



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian
Teknik Produksi Minyak dan Gas

Pedagogik : Pengembangan Strategi Pembelajaran
Profesional : Metoda Pengukuran Cadangan Migas

**KELOMPOK
KOMPETENSI**





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian

Teknik Produksi Minyak dan Gas

Penyusun :
Mona Monica, ST
SMKN 3 Mandau
monasyahril@yahoo.com
082288424544

Reviewer :
Idham Khalid, ST., MT
T. Minyak UIR Riau
idham.khalid29@gmail.com
0761-72126

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



KATA PENGANTAR

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

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

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

Jakarta, Maret 2016
Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata,
Ph.D,
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Bekang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Saran Cara Penggunaan Modul	3
BAB II KOMPETENSI PEDAGOGIK.....	5
KEGIATAN BELAJAR 1	
A. Tujuan.....	5
B. Indikator Pencapaian Kompotensi.....	5
C. Uraian Materi	5
D. Aktivitas Pembelajaran.....	11
E. Latihan/ Khasus/ Tugas	11
F. Rangkuman	27
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	12
H. Evaluasi	12
I. Kunci Jawaban	13
KEGIATAN BELAJAR 2	
A. Tujuan.....	14
B. Indikator Pencapaian Kompotensi.....	14
C. Uraian Materi	14
D. Aktivitas Pembelajaran.....	40
E. Latihan/ Khasus/ Tugas	40
F. Rangkuman	41
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	42
H. Evaluasi	42

I. Kunci Jawaban	44
------------------------	----

KEGIATAN BELAJAR 3

A. Tujuan.....	45
B. Indikator Pencapaian Kompotensi.....	45
C. Uraian Materi	45
D. Aktivitas Pembelajaran.....	52
E. Latihan/ Khasus/ Tugas	52
F. Rangkuman	52
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	53
H. Evaluasi	53
I. Kunci Jawaban	54

BAB III Kompetensi Profesional	53
---	-----------

KEGIATAN BELAJAR KB-1

A. Tujuan.....	56
B. Indikator Pencapaian Kompotensi.....	56
C. Uraian Materi	56
D. Aktivitas Pembelajaran.....	75
E. Latihan/ Khasus/ Tugas.....	76
F. Rangkuman.....	77
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	78
H. Kunci Jawaban.....	80

KEGIATAN BELAJAR KB-2

A. Tujuan.....	91
B. Indikator Pencapaian Kompotensi.....	91
C. Uraian Materi	91
D. Aktivitas Pembelajaran.....	115
E. Latihan/ Khasus/ Tugas.....	116
F. Rangkuman.....	121
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	123
H. Kunci Jawaban.....	125

EVALUASI	128
BAB IV PENUTUP	137
GLOSARIUM.....	138
DAFTAR PUSTAKA.....	139

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
3.1 Aliran Satu Fasa Dalam Media Berpori	58
3.2 Aliran <i>Steady State</i> Menuju Rekah Batua.....	58
3.3 Sistem Aliran Radial.....	61
3.4 Aliran Linier	63
3.5 Aliran Radial Radial	63
3.6 Aliran Spherical	63
3.7 kurva Pwf vs t.....	64
3.8 Peta Isopach	110

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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

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

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

sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.

Oleh karena itu dibuatlah modul diklat guru pembelajar mata pelajaran teknik produksi minyak dan gas bumi kelompok kompetensi b bagi guru dan tenaga kependidikan pasca UKG untuk Sekolah Menengah Kejuruan dalam bidang KeahlianTeknik Produksi Minyak dan Gas Bumi. Modul ini dibuat untuk dijadikan bahan pelatihan yang diperlukan oleh guru Teknik Produksi Minyak dan Gas pasca UKG dalam melaksanakan kegiatan GP. Selain itu modul ini juga dijadikan sebagai bahan belajar oleh para guru maupun tenaga kependidikan Teknik Produksi Minyak dan Gas Bumi untuk meningkatkan kompetensi dalam bidang produksi minyak dan gas bumi

B. Tujuan

Tujuan disusunnya modul diklat guru pembelajar mata pelajaran teknik produksi minyak dan gas bumi kelompok kompetensi b adalah memberikan pemahaman bagi para guru maupun tenaga kependidikan sekolah kejuruan pasca UKG bidang keahlian Teknik Produksi Minyak dan Gas Bumi

C. Peta Kompetensi

Manfaat disusunnya modul diklat guru pembelajar mata pelajaran teknik produksi minyak dan gas bumi kelompok kompetensi b adalah untuk dijadikan acuan bagi instansi penyelenggara pelatihan dalam melaksanakan peningkatan dan pengembangan kemampuan Guru dan Tenaga Kependidikan pasca UKG.

1. Memastikan peran dan tanggung jawab Guru dan Tenaga Kependidikan atau penyedia layanan belajar maupun yang lainnya dalam mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam bidang Produksi Minyak dan Gas.
2. Menjadi acuan dalam menyusun dan mengembangkan tingkat kemampuan guru Teknik Produksi Minyak dan Gas Bumi untuk kegiatan UKG berikutnya.

- Menghasilkan guru – guru yang memiliki keprofesionalan dalam bidang Teknik Produksi Minyak dan Gas yang mumpuni.

KOMPETENSI UTAMA	KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI GURU
Pedagogik	2. Menguasai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik.	2.2 Menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu.
Profisional	20. Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.	20.24 Mengkonsepkan Aliran Fluida dalam Reservoir dan istilah cadangan migas
		20.25 Menerapkan metoda pengukuran cadangan migas

D. Ruang Lingkup

Ruang Lingkup penyusunan modul diklat guru pembelajar mata pelajaran teknik produksi minyak dan gas bumi kelompok kompetensi b yang berisi pengertian dan manfaat modul, ruang lingkup,saran cara penggunaan modul, indikator pencapaian kompetensi, uraian materi, aktivitas pembelajaran, latihan/tugas/kasus, rangkuman umpan balik/ tindak lanjut dan kunci jawaban, yang semua itu nantinya bisa mempermudah para guru Teknik Produksi Minyak dan Gas pasca UKG untuk meningkatkan kemampuannya.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Saran Cara Penggunaan modul diklat guru pembelajar mata pelajaran teknik produksi minyak dan gas bumi kelompok kompetensi b ini sebagai berikut:

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

BAB II

KOMPETENSI PEDAGOGIK

PENGEMBANGAN STRATEGI PEMBELAJARAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 :PENDEKATAN PEMBELAJARAN SAINTIFIK.

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti sesi ini, peserta diklat dapat menerapkan pendekatan pembelajaran saintifik yang tepat, sesuai dengan tuntutan paket keahlian teknik pengolahan minyak, gas, dan petrokimia melalui ceramah, diskusi kelompok, brainstorming, dan penugasan mandiri.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Pendekatan pembelajaran saintifik diterapkan sesuai dengan karakteristik materi yang akan diajarkan.

C. Uraian materi

1. Pengertian Pendekatan Saintifik

Pendekatan saintifik merupakan kerangka ilmiah pembelajaran yang diusung oleh Kurikulum 2013. Langkah-langkah pada pendekatan saintifik merupakan bentuk adaptasi dari langkah-langkah ilmiah pada sains. Proses pembelajaran dapat dipadankan dengan suatu proses ilmiah, karenanya Kurikulum 2013 mengamanatkan esensi pendekatan saintifik dalam pembelajaran. Pendekatan saintifik diyakini sebagai titian emas perkembangan dan pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik. Dalam pendekatan atau proses kerja yang memenuhi kriteria ilmiah, para ilmuan lebih mengedepankan pelajaran induktif (*inductive reasoning*) dibandingkan dengan penalaran deduktif (*deductiv reasoning*). Penalaran deduktif melihat fenomena umum untuk kemudian menarik simpulan yang spesifik. Sebaliknya, penalaran induktif memandang fenomena atau situasi spesifik untuk kemudian menarik

simpulan secara keseluruhan. Sejatinya, penalaran induktif menempatkan bukti-bukti spesifik ke dalam relasi ide yang lebih luas. Metode ilmiah umumnya menempatkan fenomena unik dengan kajian spesifik dan detail untuk kemudian merumuskan simpulan umum. Metode ilmiah merujuk pada teknik-teknik investigasi atas suatu atau beberapa fenomena atau gejala, memperoleh pengetahuan baru, atau mengoreksi dan memadukan pengetahuan sebelumnya. Untuk dapat disebut ilmiah, metode pencarian (*method of inquiry*) harus berbasis pada bukti-bukti dari objek yang dapat diobservasi, empiris, dan terukur dengan prinsip-prinsip penalaran yang spesifik. Metode ilmiah pada umumnya memuat serangkaian aktivitas pengumpulan data melalui observasi atau eksperimen, mengolah informasi atau data, menganalisis, kemudian memformulasikan, dan menguji.

Pendekatan Saintifik diatur dalam Permendikbud No. 103 Tahun 2014 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah. Pembelajaran saintifik merupakan pembelajaran yang mengadopsi langkah-langkah saintis dalam membangun pengetahuan melalui metode ilmiah. Dalam proses pembelajaran menyentuh tiga ranah yaitu sikap, pengetahuan dan keterampilan. Pembelajaran dengan pendekatan saintifik, ranah sikap mencangkup transformasi substansi atau materi ajar agar anak didik “tahu mengapa”. Ranah keterampilan mencangkup substansi atau materi ajar agar anak didik “tahu bagaimana”. Sedangkan ranah pengetahuan mencangkup transformasi substansi atau materi ajar anak didik “tahu apa”. Model pembelajaran yang diperlukan adalah yang memungkinkan terbudiayakannya kecakapan berpikir sains, terkembangkannya “sense of inquiry” dan kemampuan berpikir kreatif siswa (Alfred De Vito, 1989). Model pembelajaran yang dibutuhkan adalah yang mampu menghasilkan kemampuan untuk belajar (Joice & Weil: 1996), bukan saja diperolehnya sejumlah pengetahuan, keterampilan, dan sikap, tetapi yang lebih penting adalah bagaimana pengetahuan, keterampilan, dan sikap itu diperoleh peserta didik (Zamroni, 2000; & Semiawan, 1998).

