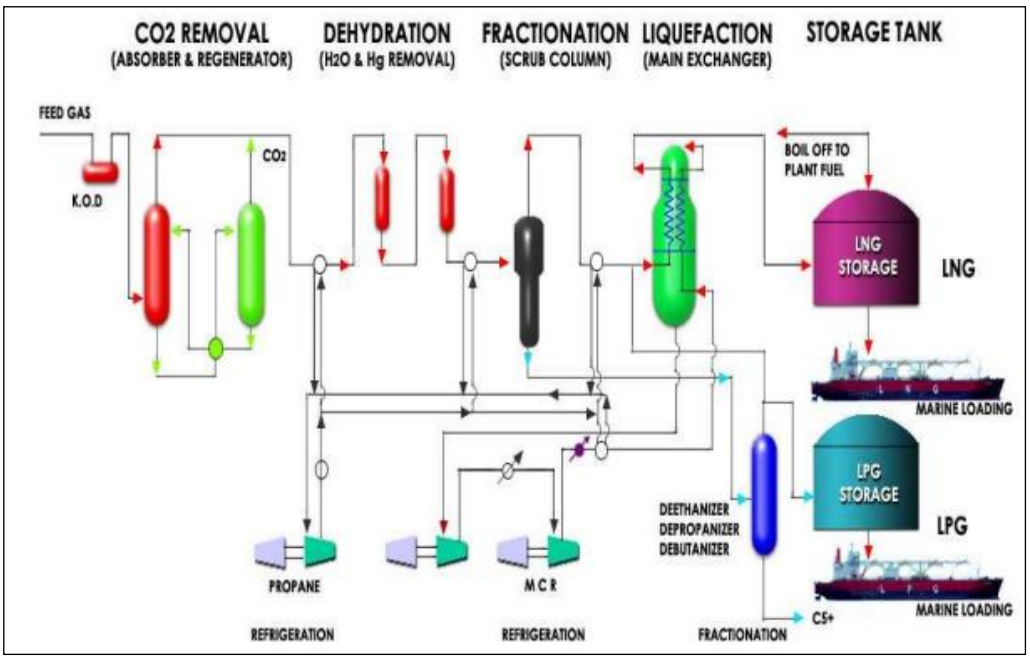
- Radon (NORM)
- Arsenik
- Helium
- Merkuri
- BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene, dsan xylene)

## 4. Proses Pencairan Gas Alam

LNG (Liquid Natural Gas) merupakan gas alam (90% lebih terdiri dari metana) yang dicairkan dengan cara menurunkan temperatur pada suhu yang sangat rendah, yaitu sekitar -156$^0$C. LNG sangat penting dalam dunia industri, salah satunya sebagai bahan baku industri amonia, selain itu LNG merupakan bahan bakar tak terbarukan yang paling ramah lingkungan.

Namun dalam pembuatan LNG, gas alam harus dulu di *pre-treatment.* Tujuan dari *pre-treatment* ini adalah untuk meningkatkan kualitas gas dan juga mencegah gangguan pada proses dan kerusakan alat. Secara Umum proses proses pembuatan LNG dari gas alam terdiri dari 4 tahap, yaitu :

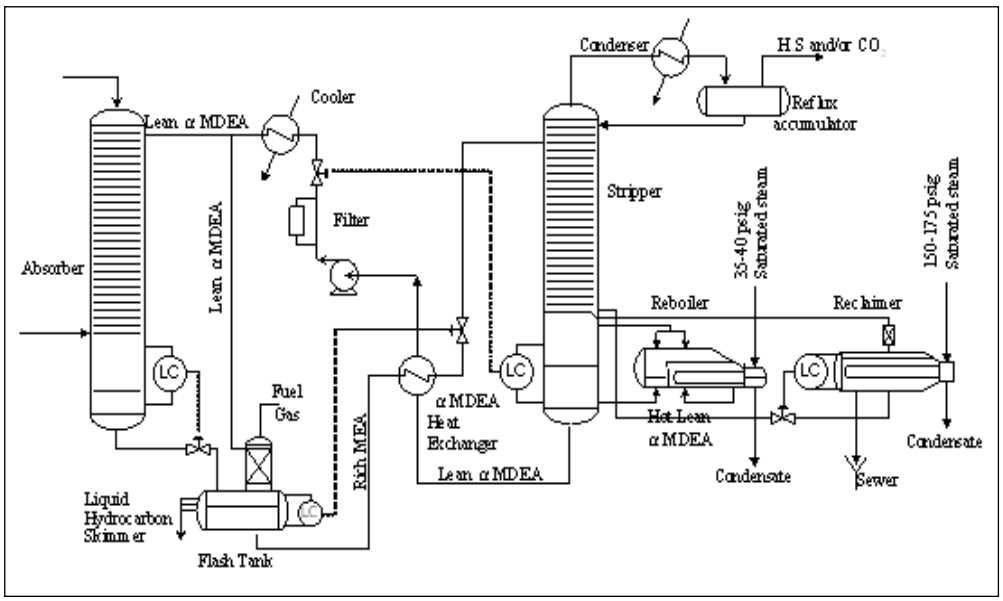
1. Acid gas removal
2. Dehydration & Hg Removal
3. Fractionation
4. Liquefaction




Gambar 3.33. Proses Pengolahan Gas Alam Cair

### 4.1. Acid Gas Removal

Penghilangan gas yang bersifat asam bertujuan untuk meningkatkan mutu produk dan mencegah korosi. Selain itu $CO_2$ dapat memadat pada suhu -78$^0$C ketika dicairkan sehingga dapat menumbat pipa. Umumnya $CO_2$ dihilangkan hingga kadarnya dibawah 50 ppm dan untuk $H_2S$ dibawah 4 ppm. Pada Proses penghilangan ini dilaksanakan dalam unit absorber dengan pelarut MDEA. Pada kolom absorber gas alam dari bawah mengalir ke atas kolom dan dari atas dipercikan larutan MDEA. Gas asam akan larut pada MDEA sedangkan gas alam bebas gas asam akan keluar melewati kolom absorber. MDEA yang telah melarutkan gas alam tadi regenerasi di kolom stripper dengan mengurangi tekanan dan menaikan temperatur sehingga gas terpisah dari MDEA. MDEA yang telah diregenerasi di sirkulasi kembali menuju kolom absorber.

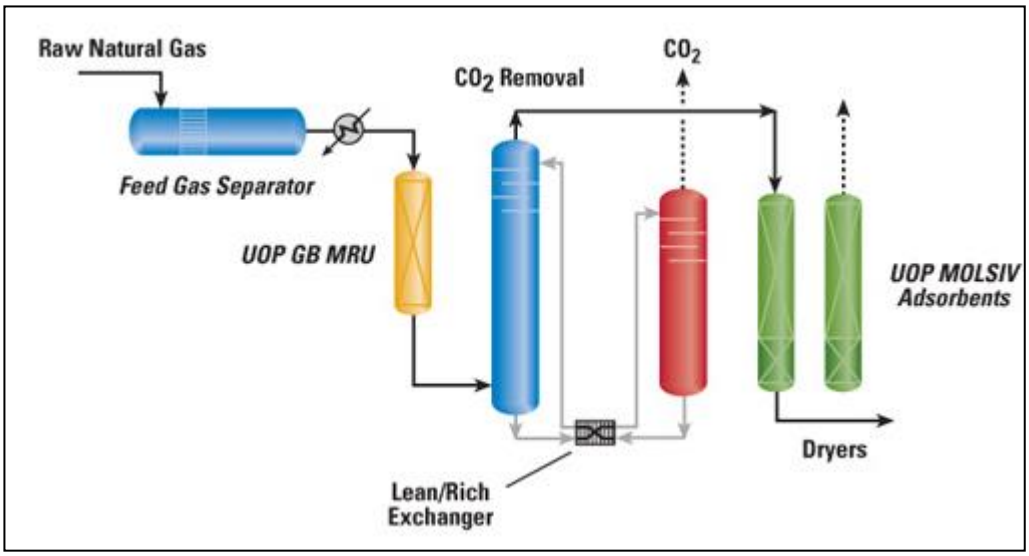



Gambar 3.34. Bagian - bagian Acid Gas Removal

### 4.1.1. Gas Dehydration dan Mercury Removal

Selain $CO_2$, gas alam juga mengandung uap air ($H_2O$) dan Mercury (Hg) yang akan menghambat proses pencairan pada suhu rendah. Pada Plant Gas Dehydration dan Mercury Removal, kandungan $H_2O$ dan Hg dipisahkan dari gas alam. Kandungan $H_2O$ pada gas alam tersebut akan menjadi padat dan akan menghambat pada proses pendinginan gas alam selanjutnya. Pemisahan kandungan $H_2O$ (Gas Dehydration) dilakukan dengan cara absorbsi menggunakan molecullar sieve hingga kandungan $H_2O$ maksimum 0,5 ppm.