Pendekatan saintifik tidak hanya memandang hasil belajar sebagai muara akhir, namun proses pembelajaran dipandang sangat penting. Oleh karena itu pendekatan saintifik menekankan pada keterampilan proses. Model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains adalah model pembelajaran yang mengintegrasikan keterampilan proses sains ke dalam sistem

penyajian materi secara terpadu (Beyer, 1991). Model ini menekankan pada proses pencarian pengetahuan dari pada transfer pengetahuan, peserta didik dipandang sebagai subjek belajar yang perlu dilibatkan secara aktif dalam proses pembelajaran, guru hanyalah seorang fasilitator yang membimbing dan mengkoordinasikan kegiatan belajar. Dalam model ini peserta didik diajak untuk melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan (*scientist*) dalam melakukan penyelidikan ilmiah (Nur: 1998), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai baru yang diperlukan untuk kehidupannya. Fokus proses pembelajaran diarahkan pada pengembangan keterampilan siswa dalam memproseskan pengetahuan, menemukan dan mengembangkan sendiri fakta, konsep, dan nilai-nilai yang diperlukan (Semiawan: 1992).

Model ini juga termasuk penemuan makna (*meanings*), organisasi, dan struktur dari ide atau gagasan, sehingga secara bertahap siswa belajar bagaimana mengorganisasikan dan melakukan penelitian. Pembelajaran berbasis keterampilan proses sains menekankan pada kemampuan peserta didik dalam menemukan sendiri (*discover*) pengetahuan yang didasarkan atas pengalaman belajar, hukum-hukum, prinsip-prinsip dan generalisasi, sehingga lebih memberikan kesempatan bagi berkembangnya keterampilan berpikir tingkat tinggi (Houston, 1988). Dengan demikian peserta didik lebih diberdayakan sebagai subjek belajar yang harus berperan aktif dalam memburu informasi dari berbagai sumber belajar, dan guru lebih berperan sebagai organisator dan fasilitator pembelajaran.

Model pembelajaran berbasis keterampilan proses sains berpotensi membangun kompetensi dasar hidup siswa melalui pengembangan keterampilan proses sains, sikap ilmiah, dan proses konstruksi pengetahuan secara bertahap. Keterampilan proses sains pada hakikatnya adalah kemampuan dasar untuk belajar (*basic learning tools*) yaitu kemampuan yang berfungsi untuk membentuk landasan pada setiap individu dalam mengembangkan diri (Chain and Evans: 1990).

Pada hasilnya akan ada peningkatan dan keseimbangan antara kemampuan untuk menjadi manusia yang baik (*soft skills*) dan manusia yang memiliki kecakapan dan pengetahuan untuk hidup secara layak (*hard skills*) dari

anak didik yang meliputi aspek kompetensi sikap, keterampilan dan pengetahuan. Hal ini menjadi ciri khas dan kekuatan tersendiri dari keberadaan Kurikulum 2013 yang banyak mendapat pertanyaan dari berbagai pihak. Kompetensi sikap diperoleh melalui aktivitas menerima, menjalankan, menghargai, menghayati, dan mengamalkan. Keterampilan diperoleh melalui aktivitas mengamati, menanya, mencoba, menalar, menyaji, dan mencipta. Sedangkan Pengetahuan diperoleh melalui aktivitas mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta. Kurikulum 2013 menganut pandangan bahwa pengetahuan tidak dapat dipindahkan begitu saja dari guru ke anak didik. Anak didik adalah subjek yang memiliki kemampuan secara aktif mencari, mengolah, mengkonstruksi dan menggunakan pengetahuan. Hal ini sesuai dengan perubahan paradigma pembelajaran dari teacher center menjadi *students center*. Pembelajaran tidak lagi terpusat kepada guru, melainkan kepada anak didik. Anak didik tidak dianggap lagi sebagai selembar kertas putih ataupun gelas kosong. Peranan guru yaitu merancang pembelajaran, mengenali tingkat pengetahuan individu anak didik dan memotivasi peserta didik untuk meningkatkan keberhasilan anak didik dan disiapkan kondisi belajar yang menyenangkan. Dalam bahasa lebih singkatnya guru harus mampu menguasai materi dan kelas.

Metode ilmiah umumnya memuat rangkaian kegiatan koleksi data atau fakta melalui observasi dan eksperimen, kemudian memformulasi dan menguji hipotesis. Sebenarnya apa yang kita bicarakan dengan metode ilmiah merujuk pada: (1) adanya fakta, (2) sifat bebas prasangka, (3) sifat objektif, dan (4) adanya analisa. Selanjutnya secara sederhana pendekatan ilmiah merupakan suatu cara atau mekanisme untuk mendapatkan pengetahuan dengan prosedur yang didasarkan pada suatu metode ilmiah. Ada juga yang mengartikan pendekatan ilmiah sebagai mekanisme untuk memperoleh pengetahuan yang didasarkan pada struktur logis.

2. Langkah-Langkah Pembelajaran dengan Pendekatan Saintifik

Tahapan-tahapan pembelajaran dengan menggunakan pendekatan saintifik harus diperhatikan oleh guru. Tapi perlu diingat tidak semua materi harus dipaksakan menggunakan pendekatan saintifik secara lengkap. Semua disesuaikan dengan materi pelajaran yang akan diajarkan. Sebelum penerapan

pembelajaran saintifik, alangkah baiknya guru menyiapkan anak didik secara psikis maupun fisik. Unsur persiapan memerlukan hal yang penting untuk keberhasilan tujuan pembelajaran. Guru harus menjelaskan tujuan pembelajaran atau kompetensi dasar yang akan dicapai dan menyampaikan garis besar cakupan materi dan penjelasan tentang kegiatan yang akan dilakukan oleh anak didik.

Berikut ini adalah aplikatif dari pendekatan saintifik.

Mengamati.Tahap pertama proses pembelajaran dengan menggunakan pendekatan saintifik yang dilakukan oleh anak didik adalah mengamati. Pengamatan bisa melalui kegiatan melihat, menyimak, mendengar dan membaca. Guru memfasilitasi anak didik untuk melakukan pengamatan, melatih mereka untuk memperhatikan hal yang penting dari suatu objek. Lingkungan sekitar merupakan laboratorium nyata bagi anak didik.

Menanya.Setelah anak didik mengamati, guru memberikan kesempatan kepada anak didik untuk bertanya.Tahap kedua adalah menanya perlu dipahami yang bertanya disini bukanlah guru melainkan anak didik. Guru harus benar-benar membuka kesempatan kepada semua anak didik untuk bertanya. Dalam hal ini adalah melatih keaktifan anak didik.Selain itu juga untuk menggetahui sejauh mana pengetahuan dan rasa ingin tahu dari anak didik.Guru yang dianggap berhasil dalam pembelajaran adalah guru yang mampu membuat anak didik yang awalnya tidak tertarik terhadap materi kemudian menjadi tertarik dan kemudian menyenangi pelajaran tersebut.

Menalar.Istilah “menalar” dalam kerangka proses pembelajaran dengan pendekatan ilmiah yang dianut dalam Kurikulum 2013 untuk menggambarkan bahwa guru dan anak didik merupakan pelaku aktif. Titik tekannya tentu dalam banyak hal dan situasi anak didik harus lebih aktif daripada guru. Penalaran adalah proses berpikir yang logis dan sistematis atas fakta-fakta empiris yang dapat diobservasi untuk memperoleh simpulan berupa pengetahuan. Penalaran dimaksud merupakan penalaran ilmiah, meski penalaran nonilmiah tidak selalu tidak bermanfaat.

Mencoba/mengeksplorasi.Eksplorasi adalah upaya awal membangun pengetahuan melalui peningkatan pemahaman atas suatu fenomena.Strategi yang digunakan adalah memperluas dan memperdalam pengetahuan yang menerapkan strategi belajar aktif. Pendekatan pembelajaran yang berkembang

saat ini secara empirik telah melahirkan disiplin baru pada proses belajar. Tidak hanya berfokus pada apa yang dapat anak didik temukan, namun sampai pada bagaimana cara mengeksplorasi ilmu pengetahuan. Istilah yang populer untuk menggambarkan kegiatan ini adalah “explorative learning”.

Jejaring Pembelajaran atau Pembelajaran Kolaboratif. Pembelajaran kolaboratif merupakan suatu filsafat personal, lebih dari sekadar teknik pembelajaran di kelas-kelas sekolah. Kolaborasi esensinya merupakan filsafat interaksi dan gaya hidup manusia yang menempatkan dan memaknai kerjasama sebagai struktur interaksi yang dirancang secara baik dan disengaja untuk memudahkan usaha kolektif dalam rangka mencapai tujuan bersama.

Tantangan baru dinamika kehidupan yang makin kompleks menuntut aktivitas pembelajaran bukan sekedar mengulang fakta dan fenomena keseharian yang dapat diduga melainkan mampu menjangkau pada situasi baru yang tak terduga. Dengan dukungan kemajuan teknologi dan seni, pembelajaran diharapkan mendorong kemampuan berpikir anak didik hingga situasi baru yang tak terduga.

Penguatan pendekatan saintifik dalam pembelajaran perlu menerapkan pembelajaran berbasis penyingkapan/penelitian (*discovery/inquiry learning*). Untuk mendorong kemampuan anak didik menghasilkan karya kontekstual, baik individual maupun kelompok maka sangat disarankan menggunakan pendekatan pembelajaran yang menghasilkan karya berbasis pemecahan masalah (*project based learning*). Selain itu juga bisa menggunakan pembelajaran kolaboratif kelas misalnya STAD, Jigsaw, *Group Investigation* dsb. Pembelajaran saintifik tidak hanya memandang hasil belajar sebagai muara akhir, namun proses pembelajaran dipandang sangat penting. Oleh karena itu pembelajaran saintifik menekankan pada keterampilan proses.