Kandungan mercury (Hg) pada gas alam tersebut jika terkena peralatan yang terbuat dari aluminium akan terbentuk amalgam. Sedangkan tube pada Main Heat Exchanger 5E-1 yang merupakan alat pendingin dan pencairan utama untuk memproduksi LNG adalah terbuat dari aluminium. Pemisahan kandungan Hg (Mercury Removal) dilakukan dengan cara absorbsi menggunakan adsorben *Bed Mercury Removal* yang berisi *Sulfur Impregnated Activated Charcoal* dimana merkuri akan bereaksi membentuk senyawa HgS, hingga kandungan Hg maksimum 0,1 ppm.




Gambar 3.35. Gas Dehydration And Mercury Removal

### 4.1.2. Fractination

Sebelum gas alam didinginkan dan dicairkan pada Main Heat Exchanger 5E-1 pada suhu yang sangat rendah hingga menjadi LNG, proses pemisahan (fractination) gas alam dari fraksi-fraksi berat (C2, C3, ..., dst) perlu dilakukan. proses fraksinasi tersebut dilakukan di plant gas dehydration dan mercury removal .

Pemisahan gas alam dari fraksi beratnya dilakukan pada Scrub Column 3 C-1. Setelah dipisahkan dari fraksi beratnya, gas alam didinginkan terlebih dahulu hingga temperatur sekitar -50°C dan selanjutnya diproses di Plant 5 untuk didinginkan lebih lanjut dan dicairkan.

Sedangkan fraksi beratnya dipisahkan lagi sesuai dengan titik didihnya dengan beberapa alat (Deethanizer, Deprophanizer dan Debuthanizer) untuk mendapatkan prophane, buthane dan condensate.

### 4.1.3. Refrigeration

Selain penurunan tekanan, proses pencairan gas alam dilakukan dengan menggunakan sistem pendingin bertingkat. Bahan pendingin yang

digunakan: Propane dan Multi Component Refrigerant (MCR). MCR adalah campuran Nitrogen, Methane, Ethane, Prophane dan Buthane yang digunakan untuk pendinginan akhir dalam proses pembuatan LNG. Plant Refrigeration menyediakan pendingin Prophane dan MCR. Baik prophane maupun MCR sebagai pendingin diperoleh dari hasil sampingan pengolahan LNG.

**a. Siklus Pendingin Prophane**

Cairan prophane akan berubah fase menjadi gas prophane setelah temperaturnya naik karena dipakai mendinginkan gas alam maupun MCR. Sesuai dengan kebutuhan pendinginan bertingkat pada proses pengolahan LNG, kondisi cairan prophane yang dipakai pendinginan ada 3 tingkat untuk MCR dan 3 tingkat untuk gas alam. Gas prophane setelah dipakai untuk pendinginan dikompresikan oleh Prophane Recycle Compresor 4K-1 untuk menaikkan tekanannya, kemudian didinginkan oleh air laut, dan selanjutnya dicairkan dengan cara penurunan tekanan. Demikian siklus pendingin propane diperoleh.

**b. Siklus Pendingin MCR**

Cairan MCR berubah fase menjadi gas MCR dengan kenaikan temperatur karena dipakai pendinginan gas alam pada Main Heat Exchanger 5E-1. Gas MCR tersebut dikompresikan secara seri oleh MCR First Stage Compresor 4K-2 dan MCR Second Stage Compressor 4K-3 untuk menaikkan tekanannya. Pendinginan dengan air laut dilakukan pada interstage 4K-2 dan 4K-3 serta pada discharge 4K-3.

### 4.1.5. Liquefaction

Pada Plant Liquefaction dilakukan pendinginan dan pencairan gas alam setelah gas alam mengalami pemurnian dari $CO_2$, pengeringan dari kandungan $H_2O$, pemisahan Hg serta pemisahan dari fraksi beratnya dan pendinginan bertahap oleh prophane. Gas alam menjadi cair setelah keluar dari Main Heat Exchanger 5E-1 dan peralatan lainnya selanjutnya ditransfer ke storage tank.

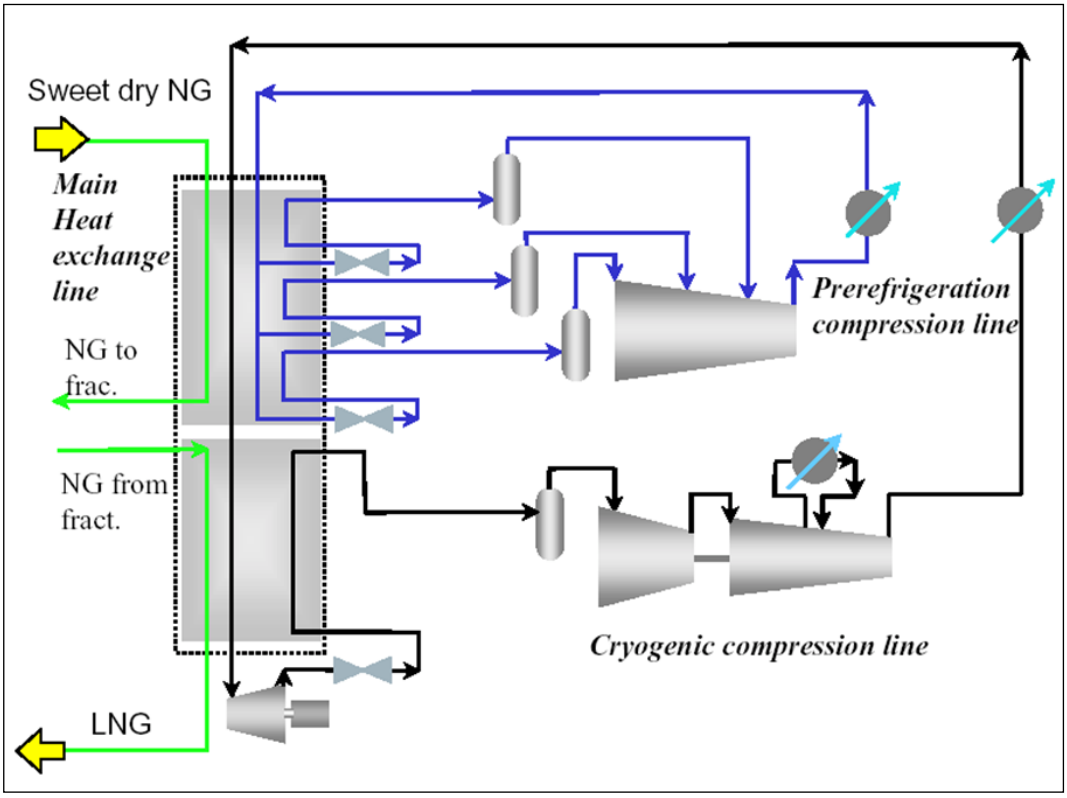
Legend:

K: Compressor

E: Exchanger

C: Column

LNG: Liquid natural gas




Gambar 3.36. Bagian – bagian Liquefaction

## D. Aktivitas Pembelajaran

### Aktivitas Pengantar

### Mengidentifikasi Isi Materi Pebelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan kegiatan pembelajaran, berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut, dan kerjakan LK-00:

LK-00:

1. Apa saja hal - hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran sensor termocouple? Sebutkan dan jelaskan!

   ……
   ……
   ……
   ……
   ……
   ……

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!

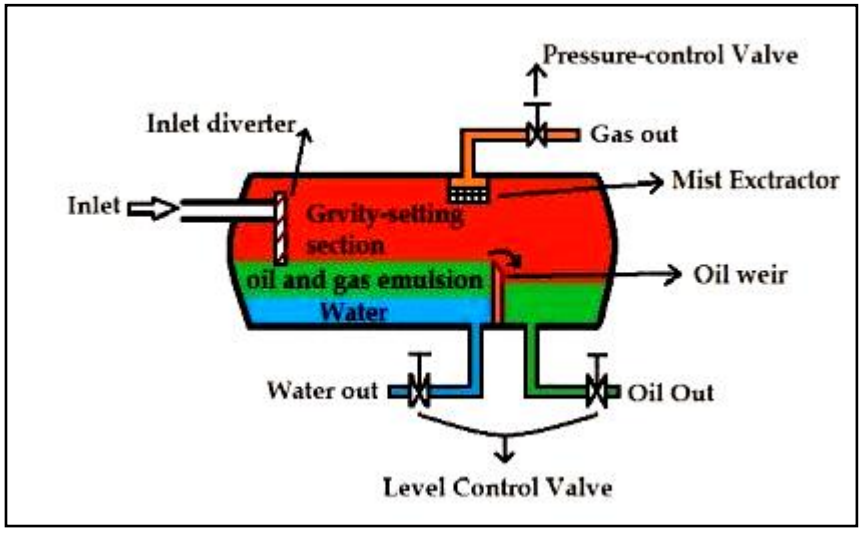
……
……
……
……
……
……
……

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

……
……
……
……
……
……

**Aktivitas 1. Mengamati Kegiatan pengoperasian Alat Separasi Minyak Bumi (*Separator*) (2 JP)**

Saudara diminta untuk mengamati kondisi alat sparator pada gambar berikut ini:



Saudara mungkin mempunyai pandangan yang berbeda dari teman-teman lain tentang kondisi kegiatan sparator pada gambar diatas. Apa yang Saudara temukan setelah mengamati gambar sparator diatas? Apakah ada hal-hal yang baik atau sebaliknya yang saudara temukan? Diskusikan hasil pengamatan Saudara dengan anggota kelompok Saudara. Selanjutnya jawab pertanyaan pada LK-01 berikut ini:

LK-01:

1. Mengapa diperlukan mengapati sparator diatas? jelaskan, kegiatan apa saja yang perlu dilakukan untuk menggunakan peralatan sparator? Apa yang akan terjadi jika tidak menggunakan sparator dengan benar?

……
……
……
……
……

2. Menurut Saudara apakah kegiatan memahami prinsip kerja sparator perlu pemahaman ekstra?

……
……
……
……
……

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

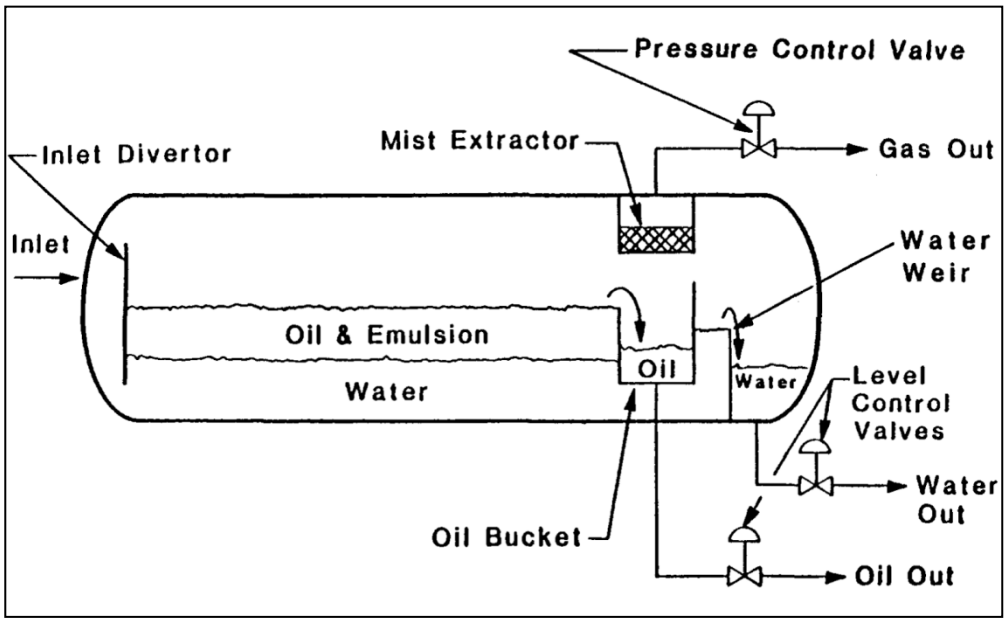
……
……
……

……

……

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas polio dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan. Saudara dapat membaca Bahan Bacaan tentang Prosedur pengoperasian sparator.

**Aktivitas 2: Mengamati Bagian – bagian *Separator* Horizontal**




Setelah Saudara mencermati gambar diatas tentang Bagian – bagian *Separator* Horizontal**,** selanjutnya saudara akan mendiskusikan bagaimana cara melakukan pengamatan dari bagian – bagian *separator* horizontal dengan baik dan benar. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-02 berikut ini.

LK-02:

1. Apa yang Saudara ketahui tentang bagian – bagian *separator* horizontal?

……

……

……

……

……

2. Mengapa Saudara melakukan pengamatan mengenai bagian – bagian *separator* horizontal ?

……
……
……
……
……

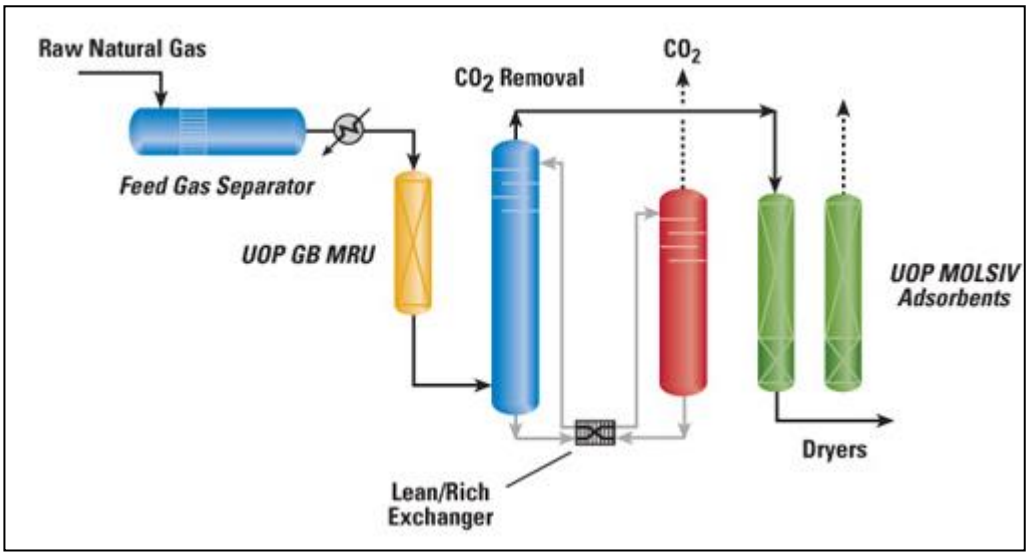
3. Menurut pendapat saudara pada bagian mana yang paling utama dari keseluruhan bagian – bagian *separator* horizontal ?

……
……
……
……
……

4. Apakah saudara sudah memahami bagian – bagian dari *separator* horizontal**,** dan bagaimana cara kerjanya? jelaskan?

……
……
……
……
……

## Aktivitas 3: Mengamati Gas Dehydration And Mercury Removal




Setelah Saudara mengamati Gas Dehydration And Mercury Removal, Saudara akan mendiskusikan bagaimana memahami Gas Dehydration And Mercury Removal. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-03 berikut.