Peranan guru dalam kegiatan pembelajaran adalah sebagai fasilitator dan motivator. Guru memberikan fasilitas bagi anak didik untuk mampu merekonstruksi kemampuan yang telah dimiliki. Selain itu guru juga harus mampu memotivasi bagi anak didik untuk selalu aktif meraih prestasi. Dengan pendekatan saintifik diharapkan anak didik memiliki kemandirian dalam belajar. Ketergantungan pada guru harus semakin dikurangi. Karena anak didik belajar bukan untuk memintarkan guru, malainkan untuk diri mereka sendiri. Kemandirian dalam memecahkan masalah yang ada dan memberikan

solusi merupakan bekal kecakapan hidup bagi anak didik. Setalah sekolah selesai anak didik diharapkan memiliki kemampuan sikap, keterampilan dan pengetahuan yang kuat dan mantap. Kalau semua berjalan sesuai dengan ketentuan, harapan Indonesia emas bukan hanya ada pada bualan semata.

D. Aktivitas Pembelajaran

➤ Tugas Kelompok

Bermain Peran (Role Playing)

Topik : Penerapan pendekatan saintifik Dalam proses pebelajaran

Petunjuk :

1. Bentuk kelompok dengan 5 anggota.
2. Buatlah skenario bermain peran sesuai dengan peran masing-masing dalam bentuk deskripsi singkat.
 - Guru
 - Siswa 1
 - Siswa 2
 - Siswa 3
 - Siswa 4
3. Jawablah pertanyaan berikut :
 - a. Apa penilaian guru terhadap proses pendekatan saintifik ?
 - b. Adakah kelemahannya?
 - c. Bagaimana solusinya?
 - d. Apa manfaat pendekatan saintifik pada siswa dan guru?

E. Latihan/Kasus/Tugas

Berdasarkan bacaan di atas, jawablah pertanyaan berikut !

1. Bagaimanakah pemahaman Anda tentang pendekatan saintifik?
2. Jelaskan aplikatif dari pendekatan saintifik !
3. Bacalah Permendikbud nomor 103 tahun 2014, buatlah rangkuman tentang pendekatan saintifik yang dimaksud pada permendikbud tersebut !

F. Rangkuman

Agar pembelajaran terus menerus membangkitkan kreativitas dan keingintahuan anak didik, kegiatan pembelajaran kompetensi dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

Menyajikan atau mengajak anak didik mengamati fakta atau fenomena baik secara langsung dan/ atau rekonstruksi sehingga anak didik mencari informasi, membaca, melihat, mendengar, atau menyimak fakta/fenomena tersebut. Memfasilitasi diskusi dan Tanya jawab dalam menemukan konsep, prinsip, hukum, dan teori. Mendorong anak didik aktif mencoba melalui kegiatan eksperimen. Memaksimalkan pemanfaatan teknologi dalam mengolah data, mengembangkan penalaran dan memprediksi fenomena. Dan Memberi kebebasan dan tantangan kreativitas dalam presentasi dengan aplikasi baru yang terduga sampai tak terduga.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

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

Nama :

Tanggal :

- Apa saja yang sudah saya lakukan berkaitan dengan materi ini?
- Bagaimanakah pikiran/perasaan saya tentang materi kegiatan belajarini ?

H. Evaluasi

1. Perendikbud nomor 103 tahun 2014, mengamatkan bahwa esensi dari proses pembelajaran adalah
 - a. Model pembelajaran berbasis masalah
 - b. Pendekatan saintifik
 - c. Model pembelajaran berbasis proyek
 - d. Model pebelajaran discovery
2. Penalaran melihat fenomena umum kemudian menarik kesimpulan yang spesifik, di sebut juga ...
 - a. Deduktif
 - b. Induktif

- c. Logika
 - d. Intuisi
3. Pembelajaran yang mengadopsi langkah-langkah sains dalam membangun pengetahuan melalui metode ilmiah disebut ...
- a. Pembelajaran teacher center
 - b. Pembelajaran student center
 - c. Pembelajaran inquiry
 - d. Pendekatan saintifik.
4. Pendekatan saintifik menekankan pada ...
- a. Keterampilan proses.
 - b. Output
 - c. Outcome
 - d. input
5. Penguatan pendekatan saintifik dalam pembelajaran dapat dilihat pada model pembelajaran berbasis ...
- a. masalah
 - b. projek
 - c. Penemuan
 - d. a,b. dan c benar

I. Kunci Jawaban

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

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : MODEL PEMBELAJARAN DENGAN PENDEKATAN SAINTIFIK

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini, peserta diklat dapat menerapkan model pembelajaran saintifik (Problem Based Learning, Projek Based Learning, Discovery learning, dan Inquiry Learning), sesuai dengan tuntutan paket keahlian teknik pengolahan minyak, gas, dan petrokimia melalui ceramah, diskusi kelompok, brainstorming, dan penugasan mandiri.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Berbagai strategi/model Pembelajaran (Problem Based Learning, Projek Based Learning, Discovery learning, dan Inquiry Learning) dibedakan dengan tepat.

C. Uraian materi

1. Model Pembelajaran Problem Based Learning

Problem based learning (Pembelajaran Berbasis Masalah) adalah suatu kegiatan pembelajaran yang berpusat pada masalah. Istilah berpusat berarti menjadi tema, unit, atau isi sebagai focus utama belajar. Menurut Resnick dan Gleser dalam Gredler (2004), masalah dapat diartikan sebagai suatu keadaan dimana seseorang melakukan tugasnya yang tidak diketahui sebelumnya. Masalah pada umumnya timbul karena adanya kebutuhan untuk memenuhi atau mendekatkan kesenjangan antara kondisi nyata dengan kondisi yang seharusnya.

Pemecahan masalah adalah suatu proses menemukan susatu respon yang tepat terhadap suatu situasi yang benar-benar unik dan baru bagi si pemecah masalah. Dalam pengembangan pembelajaran ini, pemecahan masalah didefinisikan sebagai proses atau upaya untuk mendapatkan suatu penyelesaian tugas atau situasi yang benar-benar sebagai masalah dengan menggunakan aturan-aturan yang sudah diketahui.

Pembelajaran berbasis masalah dapat diartikan sebagai rangkaian aktivitas pembelajaran yang menekankan kepada proses penyelesaian masalah yang dihadapi secara ilmiah. Terdapat tiga ciri utama dari pembelajaran berbasis masalah :

- Pembelajaran berbasis masalah merupakan aktivitas pembelajaran, artinya dalam implementasinya ada sejumlah kegiatan yang harus dilakukan siswa. Model ini tidak mengharapkan siswa hanya sekedar mendengarkan, mencatat, kemudian menghafal materi pelajaran, akan tetapi melalui pembelajaran berbasis masalah siswa aktif berpikir, berkomunikasi, mencari dan mengolah data, dan akhirnya menyimpulkan.
- Aktivitas pembelajaran diarahkan untuk menyelesaikan masalah. Model ini menempatkan masalah sebagai kata kunci dari proses pembelajaran.
- Pemecahan masalah dilakukan dengan menggunakan pendekatan berpikir secara ilmiah dengan menggunakan proses berpikir deduktif dan induktif. Proses berpikir ini dilakukan secara sistematis dan empiris. Sistematis artinya berpikir ilmiah melalui tahapan-tahapan tertentu, sedangkan empiris artinya proses penyelesaian masalah didasarkan pada data dan fakta yang jelas.

- Teori Pembelajaran Berbasis Masalah

Beberapa Dukungan Teori Tentang Pembelajaran Berbasis Masalah Sebagai suatu model pembelajaran, maka pembelajaran berbasis masalah didasarkan oleh landasan yang kuat oleh berbagai ahli.

1. John Dewey.

Pandangan Dewey tentang pendidikan melihat sekolah sebagai pencerminan masyarakat yang lebih besar dan kelas menjadi laboratorium untuk penyelidikan dan pengentasan masalah kehidupan nyata.

2. Piaget, Vygotsky dan Konstruktivisme

Pembelajaran berbasis masalah meminjam pendapat Piaget bahwa apabila pelajar dilibatkan dalam proses mendapat informasi dan mengkonstruksi pengetahuannya sendiri, maka pembelajaran akan menjadi bermakna. Sementara Vygotsky yakin bahwa intelektual berkembang ketika individu menghadapi pengalaman baru dan membungungkan dan ketika mereka berusaha mengatasi deskripsi yang timbul oleh pengalaman-pengalaman ini. Menurut Vygotsky siswa memiliki dua tingkat perkembangan berbeda yaitu:

- Tingkat perkembangan actual, yang menentukan fungsi intelektual individu saat ini dan kemampuannya untuk mempelajari sendiri hal-hal tertentu.
- Tingkat perkembangan potensial yaitu yang dapat difungsikan atau dicapai oleh individu dengan bantuan orang lain, misalnya guru, orang tua atau bahkan teman sebaya yang lebih cerdas, maju dan berkembang.

3. Bruner

Bruner berpendapat bahwa pada hakekatnya tujuan pembelajaran bukan hanya memperbesar dasar pengetahuan siswa, tetapi juga untuk menciptakan berbagai kemungkinan untuk *invention* (penciptaan) dan *discovery* (penemuan). Bruner menganggap sangat penting peran dialog dan interaksi sosial dalam proses pembelajaran. Berdasarkan dari konsep Bruner, maka seorang guru yang akan menggunakan pendekatan berbasis masalah harus menekankan pada beberapa hal berikut ini dalam proses pembelajarannya:

- Memberikan tekanan yang kuat untuk membangun keterlibatan aktif semua siswa dalam setiap langkah dan proses pembelajaran yang dilakukan .
- Mendorong siswa untuk mengkonstruksi pengetahuan oleh siswa sendiri tanpa dominasi oleh guru.
- Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan kepada siswa untuk di dalami dalam berbagai kegiatan penyelidikan hingga siswa sampai pada penemuan ide-ide dan mengkonstruksinya menjadi bangunan teori, paling tidak sampai pada pemahamannya yang mendalam tentang teori.
- Orientasi yang digunakan adalah induktif bukan orientasi deduktif.

Strategi pembelajaran dengan pemecahan masalah dapat diterapkan apabila guru memiliki beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Guru menginginkan agar siswa dapat mengingat materi pelajaran, menguasai bahan dan memahami secara penuh permasalahan yang akan dipelajari.
2. Guru menginginkan untuk mengembangkan keterampilan berfikir siswa, yaitu kemampuan menganalisis situasi, menerapkan pengetahuan yang mereka miliki dalam situasi baru, mengenal adanya perbedaan antara fakta dan pendapat, serta mengembangkan kemampuan dalam membuat judgment secara objektif.
3. Guru menginginkan kemampuan siswa untuk memecahkan masalah serta membuat tantangan intelektual siswa.
4. Guru memotivasi siswa untuk lebih bertanggung jawab dalam belajarnya.