LK-03:

1. Apa yang Saudara ketahui tentang Gas Dehydration And Mercury Removal?

……
……
……
……
……

2. Mengapa Saudara melakukan pengamatan tentang Gas Dehydration And Mercury Removal?

……
……
……

……

……

3. Menurut pendapat Saudara mengapa Gas Dehydration And Mercury Removal penting bagi kelangsungan sistem pengolaha minyak dan gas?

……

……

……

……

……

4. Apakah Gas Dehydration And Mercury Removal dapat meningkatkan performansi dari kualitas minyak bumi? Mengapa?

……

……

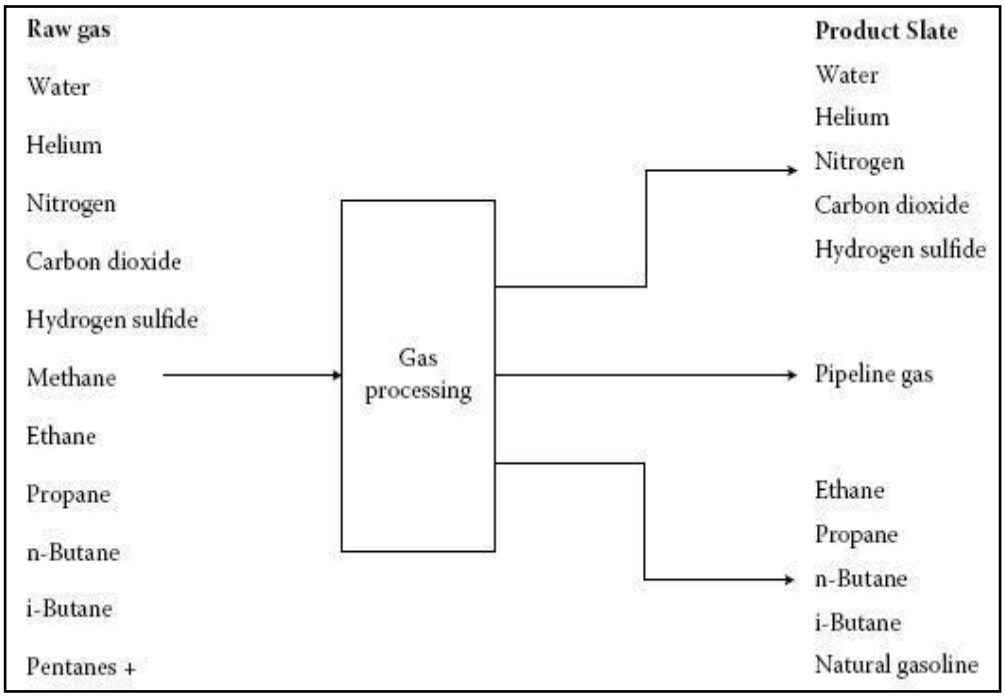
……

……

……

……

**Aktivitas 4: Memeriksa Material Dalam Pemrosesan Gas Alam**



Setelah Saudara mencermati gambar diatas, saudara akan mendiskusikan bagaimana cara melakukan pemeriksaan terhadap Material Dalam Pemrosesan Gas Alam. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-04 berikut ini:

LK-04:

1. Apa yang Saudara ketahui tentang Material Dalam Pemrosesan Gas Alam?

……
……
……
……
……

2. Mengapa Saudara melakukan pengamatan tentang Material Dalam Pemrosesan Gas Alam?

……
……
……
……
……

3. Menurut pendapat Saudara mengapa pengamatan tentang Material Dalam Pemrosesan Gas Alam sangat penting?

……
……
……
……
……

5. Bagaimana proses yang terjadi terhadap material gas alam?

……
……

……

……

……

……

**Aktivitas 5: Mengamati Grafik Hubungan P – V Pada T Konstan**

Setelah Saudara mencermati gambar Grafik Hubungan P – V Pada T Konstan, maka saudara akan mendiskusikan tentang pengamatan Grafik Hubungan P – V Pada T Konstan. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-05 berikut.

LK-05

1. Apa yang Saudara ketahui tentang Grafik Hubungan P – V Pada T Konstan?

……

……

……

……

……

2. Mengapa Saudara melakukan pengamatan Grafik Hubungan P – V Pada T Konstan?

……

……

……

……

……

3. Menurut pendapat Saudara bagaimana Hubungan P – V Pada T Konstan?

……

……

……

……

……

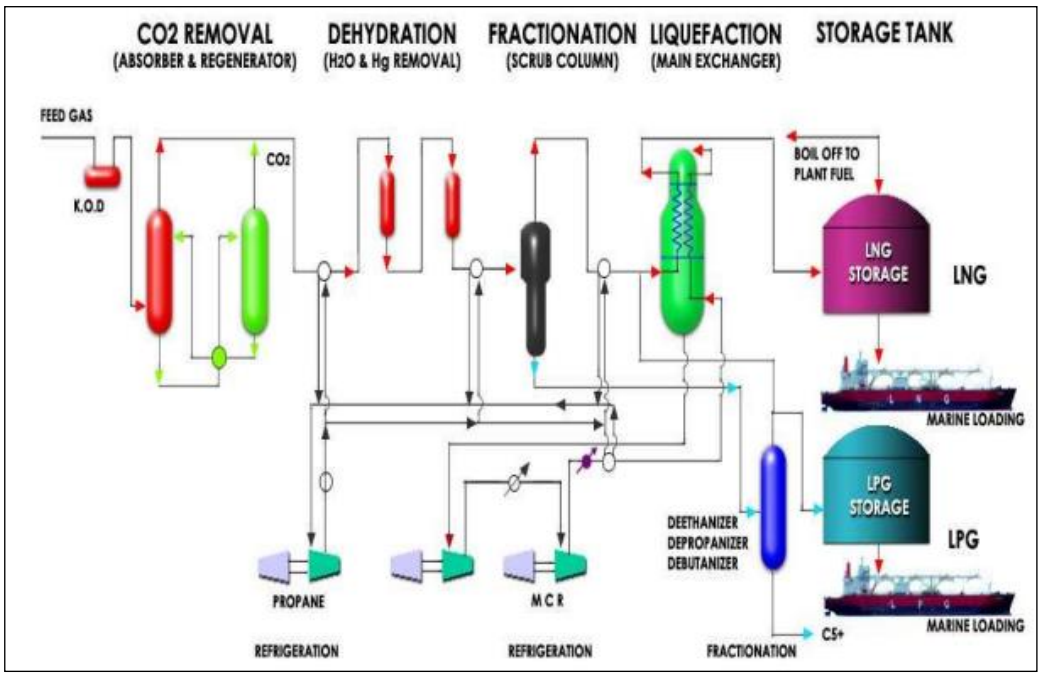
4. Hubungan P – V Pada T Konstan termasuk hukum gas ideal yang mana?

……

……

……

## Aktivitas 6: Mencermati Proses Pengolahan Gas Alam Cair



Setelah Saudara mencermati gambar Proses Pengolahan Gas Alam Cair Saudara akan mendiskusikan tentang Proses Pengolahan Gas Alam Cair. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-06 berikut ini.

LK-06:

1. Apa yang Saudara ketahui tentang Proses Pengolahan Gas Alam Cair?

……
……
……
……
……

2. Mengapa Saudara melakukan pengamatan tentang Proses Pengolahan Gas Alam Cair?

……
……
……
……
……

3. Menurut pendapat Saudara apakah Proses Pengolahan Gas Alam Cair sangat penting?

……
……
……
……
……

4. Apakah tahap – tahap Proses Pengolahan Gas Alam Cair? Jelaskan?

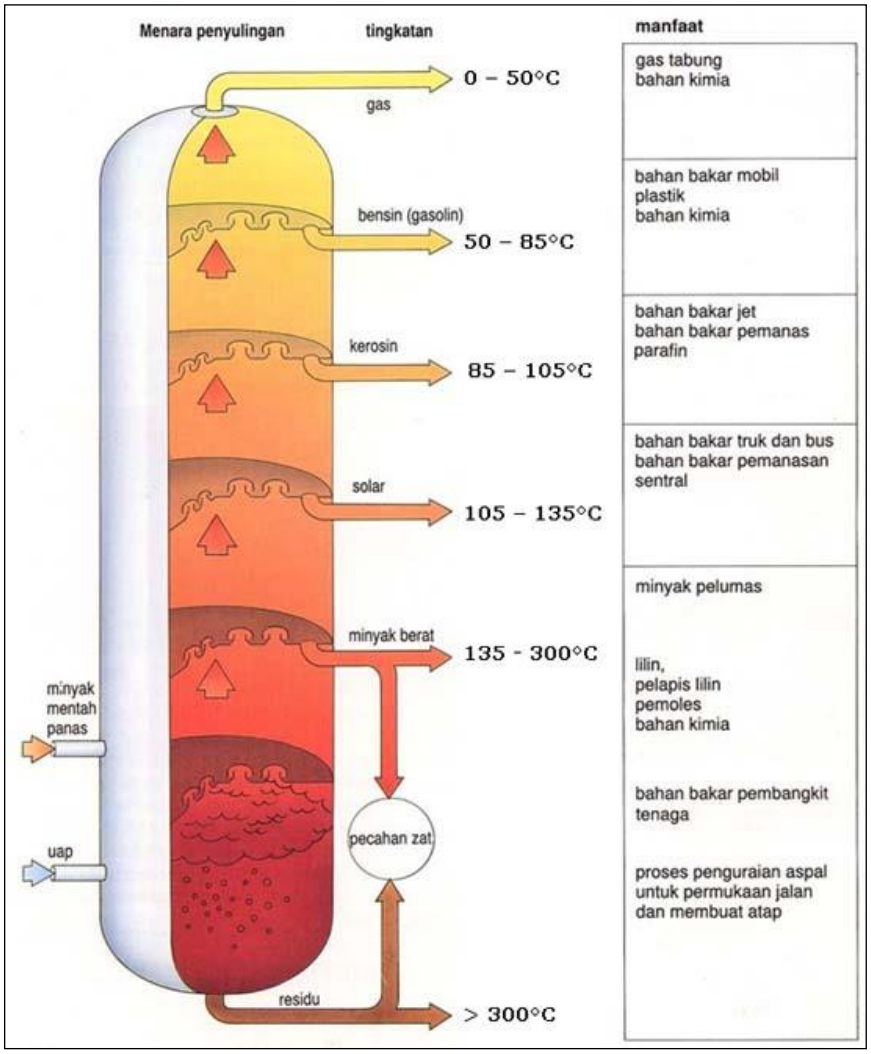
……
……

.....

.....

.....

## Aktivitas 7: Mencermati Proses Penggolongan bahan bakar berdasarkan Temperatur




Setelah Saudara mencermati gambar proses penggolongan bahan bakar berdasarkan temperatur, saudara akan mendiskusikan dengan teman kelompok saudara. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan pada LK-07 berikut ini.

LK-07:

1. Apa yang Saudara ketahui tentang proses penggolongan bahan bakar berdasarkan temperatur?

……
……
……
……
……

2. Mengapa Saudara melakukan pengamatan tentang proses penggolongan bahan bakar berdasarkan temperatur?

……
……
……
……
……

3. Menurut pendapat Saudara apakah proses penggolongan bahan bakar berdasarkan temperatur sangat penting?

……
……
……
……
……

4. Apakah tahap – tahap proses penggolongan bahan bakar berdasarkan temperatur? Jelaskan?

……
……
……
……
……

## E. Latihan/ Kasus/ Tugas

**Tugas 1.** Menguraikan siklus refrijerasi dan komponen refrijerasi komersial

Diskusikan dengan teman sekelompok terkait dengan siklus refrijerasi dan komponen refrijerasi komersial. Paparan mencakupi komponen utama, alat proteksi dan asesoris yang lazim digunakan pada unit refrijerasi komersial. Untuk itu kalian harus mengumpulkan informasi dari berbagai sumber agar informasi yang kalian peroleh lebih dapat dipercaya. Presentasikan hasil kerja kalian di kelas. Untuk membuka ide kalian berikut ini diberikan gambar skematik suatu unit komersial. Identifikasi setiap komponen sesuai nomor komponen?

**Tugas 2.** Problem Di Separator

a. Pada High liquid level /liquid over flow, suatu keadaan dimana cairan keluar dari separator melalui gas outlet, apa penyebabnya?
b. Pada Low liquid level/gas blowby, suatu keadaan dimana gas keluar dari separator melalui liqu id outlet apa penyebabnya?.

**Tugas 3.** Bagaimana Prosedur Start Up Separator?

**Tagas 4.** Jika didalam separator tidak ada udara apa yang harus saudara lakukan? Jelaskan?

**Kasus 1.** Bagaimana cara melakukan Operasi Rutin Production Separator?

**Kasus 2.** Bagaimana cara melakukan pemeliharaan pada pipa?

**Kasus 3.** Bagaimana cara memperoleh pemisahan bertingkat (Multi Stage Separation)?

**Latihan 1.** Tekanan separator tingkat pertama = 1500 Psi, Tekanan tanki timbun = 30 Psi, Jumlah stage = 4, Berapa P2 dan P3

**Latihan 2.** Suatu sampel gas klorin memiliki volume 946 mL pada tekanan 726 mmHg. Berapa tekanan gas (dlm mmHg) Jika volume berkurang pada suhu konstan menjadi 154 mL?

**Latihan 3.** Pada ban mobil dimasukkan tekanan 200 kPa pada 10°C setelah berjalan 150 km, suhu dalam ban bertambah menjadi 40°C. Berapakah tekanan dalam ban sekarang?

**Latihan 4.** Gas ideal volumenya 10 liter suhunya 127$^{o}$C bertekanan 165,6 Pa. Hitunglah banyak partikelnya !

**Latihan 5.** Dalam sebuah bejana dengan volume 1 $m^3$ berisi 10 mol gas mono atomic dengan anergi kinetic partikel rata-rata 1,5 x $10^{-20}$ J. Tentukan tekanan gas dalam bejana?

**Latihan 6.** Suatu gas monoatomik A bersuhu 27°C dengan massa tiap partikel $\frac{1}{2}$ kali massa partikel B. Agar kedua macam partikel mempunyai laju yang sam, tentukan suhu gas B!

**Latihan 7.** Molekul oksigen ($M_r$ = 32 gram/mol) di atmosfer memiliki laju efektif 500 $ms^{-1}$. Tentukan laju molekul Helium ($M_r$ = 4 gram/mol) ?

**Latihan 8.** Hitunglah massa dari 10 liter gas nitrogen ($N_2$) jika pada kondisi tersebut 1 liter gas hidrogen ($H_2$) massanya 0.1 g.

**Latihan 9.** Berapa volume 8.5 gram amoniak ($NH_3$) pada suhu 27$^{o}$ C dan tekanan 1 atm ? (Ar: H = 1 ; N = 14)

**Latihan 10.** Berapa tekanan dari 0 5 mol O2 dengan volume 10 liter jika ada temperatur tersebut 0.5 mol $NH_3$ mempunyai volume 5 liter den tekanan 2 atmosfir ?

## F. Rangkuman

1. *Separator* adalah alat separasi minyak dan gas bumi yang menggunakan prinsip separasi *flash* pada tekanan dan temperatur tetap.
2. Fungsi Utama dari *Separator*
   - Memisahkan fase pertama cairan hidrokarbon dan air bebasnya dari gas atau cairan, tergantung mana yang lebih dominan.

- Melakukan usaha lanjutan dari pemisahan fase pertama dengan mengendapkan sebagian besar dari butiran-butiran cairan yang ikut di dalam aliran gas.
- Mengeluarkan gas maupun cairan yang telah dipisahkan dari *separator* secara terpisah dan meyakinkan bahwa tidak terjadi proses balik dari salah satu arah ke arah yang lainnya.