5. Guru menginginkan agar siswa memahami hubungan antara apa yang dipelajari dengan kenyataan dalam kehidupannya (hubungan antara teori dengan kenyataan).

(Gordon, 2001., Karjck, 2003; Slavin, Madden, Dolan & Wasik, 1994; Torp dan Sage, 2003) mendeskripsikan bahwa model pembelajaran berbasis masalah ini memiliki fitur-fitur sebagai berikut:

1. Pertanyaan atau masalah perangsang
2. Fokus interdisipliner
3. Investigasi autentik
4. Produksi artefak dan exhibit
5. Kolaborasi

Pembelajaran berbasis masalah dilakukan secara benar sesuai dengan prinsip dan karakteristik pembelajaran, maka ada beberapa dampak tidak langsung yang dapat diperoleh siswa setelah pembelajaran berbasis masalah diimplementasikan dalam proses pembelajaran dikelas, yaitu:

- a. Keterampilan melakukan penelitian/penyelidikan sebagai dasar pemecahanmasalah secara ilmiah.
- b. Perilaku dan keterampilan sosial.
- c. Keterampilan belajar mandiri.

- **Hakikat masalah dalam model Problem based learning**

Strategi Pembelajaran Inkuiiri dan Strategi Pembelajaran Berbasis Masalah memiliki perbedaan. Perbedaan tersebut terletak pada jenis masalah serta tujuan yang ingin dicapai. Masalah dalam pembelajaran inkuiiry adalah masalah yang bersifat tertutup. Dalam linquiry, tugas guru pada dasarnya menggiring siswa melalui proses tanya jawab pada jawaban yang sebenarnya sudah pasti. Tujuan linquiry adalah menumbuhkan keyakinan dalam diri siswa tentang jawaban dari suatu masalah. Masalah dalam problem based learning adalah masalah yang bersifat terbuka. Tujuan proble based learning adalah kemampuan siswa untuk berfikir kritis, analitis, sistematis, dan logis untuk menemukan alternatif pemecahan masalah melalui eksplorasi data secara empiris dalam rangka menumbuhkan sikap ilmiah.

Hakikat masalah dalam problem based leraning adalah kesenjangan antara situasi nyata dan kondisi yang diharapkan. Kesenjangan tersebut bisa

dirasakan dari adanya keresahan, keluhan, kerisauan, atau kecemasan. Oleh karena itu, maka materi pelajaran tidak terbatas pada materi pelajaran yang bersumber dari buku saja, Tetapi dapat bersumber dari peristiwa-peristiwa tertentu sesuai dengan kurikulum yang berlaku. Di bawah ini kriteria pemilihan bahan pelajaran dalam problem based learning.

1. Bahan pelajaran harus mengandung isu-isu yang mengandung konflik yang bisa bersumber dari berita; rekaman video dan yang lainnya.
2. Bahannya bersifat familiar dengan siswa, sehingga setiap siswa dapat mengikutinya dengan baik.
3. Bahan yang dipilih merupakan bahan yang berhubungan dengan kepentingan orang banyak (universal).
4. Bahan yang dipilih merupakan bahan yang mendukung tujuan atau kompetensi yang harus dimiliki oleh siswa sesuai kurikulum yang berlaku.
5. Bahan yang dipilih sesuai dengan minat siswa sehingga setiap siswa merasa perlu untuk mempelajarinya.

- **Tahapan-Tahapan Pembelajaran Problem Based Learning**

Banyak ahli yang menjelaskan bentuk peranan SPBM. Sanjaya (2008) yang mengutip pendapat John Dewey seorang ahli pendidikan berkebangsaan Amerika menjelaskan 6 langkah yang kemudian dia namakan metode pemecahan masalah (*problem solving*), yaitu :

1. Merumuskan masalah, yaitu langkah siswa menentukan masalah yang akan dipecahkan.
2. Menganalisis masalah, yaitu langkah siswa meninjau masalah secara dari berbagai sudut pandang.
3. Merumuskan hipotesis, yaitu langkah siswa merumuskan berbagai kemungkinan pemecahan sesuai dengan pengetahuan untuk memecahkan masalah.
4. Mengumpulkan data, yaitu langkah siswa mencari dan menggambarkan informasi yang diperlukan untuk pemecahan masalah.
5. Pengujian Hipotesis, yaitu langkah siswa mengambil dan merumuskan kesimpulan sesuai dengan penerimaan dan penolakan hipotesis yang diajukan.

- Merumuskan rekomendasi pemecahan masalah, yaitu langkah siswa menggambarkan rekomendasi yang dapat dilakukan sesuai dengan rumusan.

David Johnson & Johnson mengemukakan ada 5 langkah melalui kegiatan kelompok, yaitu :

- Mengedefinisikan masalah, yaitu merumuskan masalah dari peristiwa tertentu yang mengandung isu konflik, hingga siswa menjadi jelas masalah apa yang akan dikaji
- Mendiagnos masalah, yaitu menentukan sebab-sebab terjadinya masalah, serta menganalisis berbagai faktor, dari baik faktor yang bisa mengahambat maupun faktor yang dapat mendukung dalam penyelesaian masalah.
- Merumuskan alternatif strategi, yaitu menguji setiap tindakan yang telah dirumuskan melalui diskusi kelas.
- Menentukan dan menerapkan strategi pilihan, yaitu pengambilan keputusan tentang strategi mana yang dapat dilakukan.
- Melakukan evaluasi, baik evaluasi proses maupun evaluasi hasil. Evaluasi proses adalah evaluasi terhadap seluruh kegiatan, sedangkan evaluasi hasil

Richard I. Arend (2008) mengemukakan langkah-langkah melaksanakan pembelajaran berbasis masalah sebagai berikut :

Fase	Kegiatan	Perilaku Guru
1	Memberikan orientasi tentang permasalahan kepada siswa	1. Guru membahas tujuan pelajaran 2. Guru mendeskripsikan berbagai kebutuhan logistik 3. Guru memberikan motivasi kepada siswa untuk terlibat secara aktif dalam kegiatan pemecahan masalah.
2	Mengorganisir siswa untuk meneliti	Guru membantu siswa untuk mendefinisikan dan mengorganisir tugas-tugas belajar yang terkait dengan permasalahannya.
3	Membantu investigasi mandiri dan kelompok	Guru mendorong siswa mendapat informasi yang tepat, melaksanakan eksperimen dan memberi penjelasan dan solusi.
4	Mengembangkan dan	Guru membantu siswa dalam merencanakan

	mempresentasikan artefak dan exhibit	dan menyiapkan artifak dan exhibit yang tepat seperti laporan, rekaman video dan model-model Guru membantu siswa menyampaikan/mempresentasikan kepada orang lain.
5	Menganalisis dan mengevaluasi proses mengatasi masalah	Guru membantu siswa untuk melakukan refleksi terhadap investigasinya dan proses-proses yang mereka gunakan.

Beberapa catatan khusus untuk setiap langkah tersebut di atas yang perlu mendapat perhatian dalam Implementasi pembelajaran berbasis masalah adalah sebagai berikut :

1. Pada saat guru menjelaskan tujuan pembelajaran, ada beberapa hal yang harus disadari oleh seorang guru. Tujuan yang diinginkan dalam pembelajaran berbasis masalah bukanlah untuk mempelajari sejumlah informasi baru tetapi menginvestigasi berbagai permasalahan penting untuk membangun/membuat siswa menjadi mandiri.
2. Pertanyaan atau permasalahan yang akan diinvestigasi, bukan masalah yang harus memerlukan “YA atau TIDAK”, tetapi permasalahan yang memerlukan jawaban dengan kemampuan berpikir yang lebih kompleks.
3. Mengorganisir siswa untuk meneliti. Dalam mengorganisir siswa baik dalam kelompok kecil maupun mandiri perlu diperhatikan dan diberikan orientasi yang jelas kepada siswa tentang permasalahan yang akan dibahas, hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan video pendek, berita dikoran dan sebagainya.
4. Pengumpulan dan investigasi. Pada fase kegiatan ini guru harus benar-benar mendorong siswa untuk aktif dalam mengumpulkan data dan informasi yang sebanyak-banyaknya tentang permasalahan yang sedang dibahas.

➤ **Implementasi dan Evaluasi Pembelajaran Berbasis Masalah**

a. Penataan Lingkungan Belajar Dalam Pembelajaran Berbasis Masalah

Lingkungan belajar merupakan salah satu komponen yang harus mendapat perhatian guru dalam pembelajaran berbasis masalah, agar

pembelajaran berlangsung lancar tanpa adanya disturbasi. Ada beberapa hal yang akan diperhatikan dalam penataan lingkungan belajar sebagai berikut :

1. Menangani situasi multitugas

Pada kelas yang gurunya menggunakan pembelajaran berbasis masalah banyak tugas-tugas yang harus diselesaikan oleh siswa yang terjadi secara simultan. Untuk membuat pekerjaan kelas yang multi tugas ini bekerja secara efektif, maka guru sebaiknya memberikan bimbingan kepada siswa untuk :

- Bekerja secara mandiri dan bekerja bersama-sama.
- Guru hendaknya mengembangkan cuing sistem untuk memperingatkan siswa dan membantu mereka menjalani transisi dari satu tipe tugas ke tipe tugas belajar lainnya.
- Guru membuat chart dan jadwal tentang tugas-tugas yang harus dijadwalkan dan tenggang waktu penyelesaiannya masing-masing tugas tersebut.
- Guru memantau kemajuan masing-masing siswa atau kelompok siswa selama multitugas.