3. Sparator Berdasarkan Bentuknya terbagi 3 yaitu: separator Vertical, separator horizontal dn separator spherical

4. Beberapa proses pemisahan udara yang populer dan banyak diterapkan di dalam industri-industri besar diantaranya adalah:
   - Linde Sinle-Column Air Separation
   - Linde Double-Column Air Separation
   - Membrane Air Separation

5. Ada 5 jenis distilasi yang akan dibahas disini, yaitu distilasi bertingkat, distilasi sederhana, distilasi fraksionasi, distilasi uap, dan distilasi vakum. Selain itu ada pula distilasi ekstraktif dan distilasi azeotropic homogenous, distilasi dengan menggunakan garam berion, distilasi pressure-swing, serta distilasi reaktif.

6. Tiga metode yang sering dijumpai untuk removal nitrogen yaitu :
   1. Cryogenic distillation
   2. Adsorption
   3. Membrabe separation

7. Ada tiga prinsip dalam pemrosesan CNG:
   1. Purifikasi (pemurnian)
   2. Separasi (pemisahan)
   3. Compressification (pencairan)

8. Secara Umum proses proses pembuatan LNG dari gas alam terdiri dari 4 tahap, yaitu :

1. Acid gas removal
2. Dehydration & Hg Removal
3. Fractionation
4. Liquefaction

9. Sejumlah trace komponent dalam konsentrasi yang cukup tinggi bisa menurunkan kualitas produk dan menimbulkan permasalahan lingkungan. Komponen –komponen tersebut antara lain :

   a. Hidrogen

      Meski jarang sekali ada dalam konsentrasi yang besar, hidrogen tetap harus dihilangkan sehingga konsentrasinya menjadi serendah mungkin

   b. Oksigen

      Konsentrasi maksimum oksigen yang diperbolehkan adalah 10 % volume pada sales gas.

10. Tiga point penting pada envelope adalah :
    - Cricondentherm, yaitu temperatur maksimum dimana dua fase terbentuk
    - Cricondenbar, tekanan maksimum dimana dua fase terbentuk
    - Critical point, temperatur dan tekanan dimana fase vapor dan liquid memiliki konsentrasi yang sama.

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

**1.** Bagaimana cara saudara untuk meningkatkan kemampuan saudara dalam penguasaan materi pembelajaran *sparator*? Jelaskan?

**2.** Apa yang saudara lakukan sebagai seorang guru kejuruan Teknik pengolahan minyak, gas dan petrokimia untuk dapat menambah pengetahuan saudara setelah membaca modul diklat ini? Jelaskan?

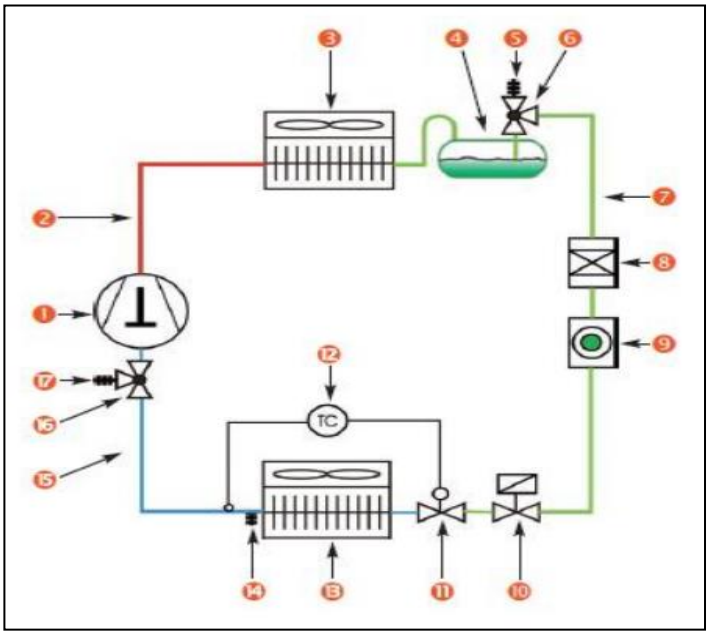
**3.** Sebutkan langkah – langkah yang saudara lakukan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat terkhusus dalam pengukuran gas ideal dan gas nyata? Jelaskan?

**4.** Dalam melakukan perhitungan gas ideal apa saja yang bisa saudara lakukan?

5. Saat saudara melakukan pengamatan tentang *gas dehidration* apa saja yang bisa saudara lakukan agar saudara bisa lebih menguasai tentang *gas dehidration*? Dan bagaimana proses pembentukannya?
6. Berdasarkan yang saudara amati tentang hidrocarbon recovery, bagaimana proses terbentuknya?
7. Sebutkan tahapan – tahapan yang saudara lakukan untuk melakukan pengukuran Acid Gas Removal?
8. Sebutkan macam – macam pengukuran Gas treating?
9. Apa saja yang saudara gunakan dalam melakukan pengukuran *Fractionation*? jelaskan?
10. Bagaimana saudara mencari persentase kesalahan dalam pengkururan *Liquefaction*? Jelaskan proses terbentuknya?

## H. Kunci Jawaban

### Jawaban Tugas 1




Pada awal produksinya, peralatan refrijerasi mekanik berbadan besar, mahal dan tidak begitu efisien. Penggunaanyapun masih sangat terbatas, yaitu sebagai Mesin Pendingin, Penyimpanan dan Pengepakan Daging dan sebagai Gudang Pedinginan. Hanya dalam beberapa

dekade, industri refrijerasi mengalami perkembangan yang sangat cepat, hingga sekarang. Ada beberapa factor yang menyebabkannya. Pertama, dengan telah dikembangkannya metoda atau cara manufaktur yang presisi, menjadikan peralatan refrijerasi modern menjadi semakin kecil dan kompak dan menjadi semakin efisien. Kemajuan ini seiring dengan kemajuan yang dicapai dalam bidang motor listrik, sebagai penggerak utama kompresor, sehingga memungkinkan mendesain peralatan refrijerasi dalam skala kecil untuk keperluan domestic dan komersial serta untuk keperluan lainnya misalnya transportasi, kenyamanan hunian, dan proses produksi di industri.

## Jawaban Tugas 2

a. Penyebabnya adalah?
   1. Cairan yang masuk lebih besar dari pada cairan yang keluar
   2. Control valve di liquid outlet tidak bekerja (close)
   3. Block valve didekat control valve tertutup
   4. Terjadi penyumbatan di pipa liquid outlet

b. Penyebabnya adalah?
   1. Berkurang atau tidak ada fluida yang masuk
   2. Control valve di liquid outlet tidak bekerja (open)
   3. Bypass valve pada liquid outlet terbuka
   4. Drain valve terbuka
   5. Control valve di gas outlet tidak bekerja (close)

## Jawaban Tugas 3

a. Periksa & pastikan level controller dan pressure controller dalam keadaan baik, dengan mencoba mengoperasikan untuk posisi naik dan turun.
b. Cek gas outlet dan liquid outlet apakah arah aliran sudah benar
c. Jika didalam separator ada udara, keluarkan terlebih dahulu udara dalam separator (purging)
d. Buka vent valve

e. Isi separator dengan air (produced water) sampai penuh (sampai keluar ke vent valve tetapi tidak keluar ke outlet gas)
f. Tutup vent valve
g. Buang air lewat drain, dan buka valve - 5 pelan- pelan Sisakan air sampai levelnya ditengah - tengah sight glass yang atas dan tekanan sampai $\pm$ 30 Psi
h. Tutup drain valve
i. Drain pipa outlet gas melalui orifice meter flange, kalau mungkin air masuk ke outlet gas
j. Buka inlet stream pelan – pelan

**Jawaban Tugas 4:**

Buka inlet stream pelan - pelan, sampai liquid level mencapai setengah sight glass yang atas. Buka valve - 2 dan atur level controller, Atur level controller dan pressure controller untuk mendapatkan level dan tekanan operasi yang stabil.