2. Menyesuaikan dengan tingkat penyelesaian yang berbeda

Salah satu masalah rutin yang dihadapi oleh guru-guru di berbagai tingkatan sekolah mulai dari tingkat terendah sampai pada perguruan tinggi pun juga terjadi adalah tingkat penyelesaian tugas yang berbeda. Untuk mengelola kondisi penyelesaian tugas seperti di atas, diperlukan kemampuan guru untuk mensiasati dengan beberapa kegiatan berikut ini :

- a. Buat aturan waktu yang tegas, prosedur tugas *downtime activities*.
- b. Untuk siswa yang menyelesaikan tugas lebih awal dan memiliki siswa waktu akan lebih banyak kalau diberikan bahan bacaan yang menarik untuk dibaca yang fungsinya sebagai pengayaan bahan ajar atau dapat juga diberikan bahan-bahan permainan edukatif.
- c. Memberikan tugas pengayaan kepada siswa yang lebih maju dengan memberikan masalah yang menentang untuk diuji cobakan dilaboratorium, dengan demikian siswa akan lebih terasah kemampuan intelektualnya.
- d. Guru mendorong siswa yang lebih maju untuk membantu temannya yang belum selesai (tutor sebaya).

3. Memantau dan mengelola pekerjaan siswa

Seperi diketahui pembelajaran berbasis masalah adalah pembelajaran yang syarat dengan tugas-tugas (multitugas) dan harus diselesaikan siswa secara simultan, konsekuensinya maka pemantauan dan pengelolaan pekerjaan siswa menjadi suatu yang sangat krusial dalam strategi pembelajaran ini. Ada tiga hal pokok yang perlu dilakukan guru untuk menjamin pembelajaran berbasis masalah menjadi akuntabel yaitu :

- a) Persyaratan tugas untuk semua siswa harus dijelaskan secara tegas dan jelas serta rinci.
- b) Pekerjaan siswa harus dipantau dan umpan balik harus diberikan pada pekerjaan siswa yang sedang berjalan.
- c) Catatan perkembangan siswa yang harus dibuat.

4. Mengatur gerakan dan perilaku di luar kelas

Apabila guru menugaskan siswa menyelesaikan tugasnya untuk memecahkan permasalahan di laboratorium, maka guru sudah seharusnya memastikan bahwa siswanya memahami secara jelas apa dan bagaimana bekerja di laboratorium, di bengkel, atau diperpustakaan, maka pastikan siswa mengerti bagaimana mencari bahan bacaan secara cepat dan tepat, bagaimana mengelola bahan bacaan, membuat catatan kecil yang mudah dan cepat dalam penggunaannya.

b. Asesmen dan Evaluasi Dalam Pembelajaran Berbasis Masalah

Pada dasarnya sistem evaluasi pada pembelajaran dengan menggunakan strategi lainnya dapat diterapkan pada pembelajaran berbasis masalah, yang harus disadari adalah bahwa evaluasi yang digunakan harus sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, artinya evaluasi harus dapat mengukur apa yang menjadi indikator keberhasilan belajar.

- Pengukuran Pemahaman

Pembelajaran berbasis masalah menjangkau ke luar pengembangan pengetahuan faktual tentang sebuah topik, yakni pengembangan pemahaman yang agak sophisticated tentang berbagai masalah dan dunia di sekitar siswa. Untuk mengukur pemahaman siswa tentang suatu topik dapat dibuat tes yang agak terbuka jawabannya, kepada siswa dalam bentuk karangan essei.

- Mengasah Potensi Belajar

Tes performasi kebanyakan hanya mengukur pengetahuan dan keterampilan pada titik waktu tertentu, tetapi belum mengasah potensi belajar atau kesiapan belajar siswa.Untuk itu tes kesiapan untuk membaca dan bidang perkembangan bahasa lainnya dapat digunakan, dan alat tes tersebut sudah banyak tersedia dan telah memiliki tingkat vadilitas dan rehabilitas yang tidak diragukan lagi.

➤ **Keunggulan dan Kelemahan Pembelajaran Berbasis Masalah**

1. Keunggulan

- a. Pemecahan masalah (*problem solving*) merupakan teknik yang cukup bagus untuk lebih memahami isi pelajaran.
- b. Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat menantang kemampuan siswa serta memberikan kepuasan untuk menemukan pengetahuan baru bagi siswa.
- c. Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat meningkatkan aktivitas pembelajaran siswa.
- d. Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat membantu siswa bagaimana mentransfer pengetahuan mereka untuk memahami masalah dalam kehidupan nyata.
- e. Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat membantu siswa untuk mengembangkan pengetahuan barunya dan bertanggung jawab dalam pembelajaran yang mereka lakukan.
- f. Melalui pemecahan masalah (*problem solving*) bisa memperlihatkan kepada siswa bahwa setiap mata pelajaran.
- g. Pemecahan masalah (*problem solving*) dianggap lebih menyenangkan dan disukai siswa.
- h. Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat mengembangkan kemampuan siswa untuk berpikir lebih kritis dan mengembangkan kemampuan mereka untuk menyesuaikan dengan pengetahuan.
- i. Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat memberikan kesempatan pada siswa untuk mengaplikasikan pengetahuan yang mereka miliki dalam dunia nyata.

- j. Pemecahan masalah (*problem solving*) dapat mengembangkan minat siswa untuk secara terus-menerus belajar sekalipun belajar pada pendidikan formal telah berakhir.
- k. Strategi pembelajaran berbasis masalah dapat membentuk siswa untuk memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi, yang dibarengi dengan kemampuan inovatif dan sikap kreatif akan tumbuh dan berkembang.
- l. Dengan strategi pembelajaran berbasis masalah, kemandirian siswa dalam belajar akan mudah terbentuk, yang pada akhirnya akan menjadi kebiasaan dalam menyelesaikan berbagai permasalahan yang ditemuinya dalam aktivitas kehidupan nyata sehari-hari ditengah-tengah masyarakat.

2. Kelemahan

- a) Manakala siswa tidak memiliki minat atau tidak mempunyai kepercayaan bahwa masalah yang dipelajari sulit untuk dipecahkan, maka mereka akan merasa enggan untuk mencoba.
- b) Keberhasilan strategi pembelajaran melalui *problem solving* membutuhkan cukup waktu untuk persiapan dan pelaksanaannya.
- c) Tanpa pemahaman mengapa mereka berusaha untuk memecahkan masalah yang sedang dipelajari, maka mereka tidak akan belajar apa yang mereka ingin pelajari.

2. Model Pembelajaran Projek Based Learning

Sesuai dengan ensiklopedia pendidikan bahwa yang dimaksud dengan proyek adalah suatu kesatuan tugas yang sesuai dengan kebutuhan siswa dan karenanya mendapat perhatiannya dan memaksanya untuk mengerjakannya dengan teratur, bersama-sama dengan kawan / rekannya (Soegarda, 2005). Sesungguhnya metode proyek tersebut diarahkan kepada kehidupan praktis yang sesuai dengan filsafat-filsafatnya, karena adanya hubungan yang erat antara pengetahuan dan masalah-masalah hidup praktis sehingga suatu ilmu pengetahuan tidak bisa lepas dari ilmu pengetahuan yang lain dan aspek-aspek kehidupan nyata. Bisa juga disebutkan bahwa dalam metode proyek ini memasukkan praktek hidup dalam sekolah, dan tiap kesibukan di sekolah harus sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan dalam kehidupan masyarakat. Jadi dalam tiap kesibukan harus ada unsur kemasyarakatannya. Tiap kesibukan

mempunyai dua aspek yaitu teori dan praktek. Teori adalah pengetahuan dan pemikiran, sedangkan praktek adalah gerak, kedua hal tersebut harus berjalan bersama-sama.

Model pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada guru untuk mengelola pembelajaran di kelas dengan melibatkan kerja proyek, menurut Thomas (dalam Wena, 2008). Pembelajaran berbasis proyek adalah sebuah model pembelajaran yang inovatif dan lebih menekankan pada belajar kontekstual melalui kegiatan-kegiatan yang kompleks (Wena, 2008). Fokus pembelajaran terletak pada prinsip dan konsep inti dari suatu disiplin ilmu, melibatkan siswa dalam investigasi pemecahan masalah dan kegiatan tugas-tugas bermakna yang lain, memberi kesempatan siswa bekerja secara otonom dalam mengkonstruksi pengetahuan mereka sendiri, dan mencapai puncaknya untuk menghasilkan produk nyata.

Pembelajaran berbasis proyek adalah suatu model pembelajaran yang melibatkan suatu proyek dalam proses pembelajaran. Proyek yang dikerjakan oleh siswa dapat berupa proyek perseorangan atau kelompok dan dilaksanakan dalam jangka waktu tertentu secara kolaboratif, menghasilkan sebuah produk, yang hasilnya kemudian akan ditampilkan atau dipresentasikan. Pelaksanaan proyek dilakukan secara kolaboratif dan inovatif, unik, yang berfokus pada pemecahan masalah yang berhubungan dengan kehidupan siswa. Pembelajaran berbasis proyek merupakan bagian dari metoda instruksional yang berpusat pada pebelajar. Artinya, strategi tersebut hanya membahas tentang bagaimana mengajarkan keterampilan dasar kejuruan. Jadi, strategi tersebut belum membahas tentang bagaimana mengajarkan keterampilan – keterampilan yang bersifat kompleks. Namun menurut Nolker & Schoenfeldt (2005) metode atau strategi mengajar ketrampilan dasar kejuruan seperti yang telah dibahas diatas selalu memiliki kelemahan, antara lain:

- Tidak sepenuhnya dapat membekali kemampuan atau ketrampilan guna menghadapi situasi kritis dalam profesi.
- Menyebabkan siswa bergantung pada pengajar.
- Merintangi perkembangan kemampuan untuk bekerjasama
- Tidak mengetengahkan problem – problem kompleks yang jangkauannya melampaui batas – batas bidang profesi sendiri.

Definisi tersebut sejalan dengan uraian yang dipaparkan oleh Bell (2005) yaitu sebagai berikut :

- a. *Project Based Learning is curriculum fueled and standards based.*

Model pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang menghendaki adanya standar isi dalam kurikulumnya. Melalui Pembelajaran berbasis proyek, yang dimulai dengan memunculkan pertanyaan penuntun (guiding question) dan membimbing peserta didik dalam sebuah proyek kolaboratif yang mengintegrasikan berbagai subjek (materi) dalam kurikulum.