**Jawaban kasus 1:**

Pengecekan operasi secara rutin adalah observasi perubahan permukaan, tekanan, temperatur dan instrument flow control untuk mengetahui apakah bekerja pada range yang ditetapkan.Gerak- gerakkan control valve (buka dan tutup) untuk mengetahui control valve membuka / menutup tanpa hambatan Sight glass harus di drain secara periodik untuk membersihkan scale, parafine atau kotoran. Separator harus sering di drain secara rutin, untuk mengeluarkan endapan pasir atau lumpur atau partikel - partikel padatan dibagian bawah separator yang akan mengurangi kapasitas separator.

**Jawaban Kasus 2:**

Inspeksi secara periodik, baik bejana maupun pipa - pipanya terhadap korosi, scale dan paraffin Pemasangan alat- alat keselamatan, semua dihubungkan secara langsung dengan bejana (tanpa perantara). Dalam pemasangan

safety valve harus diarahkan ketempat penjaga (yang mudah didengar) Pemasangan safety head langsung pada bejana. Lubang harus terbuka penuh dan tidak boleh ada hambatan. Untuk separator horizontal arahnya tegak lurus badan, sedang untuk separator vertical arahnya sejajar dengan badan. Benda- benda yang biasa mengendap pa da mist extractor misalnya scale dan parafin, akibatnya mengurangi efisiensi mist extractor Kalau fluida dari sumur mengandung cairan korosif, maka harus diadakan inspeksi visual secara periodic Inspeksi visual ialah meneliti bagian - bagian dari luar pada sambungan yang memungkinkan terdapat kebocoran.

Setiap 6 (enam) bulan sekali man hole dibuka untuk mengecek dan membersihkannya dari scale dan parafin. Endapan parafin bisa terdapat pada inlet, outlet atau dinding lubang. Endapan pasir atau lumpur atau p artikel- partikel padatan biasanya mengendap dibagian bawah. Dan akan mengurangi kapasitas dari separator. Untuk itu harus sering di drain.

**Jawaban Kasus 3:**

Untuk memperoleh hasil pemisahan gas dengan minyak lebih sempurna, digunakan sistim pemisahan bertingkatDua separator atau lebih dihubungkan secara seri yang bekerja pada tekanan yang berturut - turut menurun. Cairan yang keluar dari separator bertekanan tinggi masuk ke separator berikutnya yang bertekanan lebih rendah dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$R = (P_1/Ps)^{1/n}$

$P_2 = P_1/R$

$P_3 = P_2/R$

dimana :

R = ratio tekanan bertingkat $P_1/P_2 = P_2/P_3 =$ ……$P_n/P_s$

n = jumlah tingkat dikurangi satu

$P_1$ = tekanan separator tingkat pertama, psia

$P_2$ = tekanan separator tingkat kedua, psia

$P_3$ = tekanan separator tingkat ket iga, psia

$P_s$ = tekanan tanki penimbun (storage)

**Jawab latihan 1** :

$R = (P_1/Ps)^{1/n}$

$R = (1500/30)^{1/3}$

R = 3,68

$P_2 = P_1/R \rightarrow P_2 = 1500/3{,}68 = 407$ Psi

$P_3 = P_2/R \rightarrow P_3 = 407/3{,}68 = 111$ Psi

$P_s$ = 30 Psi

**Jawab latihan 2** :

$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$

$P_1 = 726\ mmHg \qquad P_2 = ?$

$V_1 = 946\ mL \quad V_2 = 154\ mL$

$$P_2 = \frac{P_1 \times V_1}{V_2} = \frac{726\ mmHg\ \times 946\ ml}{154\ ml} = 4460\ mmHg$$

**Jawab latihan 3** :

Keadaan awal

$P_1$ = 200 kPa, $T_1$ =283 K

$P_2$ = ? $T_2$ = 313 K

Karena $V_1 = V_2$, maka persamaan Boyle-Gaylussac menjadi :

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow P_2 = \frac{P_1}{T_1} T_2$$

$$P_2 = \frac{200kPaX313K}{283K} = 222 \text{ kPa}$$

Jadi tekanan dalam ban menjadi 222 kPa

**Jawab latihan 4** :

Diketahui :

V = 10 L = $10^{-2}$ $m^3$

P = 165,6 Pa

T = 127$^o$C = 400$^o$K

Ditanya : N ... ?

Jawab :

P.V = N.k.T

$165{,}6.10^{-2}$ = N.1,38.$10^{-23}$.400

N = $3.10^{19}$ partikel

**Jawab latihan 5** :

$$p = \frac{1}{3} m_0 \overline{v^2} \left( \frac{N}{V} \right)$$

$$= \frac{2}{3} N \, Ek/V$$

$$= \frac{\frac{1}{3} x10x6{,}02.10^{23} x1{,}5.10^{-20} x2}{1}$$

= 6,02 . $10^4$ $Nm^{-2}$

**Jawab latihan 6** :

$$E_k = \frac{3}{2}kT \rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT$$

$T = \frac{mv^2}{3k} \rightarrow$ suhu mutlak sebanding dengan massa partikel gas atau

$$T_B / T_A = m_B / m_A$$

$m_B = 2\ m_A$, jadi $T_B = 2\ T_A \rightarrow T_B = 2(273 + 27) = 600$ K atau $T_B = 327°$ C

**Jawab latihan 7** :

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = \sqrt{\frac{Mr_2}{Mr_1}}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{Mr_2}{Mr_1}} x500 = 1400 ms^{-1}$$

**Jawab latihan 8** :

$V_1/V_2 = n_1/n_2 \rightarrow$ 10/1 = (x/28) / (0.1/2) $\rightarrow$ x = 14 gram

Jadi massa gas nitrogen = 14 gram.

**Jawab latihan 9**:

85 g amoniak = 17 mol = 0.5 mol

Volume amoniak (STP) = 0.5 x 22.4 = 11.2 liter

Berdasarkan persamaan Boyle-Gay Lussac:

$P_1 . V_1 / T1 = P_2 . V_2 / T_2$

1 x 112.1 / 273 = 1 x $V_2$ / (273 + 27) $\rightarrow$ $V_2$ = 12.31 liter

**Jawab latihan 10:**

$P_1 V_1 = P_2 V_2$

$2.5 = P_2 . 10 \rightarrow$ P2 = 1 atmosfir:

## I. Evaluasi

Jumlah 25 soal esai?

1. Apakah pengertian dari:
    a. Flowline
    b. Manifold
    c. Header
2. Secara umum separator berfungsi untuk memisahkan fluida produksi menjadi dua atau tiga fasa, Supaya pemisahan lebih sempurna, maka sebuah Separator harus:
3. Hitunglah kecepatan Terminal dengan densitas air sebesar 1 kg/$m^3$ dan minyak 900 kg/$m^3$. Dimana faktor konsentrasi pada minyak 55,5 ft dan memiliki nilai absolute viskositas pada minyak 98,3 lb/ft.sec
4. Berdasarkan bentuknya separator dibedakan menjadi? Sebutkan dan jelaskan
5. Sebutkan alat-alat pada intenal separator? Jelaskan?
6. Sebutkan external devices sebuah separator?
7. Suatu gas ideal dengan = 1,5 dimampatkan secara adiabatik sehingga volumenya menjadi $\frac{1}{2}$ kali dari volume mula-mula. Bila pada awal proses tekanan gas 1 atm, tentukanlah tekanan gas pada akhir proses?
8. Sejumlah gas ideal menjalani proses isobaric sehingga volumenya menjadi 3 kali semula, maka suhu mutlaknya menjadi n kali semula dengan n adalah?
9. Suatu tangki berisi gas monoatomik pada suhu $27^OC$. Agar laju efektif partikel gas di dalam tangki menjadi dua kali semula, maka suhu gas harus dinaikkan menjadi
10. Sebutkan dua macam proses dari pembentukan *gas* (*vapour*) dari hirokarbon cair yang bertekanan?
11. Apa yang dimaksud dengan proses gas purification?
12. Pada distilasi uap digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memiliki titik didih mencapai…