- b. *Project Based Learning asks a question or poses a problem that each student can answer.*

Pembelajaran berbasis proyek adalah model pembelajaran yang menuntut pengajar dan atau peserta didik mengembangkan pertanyaan penuntun (a guiding question). Mengingat bahwa masing-masing peserta didik memiliki gaya belajar yang berbeda, maka pembelajaran berbasis proyek memberikan kesempatan kepada para peserta didik untuk menggali konten (materi) dengan menggunakan berbagai cara yang bermakna bagi dirinya, dan melakukan eksperimen secara kolaboratif. Hal ini memungkinkan setiap peserta didik pada akhirnya mampu menjawab pertanyaan penuntun.

- c. *Project Based Learning asks students to investigate issues and topics addressing real-world problems while integrating subjects across the curriculum.*

Pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang menuntut peserta didik membuat “jembatan” yang menghubungkan antar berbagai subjek materi. Selain itu, pembelajaran berbasis proyek merupakan investigasi mendalam tentang sebuah topik dunia nyata.

- d. *Project Based Learning is a models that fosters abstract, intellectual tasks to explore complex issues.*

Pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang memperhatikan pemahaman peserta didik dalam melakukan eksplorasi, penilaian, interpretasi dan mensintesis informasi melalui cara yang bermakna. Pembelajaran berbasis proyek juga merupakan suatu model pembelajaran yang menyangkut pemusatan pertanyaan dan masalah yang bermakna, pemecahan masalah, pengambilan keputusan, proses pencarian berbagai sumber, pemberian kesempatan kepada anggota untuk bekerja secara kolaborasi, dan

menutup dengan presentasi produk nyata. Pembelajaran berbasis proyek ini tidak hanya mengkaji hubungan antara informasi teoritis dan praktik, tetapi juga memotivasi siswa untuk merefleksi apa yang mereka pelajari dalam pembelajaran dalam sebuah proyek nyata serta dapat meningkatkan kinerja ilmiah mereka Grant (2008).

Secara lebih rinci, model pembelajaran berbasis proyek mengikuti lima langkah utama (Santyasa, 2006), yaitu:

1. Menetapkan tema proyek :

Tema proyek hendaknya memenuhi indikator-indikator berikut:

- a. Memuat gagasan yang penting dan menarik
- b. Mendeskripsikan masalah kompleks
- c. Mengutamakan pemecahan masalah.

2. Menetapkan konteks belajar

Konteks belajar hendaknya memenuhi indikator-indikator berikut:

- a. Mengutamakan otonomi siswa
- b. Melakukan inquiry
- c. Siswa mampu mengelola waktu secara efektif dan efesien
- d. Siswa belajar penuh dengan kontrol diri dan bertanggung jawab

3. Merencanakan aktivitas

Pengalaman belajar terkait dengan merencanakan proyek adalah mencari sumber yang berkaitan dengan tema proyek.

4. Memproses aktivitas

Indikator-indikator memroses aktivitas meliputi antara lain:

- a. Membuat sketsa
- b. Melukiskan analisa rancangan proyek.

5. Penerapan aktivitas

- a. mengerjakan proyek berdasarkan sketsa
- b. membuat laporan terkait dengan proyek, dan
- c. mempresentasikan proyek

Kelima langkah tersebut mengandung interpretasi bahwa dalam mengerjakan proyek, siswa dapat berkolaborasi dan melakukan investigasi dalam kelompok kolaboratif antara 4-5 orang. Keterampilan-keterampilan yang dibutuhkan dan dikembangkan oleh siswa dalam tim adalah merencanakan, mengorganisasikan, negosiasi, dan membuat konsensus tentang tugas yang

dikerjakan, siapa yang mengerjakan apa, dan bagaimana mengumpulkan informasi yang dibutuhkan dalam berinvestigasi. Keterampilan yang dibutuhkan dan yang akan dikembangkan oleh siswa merupakan keterampilan yang esensial sebagai landasan untuk keberhasilan proyek mereka. Keterampilan-keterampilan yang dikembangkan melalui kolaborasi dalam tim menyebabkan pembelajaran menjadi aktif, di mana setiap individu memiliki keterampilan yang bervariasi sehingga setiap individu mencoba menunjukkan keterampilan yang mereka miliki dalam kerja tim mereka. Pembelajaran secara aktif dapat memimpin siswa ke arah peningkatan keterampilan dan kinerja ilmiah. Kinerja ilmiah tersebut mencakup prestasi akademis, mutu interaksi hubungan antar pribadi, rasa harga diri, persepsi dukungan sosial lebih besar, dan keselarasan antar para siswa.

Menurut Nolker & Schoenfeldt (2003) mengingat prinsip strategi proyek yang sangat khas, maka ada persyaratan tertentu yang harus dipenuhi agar strategi pembelajaran proyek dapat diterapkan, antara lain:

- a. Sasaran yang harus dicapai berupa penyelesaian suatu problem yang kompleks.
- b. Para peserta proyek memiliki kebebasan seluas mungkin, untuk mengadakan penentuan mengenai subjek, perencanaan, pelaksanaan, serta penerapan proyek.
- c. Dalam proyek, keputusan diambil berdasarkan konsensus.
- d. Pengajar atau instruktur berintegrasi dalam kelompok proyek.
- e. Diadakan pertalian antara teori dan praktik.
- f. Diperlukan ketrampilan lebih dari satu bidang guna menyelesaikan problem yang ditimbulkan.
- g. Pekerjaan proyek dibagi dalam kelompok – kelompok.
- h. Sasaran proyek adalah menghasilkan sesuatu yang nyata dan berfaedah.

Berpijak pada uraian diatas, maka dalam pelaksanaan pembelajaran praktik keterampilan kejuruan dengan strategis berbasis proyek, proyek kerja apa yang akan dibuat atau dikerjakan siswa harus sudah jelas. Selain itu bentuk proyek yang dirancang tersebut harus memberi kemungkinan bagi siswa untuk saling bekerja sama seoptimal mungkin antara sesama anggota kelompok.

Implikasi model pembelajaran berbasis proyek dalam proses belajar mengajar adalah pembelajaran berbasis proyek memberikan kebebasan kepada peserta didik untuk merencanakan aktivitas belajar, melaksanakan proyek secara

kolaboratif, dan pada akhirnya menghasilkan produk kerja yang dapat dipresentasikan kepada orang lain. Selain itu, dalam pembelajaran berbasis proyek siswa menjadi terdorong lebih aktif beraktivitas dalam belajar sehingga dapat meningkatkan kinerja ilmiah siswa, sedangkan guru hanya sebagai fasilitator dan mengevaluasi proses dan produk hasil kinerja siswa meliputi outcome yang mampu ditampilkan dari hasil proyek yang dikerjakan.

Pembelajaran berbasis proyek yang berpusat pada pembelajar dan memberikan kesempatan kepada pembelajar untuk menyelidiki topik permasalahan, membuat pembelajar menjadi lebih otonomi sehingga mereka dapat membangun pengetahuan mereka sendiri serta pembelajaran menjadi lebih bermakna. Aplikasi model pembelajaran berbasis proyek ini mempunyai beberapa alasan, yaitu:

1. Menawarkan potensi produksi dan tindakan pengetahuan kolektif di dalam proyek sosial.
 2. Dalam tradisi pendidikan masyarakat radikal, pengajaran merupakan underpinned oleh kepercayaan yang bermanfaat pada pengembangan pengetahuan yang melibatkan pengembangan pemikiran
 3. Proses kerja kelompok yang saling mendukung dapat membuka berbagai peluang untuk kreativitas, karena para siswa mengadakan percobaan dengan penafsiran berpikir dan data berbeda untuk menyelesaikan permasalahan dalam proyek mereka yang dapat diterapkan untuk mengembangkan pembentukan masyarakat praktek Grant (2008).
- Tahapan Pembelajaran.

Sama seperti pembelajaran pada umumnya, strategi pembelajaran berbasis proyek terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu:

- a. Tahap perencanaan pembelajaran proyek.

Mengingat perencanaan strategi pembelajaran berbasis proyek harus disusun secara sistematis maka langkah – langkah perencanaan dirancang sebagai berikut:

1. Merumuskan tujuan pembelajaran atau proyek.
2. Menganalisis karakteristik siswa.
3. Merumuskan strategi pembelajaran.
4. Membuat lembar kerja.
5. Merancang kebutuhan sumber belajar.

6. Merancang alat evaluasi.
- b. Tahap pelaksanaan pembelajaran proyek. Agar proses pelaksanaan praktik kejuruan dengan menggunakan strategi pembelajaran berbasis proyek ini berjalan dengan baik, ada beberapa kegiatan yang dilakukan:
 1. Mempersiapkan sumber belajar yang disiapkan.
 2. Menjelaskan tugas proyek dan gambar kerja.
 3. Mengelompokkan siswa sesuai dengan tugas masing – masing.
 4. Mengerjakan proyek.
- c. Tahap evaluasi pembelajaran proyek.

Tahap evaluasi merupakan tahap penting dalam pembelajaran berbasis proyek. Agar guru mengetahui sejauh mana tujuan pembelajaran praktik dapat tercapai. Penilaian melalui tugas dilakukan terhadap tugas yang dikerjakan siswa secara individu atau kelompok untuk periode tertentu. Tugas sering berkaitan dengan pengumpulan data/bahan, analisis data, penyajian data atau bahan, dan pembuatan laporan. Penilaian tugas dapat dilakukan terhadap proses selama penggerjaan tugas atau terhadap hasil tugas akhir. Dengan demikian guru dapat menetapkan hal – hal yang perlu dinilai. Pelaksanaan penilaian dapat menggunakan daftar cek (*checklist*) atau skala penilaian (*rating scale*).

Keberhasilan penerapan pembelajaran berbasis proyek pada siswa tergantung dari rancangan tahap pembelajaran. Tahap pelajaran yang dirancang harus dapat menggali penemuan-penemuan mereka sendiri. Peran pendidik dalam pembelajaran ini adalah sebagai mediator dan fasilitator, di mana dalam penerapan pembelajaran berbasis proyek, pendidik harus mampu memotivasi siswa untuk mengemukakan pendapat mereka dalam presentasi proyek secara demokratis.

3. Model Pembelajaran Discovery Learning

- Pengertian Pembelajaran Discovery Learning

Penemuan (discovery) merupakan suatu model pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan pandangan konstruktivisme. Model ini menekankan pentingnya pemahaman struktur atau ide-ide penting terhadap suatu disiplin ilmu, melalui keterlibatan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran.

Pengertian discovery learning menurut Jerome Bruner adalah metode belajar yang mendorong siswa untuk mengajukan pertanyaan dan menarik

kesimpulan dari prinsip-prinsip umum praktis contoh pengalaman. Dan yang menjadi dasar ide J. Bruner ialah pendapat dari piaget yang menyatakan bahwa anak harus berperan secara aktif didalam belajar di kelas. Untuk itu Bruner memakai cara dengan apa yang disebutnya discovery learning, yaitu dimana murid mengorganisasikan bahan yang dipelajari dengan suatu bentuk akhir.

Menurut Bell (1978) belajar penemuan adalah belajar yang terjadi sebagai hasil dari siswa memanipulasi, membuat struktur dan mentransformasikan informasi sedemikian sehingga ie menemukan informasi baru. Dalam belajar penemuan, siswa dapat membuat perkiraan (conjecture), merumuskan suatu hipotesis dan menemukan kebenaran dengan menggunakan proses induktif atau proses deduktif, melakukan observasi dan membuat ekstrapolasi.

Pembelajaran penemuan merupakan salah satu model pembelajaran yang digunakan dalam pendekatan konstruktivis modern.Pada pembelajaran penemuan, siswa didorong untuk terutama belajar sendiri melalui keterlibatan aktif dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip. Guru mendorong siswa agar mempunyai pengalaman dan melakukan eksperimen dengan memungkinkan mereka menemukan prinsip-prinsip atau konsep-konsep bagi diri mereka sendiri.

Pembelajaran Discovery learning adalah model pembelajaran yang mengatur sedemikian rupa sehingga anak memperoleh pengetahuan yang belum diketahuinya itu tidak melalui pemberitahuan, sebagian atau seluruhnya ditemukan sendiri.Dalam pembelajaran discovery learning, mulai dari strategi sampai dengan jalan dan hasil penemuan ditentukan oleh siswa sendiri. Hal ini sejalan dengan pendapat Maier (Winddharto:2004) yang menyatakan bahwa, apa yang ditemukan, jalan, atau proses semata – mata ditemukan oleh siswa sendiri.

Berdasarkan pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa pembelajaran *discovery learning* adalah suatu model untuk mengembangkan cara belajar siswa aktif dengan menemukan sendiri, menyelidiki sendiri, maka hasil yang diperoleh akan setia dan tahan lama dalam ingatan, tidak akan mudah dilupakan siswa. Dengan belajar penemuan, anak juga bisa belajar berfikir analisis dan mencoba memecahkan sendiri problem yang dihadapi. Kebiasaan ini akan di transfer dalam kehidupan bermasyarakat.

- **Tujuan Pembelajaran Discovery Learning**

Bell (1978) mengemukakan beberapa tujuan spesifik dari pembelajaran dengan penemuan, yakni sebagai berikut:

- a. Dalam penemuan siswa memiliki kesempatan untuk terlibat secara aktif dalam pembelajaran. Kenyataan menunjukkan bahwa partisipasi banyak siswa dalam pembelajaran meningkat ketika penemuan digunakan.
- b. Melalui pembelajaran dengan penemuan, siswa belajar menemukan pola dalam situasi konkret maupun abstrak, juga siswa banyak meramalkan (*extrapolate*) informasi tambahan yang diberikan.
- c. Siswa juga belajar merumuskan strategi tanya jawab yang tidak rancu dan menggunakan tanya jawab untuk memperoleh informasi yang bermanfaat dalam menemukan.
- d. Pembelajaran dengan penemuan membantu siswa membentuk cara kerja bersama yang efektif, saling membagi informasi, serta mendengar dan menggunakan ide-ide orang lain.
- e. Terdapat beberapa fakta yang menunjukkan bahwa keterampilan-keterampilan, konsep-konsep dan prinsip-prinsip yang dipelajari melalui penemuan lebih bermakna.
- f. Keterampilan yang dipelajari dalam situasi belajar penemuan dalam beberapa kasus, lebih mudah ditransfer untuk aktifitas baru dan diaplikasikan dalam situasi belajar yang baru.

- **Strategi-strategi dalam Pembelajaran Discovery Learning**

Dalam pembelajaran dengan penemuan dapat digunakan beberapa strategi, strategi-strategi yang dimaksud adalah sebagai berikut:

a) Strategi Induktif

Strategi ini terdiri dari dua bagian, yakni bagian data atau contoh khusus dan bagian generalisasi (kesimpulan). Data atau contoh khusus tidak dapat digunakan sebagai bukti, hanya merupakan jalan menuju kesimpulan. Mengambil kesimpulan (penemuan) dengan menggunakan strategi induktif ini selalu mengandung resiko, apakah kesimpulan itu benar ataukah tidak. Karenanya

kesimpulan yang ditemukan dengan strategi induktif sebaiknya selalu menggunakan perkataan “barangkali” atau “mungkin”.

b) Strategi deduktif

Dalam matematika metode deduktif memegang peranan penting dalam hal pembuktian. Karena matematika berisi argumentasi deduktif yang saling berkaitan, maka metode deduktif memegang peranan penting dalam pengajaran matematika. Dari konsep matematika yang bersifat umum yang sudah diketahui siswa sebelumnya, siswa dapat diarahkan untuk menemukan konsep-konsep lain yang belum ia ketahui sebelumnya. Sebagai contoh, untuk menentukan rumus luas lingkaran, siswa dapat diarahkan untuk membagi kertas berbentuk lingkaran menjadi n buah sector yang sama besar, kemudian menyusunnya sedemikian rupa sehingga berbentuk seperti persegi panjang dan rumus kelilinglingkaran yang sudah diketahui sebelumnya, siswa akan dapat menemukan luas lingkaran.

- **Peranan Guru dalam Pembelajaran Discovery Learning**

Dahar (2005) mengemukakan beberapa peranan guru dalam pembelajaran dengan penemuan, yakni sebagai berikut:

- Merencanakan pelajaran sedemikian rupa sehingga pelajaran itu terpusat pada masalah-masalah yang tepat untuk diselidiki para siswa.
- Menyajikan materi pelajaran yang diperlukan sebagai dasar bagi para siswa untuk memecahkan masalah. Sudah seharusnya materi pelajaran itu dapat mengarah pada pemecahan masalah yang aktif dan belajar penemuan, misalnya dengan menggunakan fakta-fakta yang berlawanan.
- Guru juga harus memperhatikan cara penyajian yang enaktif, ikonik, dan simbolik.
- Bila siswa memecahkan masalah di laboratorium atau secara teoritis, guru hendaknya berperan sebagai seorang pembimbing atau tutor. Guru hendaknya jangan mengungkapkan terlebih dahulu prinsip atau aturan yang akan dipelajari, tetapi ia hendaknya memberikan saran-saran bilamana diperlukan. Sebagai tutor, guru sebaiknya memberikan umpan balik pada waktu yang tepat.

- Menilai hasil belajar merupakan suatu masalah dalam belajar penemuan. Secara garis besar tujuan belajar penemuan ialah mempelajari generalisasi-generalisasi dengan menemukan generalisasi-generalisasi itu.
- **Kelebihan dan Kekurangan Model Pembelajaran Discovery Learning**
 - a. Kelebihan discovery learning
 - Dapat meningkatkan kemampuan siswa untuk memecahkan masalah (*problem solving*)
 - Dapat meningkatkan motivasi
 - Mendorong keterlibatan keaktifan siswa
 - Siswa aktif dalam kegiatan belajar mengajar. Sebab ia berpikir dan menggunakan kemampuan untuk menemukan hasil akhir.
 - Menimbulakan rasa puas bagi siswa. Kepuasan batin ini mendorong ingin melakukan penemuan lagi sehingga minat belajarnya meningkat
 - Siswa akan dapat mentransfer pengetahuannya keberbagai konteks.
 - Melatih siswa belajar mandiri
 - b. Kekurangan discovery learning
 - Guru merasa gagal mendeteksi masalah dan adanya kesalah fahaman antara guru dengan siswa
 - Menyita waktu banyak. Guru dituntut mengubah kebiasaan mengajar yang umumnya sebagai pemberi informasi menjadi fasilitator, motivator, dan pembimbing siswa dalam belajar. Untuk seorang guru ini bukan pekerjaan yang mudah karena itu guru memerlukan waktu yang banyak. Dan sering kali guru merasa belum puas kalau tidak banyak memberi motivasi dan membimbing siswa belajar dengan baik.
 - Menyita pekerjaan guru.
 - Tidak semua siswa mampu melakukan penemuan
 - Tidak berlaku untuk semua topik .

➤ **Aplikasi Pembelajaran Discovery Learning di Kelas**

- a. Tahap Persiapan dalam Aplikasi Model Discovery Learning

Seorang guru, dalam mengaplikasikan metode discovery learning di kelas harus melakukan beberapa persiapan. Berikut ini tahap perencanaan menurut Bruner, yaitu:

- Menentukan tujuan pembelajaran.

- Melakukan identifikasi karakteristik siswa (kemampuan awal, minat, gaya belajar, dan sebagainya).
- Memilih materi pelajaran
- Menentukan topik-topik yang harus dipelajari siswa secara induktif (dari contoh-contoh generalisasi).
- Mengembangkan bahan-bahan belajar yang berupa contoh-contoh, ilustrasi, tugas dan sebagainya untuk dipelajari siswa.
- Mengatur topik-topik pelajaran dari yang sederhana ke kompleks, dari yang konkret ke abstrak, atau dari tahap enaktif, ikonik sampai ke simbolik.
- Melakukan penilaian proses dan hasil belajar siswa (Suciati & Prasetya Irawan dalam Budiningsih, 2005).
- prosedur aplikasi discovery learning

Adapun menurut Syah (2004) dalam mengaplikasikan model Discovery Learning di kelas tahapan atau prosedur yang harus dilaksanakan dalam kegiatan belajar mengajar secara umum adalah sebagai berikut:

a. *Stimulation* (stimulasi/pemberian rangsangan).