13. Sebutkan Faktor – faktor lain yang dapat mempengaruhi pemisahan fluida?
14. Sebutkan proses pemisahan udara yang populer dan banyak diterapkan di dalam industri-industri besar?
15. Secara Umum proses proses pembuatan LNG dari gas alam terdiri dari 4 tahap, sebutkan?
16. Berapa kandungan air dalam fasa gas (BBL/MMscf) yang berada pada tekanan 800 psia dan temperature Dew Point 140 $^{o}$F?
17. Lanjutan soal no (16). Jika laju alir gas nya sebesar 42 MMscf/d akan dikeringkan sehingga kandungan airnya menjadi 4 lbm/MMscf. Berapa BBL air perhari yang harus dipisahkan?
18. Sebutkan apa akibat nya (3 hal) apabila temperature pada boiler lebih rendah dari yang didesain pada system Glycol Dehydrator?
19. Sebutkan 3 hal, apa akibatnya apabila proses regenerasi pada Solid Desiccant Dehydration laju alir gas untuk pemanasan lebih rendah dari yang dirancang?
20. Kenapa pada suatu produksi minak gas perlu dipasang system separator bertingkat?
21. Sebutkan 4 faktor yang penting dalam system operasi glycol dehydration ?
22. Sebutkan 5 item persyaratan (specification) teknis yang umum dalam jual beli gas? Tidak perlu besar harganya.
23. Apa akibatnya bila cycle time pada solid desiccant dehydrator waktunya dipercepat, padahal semua variable operasinya sudah sesuai perencanaannya.
24. Apa gunanya dipasang HEX pada sistem Glycol Dehydrator? Sebutkan 2 hal
25. Apa gunanya Gas Stripping dalam sistem Glycol Dehydrator?

# BAB IV

# PENUTUP

Demikian Modul Guru Pembelajar pengolahan minyak, gas dan petrokimia Kopetensi J bagi Guru pasca UKG ini disusun. Modul ini disusun sebagai acuan bagi semua pihak yang terkait dalam pelaksanaan kegiatan pelatihan dan bagi guru pembelajar dan tenaga kependidikan (GTK). Melalui modul guru pembelajar pengolahan minyak, gas dan petrokimia kompetensi J ini selanjutnya semua pihak terkait dapat menemukan kemudahan dalam melaksanakan UKG kelanjutan dan menambah pengetahuan dan wawasan pada bidang dan tugas masing-masing.

Modul Guru Pembelajar pengolahan minyak, gas dan petrokimia kompetensi J bagi Guru pasca UKG ini disusun ini merupakan bahan pelajaran atau materi yang harus dipelajari oleh guru pasca UKG. Semoga modul Guru Pembelajar pengolahan minyak, gas dan petrokimia kompetensi J bagi Guru pasca UKG ini dapat bermanfaat dan bias mengarahkan dan membimbing peserta diklat terutama para guru dan widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan diklat pengembangan keprofesian berkelanjutan.

## Glosarium

*Associated gas*. Gas alam yang diporoleh dari wells dimana terdapat kandungan crude oil pada sumur tersebut.

*Non-Associated gas*. Gas alam yang diporoleh dari sumur dimana tidak terdapat kandungan crude oil pada sumur tambang tersebut

*Liquified Petroleum Gas (LPG)*. Produk pengolahan gas alam dengan kandungan utama berupa propana (C3) dan butana (C4) serta sejumlah kecil etana (C2).

*Liquified Natural Gas (LNG).* Komponen hidrokarbon ringan dari gas alam, dengan kandungan terbanyak berupa metana yang telah dicairkan.

*Compressed Natural Gas (CNG)*. Pengganti untuk bensin, bahan bakar diesel dan bahan bakar propana. CNG ini dipertimbangkan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar diatas. Lebih ringan dari udara sehingga mudah menyebar dengan cepat ketika bocor ataupun tumpah.

*Dry Gas*. Gas yang mengandung kurang dari 0,1 galon kondensat per 1000 CF gas.

Distilasi, yaitu proses penyulingan berdasarkan perbedaan titik didih; Proses ini berlangsung di kolom distilasi atmosferik dan Kolom Destilasi Vakum.

konversi, yaitu proses untuk mengubah ukuran dan struktur senyawa hidrokarbon.

*Lean Gas*. Gas yang sangat sedikit mengandung senyawa propana (C3) dan yang lebih berat dari itu, atau juga termasuk aliran gas yang keluar dari unit absorbsi.

*Sales Gas*. Gas yang memiliki kualitas yang dapat digunakan untuk konsumsi perumahan atau industri. Memenuhi spesifikasi perusahaan transmisi perpipaan atau perusahaan penyaluran.

*Condensate*. Fraksi Hidrokarbon cair yang diperoleh dari aliran gas yang memiliki kandungan penting berupa pentane (C5).

*oil refinery* adalah pabrik/fasilitas industri yang mengolah minyak mentah menjadi produk petroleum yang bisa langsung digunakan maupun produk-produk lain yang menjadi bahan baku bagi industri petrokimia.

# DAFTAR PUSTAKA


Arikunto, Suharsimi. 2006. *Penelitian Tindakan Kelas.* Jakarta: Bumi Aksara.

Althouse, Andrew D., 2003, Modern Refrigeration & Air Conditioning, The Goodhard-Willcox Company, USA

Bassett, M.D., Pearson, R. J., and winterbone, D. E,19gB, "Visualisation of wave propaqation in a three-pipe junction", Institute International Conference on Optical Method.

Bejan, Adrian and Kraus, Allan D., "Heat Transfer Handbook", 2003, John Willey and Son, Inc., USA, hal : 180 – 183, 190 –191, 422

Broadkey, Robert S and Hershey, Harry C, "Transport Phenomena : A Unified Approach", 1988, McGraw - Hill Book Company, USA, hal : 112 – 117, 143, 146, 148 – 153.

Budiningsih, Asri, (2005).Belajar dan Pembelajaran, Jakarta. Rineka Cipta.

Castka, Joseph F.; Metcalfe, H. Clark; Davis, Raymond E.; Williams, John E. (2002). *Modern Chemistry*. Holt, Rinehart and Winston

Chaudhuri, Uttam Ray. (2011). "Fundamentals of Petroleum and Petrochemical Engineering". CRC Press.

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Pendidikan

Harris, 1983, Modern Air Conditioning Practice, Third Edition, Mc.Graw - Hill International Book Company

Hopkins, David. 2003. *A. Teacher's Guide to Classroom Research*.Second Edition. Philadelphia: Open University Press.

Incropera P, frank and DeWitt P, David, "Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 4th edition, John Wiley and Sons, USA.

John Tomczyk, Troubelshooting & Servicing Modern Refrigeration & Air Conditioning System,

Kemmis, S & McTaggart, R. 1998. *The Action Research Planner*, Third Edition. Victoria: Deakin University.

Kunandar.2013. Langkah Mudah Penelitian Tindakan Kelas Sebagai Pengembangan Profesi Guru.Jakarta : Rajawali Pers.

Maron, Samuel H, and Lando, J.B. Fundamentals oh Physical Chemistry. New York : Macmillan publishing co.inc.

Madya, Suwarsih. 2006. Teori dan Praktek Penelitian Tindakan. Bandung : Alfabeta

Mascetta, Joseph A. (1998). *How to Prepare for the SAT II Chemistry*. Barron's.

Natawidjaya, Rochman. 1997. *Konsep Dasar Penelitian Tindakan*. Bandung: IKIP Bandung.

Nurhalim, K. 2000. Prosedur Pelaksanaan PTK. *Makalah Disajikan pada Pelatihan Pengembangan Penelitian Tindakan Kelas bagi Tenaga Kependidikan Baik Dosen maupun Guru di Jawa Tengah yang diselenggarakan oleh Lemlit Universitas Negeri Semarang* 10-19 Juli 2000.

Priyono, Andreas. 2000. Identifikasi dan Pemecahan Masalah dalam Classroom-Based Action Research. *Makalah Disajikan pada Pelatihan Pengembangan Penelitian Tindakan Kelas bagi Tenaga Kependidikan Baik Dosen maupun Guru di Jawa Tengah yang diselenggarakan oleh Lemlit Universitas Negeri Semarang* 10-19 Juli 2000.