Pertama-tama pada tahap ini pelajar dihadapkan pada sesuatu yang menimbulkan kebingungannya, kemudian dilanjutkan untuk tidak memberi generalisasi, agar timbul keinginan untuk menyelidiki sendiri (Taba dalam Affan, 1990). Tahap ini Guru bertanya dengan mengajukan persoalan, atau menyuruh anak didik membaca atau mendengarkan uraian yang memuat permasalahan. Stimulation pada tahap ini berfungsi untuk menyediakan kondisi interaksi belajar yang dapat mengembangkan dan membantu siswa dalam mengeksplorasi bahan. Dalam hal ini Bruner memberikan stimulation dengan menggunakan teknik bertanya yaitu dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang dapat menghadapkan siswa pada kondisi internal yang mendorong eksplorasi.

b. *Problem statement* (pernyataan/ identifikasi masalah).

Setelah dilakukan stimulation langkah selanjutnya adalah guru memberi kesempatan kepada siswa untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin agenda-agenda masalah yang relevan dengan bahan pelajaran, kemudian salah satunya dipilih dan dirumuskan dalam bentuk hipotesis (jawaban sementara atas pertanyaan masalah) (Syah 2004).

c. *Data collection* (pengumpulan data).

Ketika eksplorasi berlangsung guru juga memberi kesempatan kepada para siswa untuk mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya yang relevan untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis (Syah, 2004). Pada tahap ini berfungsi untuk menjawab pertanyaan atau membuktikan benar tidak hipotesis, dengan demikian anak didik diberi kesempatan untuk mengumpulkan (collection) berbagai informasi yang relevan, membaca literature, mengamati objek, wawancara dengan nara sumber, melakukan uji coba sendiri dan sebagainya (Djamarah, 2002).

d. *Data processing* (pengolahan data).

Menurut Syah (2004:244) data processing merupakan kegiatan mengolah data dan informasi yang telah diperoleh para siswa baik melalui wawancara, observasi, dan sebagainya, lalu ditafsirkan.

Data processing disebut juga dengan pengkodean coding/ kategorisasi yang berfungsi sebagai pembentukan konsep dan generalisasi. Dari generalisasi tersebut siswa akan mendapatkan pengetahuan baru tentang alternatif jawaban/ penyelesaian yang perlu mendapat pembuktian secara logis.

e. *Verification* (pentahkikan/pembuktian).

Verification menurut Bruner, bertujuan agar proses belajar akan berjalan dengan baik dan kreatif jika guru memberikan kesempatan kepada siswa untuk menemukan suatu konsep, teori, aturan atau pemahaman melalui contoh-contoh yang ia jumpai dalam kehidupannya (Budiningsih, 2005:41).

f. *Generalization* (menarik kesimpulan/generalisasi)

Tahap *generalitation/* menarik kesimpulan adalah proses menarik sebuah kesimpulan yang dapat dijadikan prinsip umum dan berlaku untuk semua kejadian atau masalah yang sama, dengan memperhatikan hasil verifikasi (Syah, 2004). Atau tahap dimana berdasarkan hasil verifikasi tadi, anak didik belajar menarik kesimpulan atau generalisasi tertentu (Djamarah, 2002). Akhirnya dirumuskannya dengan kata-kata prinsip-prinsip yang mendasari generalisasi (Junimar Affan, 1990).

4. Model Pembelajaran Inquiry Learning

a. Definisi

Salah satu model pembelajaran yang menjadi andalan dalam pembelajaran sain adalah inquiri. Pembelajaran berbasis inquiri (*inquiry-base*

instruction) adalah pembelajaran yang menggunakan langkah-langkah ilmiah sebagai skenario pembelajaran. Dalam model pembelajaran ini menguasai konsep pengetahuan melalui upaya menjawab pertanyaan melalui proses eksplorasi, pengolahan data dan menyusun kesimpulan.

Inquiri (*Inquiry*) didefinisikan sebagai sebuah pencarian kebenaran, informasi/ pengetahuan, atau pencarian informasi dengan cara mempertanyakan dan melakukan upaya menjawab pertanyaan dimaksud. Alfred Novak (Haury, 1993) mendefinikan bahwa inquiry merupakan usaha manusia untuk menjelaskan secara rasional fenomena-fenomena yang memancing rasa ingin tahu. Dengan kata lain, inquiry berkaitan dengan aktivitas dan keterampilan aktif pencarian pengetahuan untuk memuaskan rasa ingin tahu (Haury, 1993).

Pada dasarnya iquiri adalah perilaku yang melekat erat pada sifat manusia. Setiap orang melakukan proses inquiri sejak ia lahir sampai meninggal. Hal itu sangat nyata meskipun tidak menyadarinya. Seorang bayi misalnya, melakukan inquiri ketika mengenali wajah yang mendekat, memegang objek, meletakkan benda di mulut, dan menoleh ke arah suara. Demikian juga pada anak-anak. Dalam benak mereka selalu timbul pertanyaan dan diikuti oleh upaya untuk menjawabnya. Ketika seorang anak umur 4 tahun melihat sebuah mainan maka ia ingin sekali mengetahui seperti apa mainan tersebut dan selalu ingin membongkarnya sebagai upaya mengetahuinya. Tidak heran kalau pada usia tersebut mainan jarang awet. Seiring meningkatnya usia anak, semakin banyak pula pertanyaan mengenai fenomena yang ditemui dalam keseharian. Sayangnya ketika anak tumbuh lebih besar upaya untuk menjawab pertanyaan terhambat dengan kekhawatiran dan keterbatasan. Ketika seorang siswa usia 12 tahun ingin tahu mengapa televisi dapat menayangkan gambar hidup, mereka terbentur oleh keterbatasan kemampuan dan sarana untuk mengetahuimnya. Ketika hal ini sering terjadi maka kemampuan melakukan inquiri pada anak-anak kurang berkembang hingga dewasa. Dengan alasan itulah maka inquiri harus dijadikan model utama khususnya dalam pembelajaran sain.

Melalui model inquiri siswa dilatih untuk menerapkan proses ilmiah. Mereka harus mengambil kesimpulan sendiri berdasarkan hasil olah data yang diperolehnya. Dalam model ini siswa dilatih untuk memahami sesuatu secara mendalam dengan cara menemukannya sendiri. Dengan menemukan sendiri siswa tidak sekedar belajar untuk mengingat melainkan memahaminya.

Menurut *National Science Education Standards* (Sebuah Standar Pendidikan Sain di Amerika) *inquiry instruction* adalah sebuah pembelajaran yang melibatkan siswa dalam sebuah kegiatan mempertanyakan, analisis data, dan berpikir kritis. Siswa semua tingkatan mendapatkan kesempatan untuk berlatih penelitian untuk mengembangkan kemampuan berpikir dan berperilaku ilmiah termasuk didalamnya mengajukan pertanyaan, merencanakan dan melakukan penelitian, menggunakan alat dan teknik pengumpul data, berpikir kritis, berpikir logis mengenai hubungan antar bukti dan penejelasan, membangun dan menganalisis penjelasan serta mengkomunikasikan argumen secara ilmiah.

Model pembelajaran Inquiri merupakan sebuah kegiatan belajar dimana siswa menjawab pertanyaan penelitian melalui metode ilmiah. Kegiatan inquiri yang paling otentik adalah ketika siswa menjawab pertanyaan yang diajukan sendiri melalui analisis data yang dikumpulkannya sendiri secara independent. Meskipun begitu masih tergolong inquiri ketika kegiatan berbentuk menjawab pertanyaan dan mengolah data yang telah tersedia, sepanjang siswa tetap melakukan analisis dan merumuskan kesimpulan secara mandiri. Jadi ciri utama pembelajaran inquiri adalah pada kegiatan analisis data yang diperoleh melalui kegiatan esplorasi.

b. Cirimodel pembelajaran inquiri

Model inquiri mengarah ke pembelajaran yang menggunakan materi ajar sebagai sebuah kendaraan untuk membangun kemampuan ilmiah. Model inquiri bersifat *student centered* dan guru bertindak sebagai fasilitator belajar. Model ini menekankan kepada *how we come to know* (bagaimana cara mengetahuinya); bukan kepada *what we know* (apa yang harus diketahui). Dalam model ini siswa terlibat dalam mengkonstruksi pengetahuan melalui keterlibatan dalam belajar.

Randy L. Bell, Lara Smetana dan Ian Binns (Haury, 2003), menegaskan bahwa pertanyaan pertama yang harus diajukan untuk menentukan bahwa sebuah pembelajaran dapat digolongkan inquiri atau tidak adalah: Apakah siswa menjawab pertanyaan penelitian melalui proses analisis data? Kalau jawabannya “ya” berarti kegiatan dapat digolongkan pembelajaran berbasis inquiri. Kalau tidak maka belum dapat digolongkan pembelajaran berbasis inquiri. Pembelajaran dalam bentuk kegiatan penelitian yang hanya berbentuk kajian

pustaka atau brosing informasi melalui internet belum dapat dikatakan pembelajaran berbasis inquiri. Dalam pembelajaran tersebut siswa hanya mengumpulkan informasi namun tidak melakukan analisis data untuk menjawab pertanyaan yang diajukan.

Beberapa ciri dari model pembelajaran inquiri dapat dilihat dalam rincian berikut:

- Siswa berpandangan bahwa dirinya sebagai pebelajar .Mereka menampakkan sikap semangat, berupaya untuk bekerja sama baik dengan guru maupun dengan teman, lebih percaya diri dalam belajar, menampakkan kehendak untuk memperbarui ide dan berani mengambil risiko dan selalu skeptis.
- Siswa selalu menerima inovasi dalam belajar dan memiliki keinginan untuk selalu terlibat dalam proses esplorasi. Siswa selalu bergerak, menggunakan bahan dan materi yang tersedia, selalu berdialog dengan orang lain, serta selalu mencoba ide berbeda.
- Siswa mengajukan pertanyaan, mengusulkan penjelasan dan menggunakan teknik pengamatan kritis untuk mengumpulkan fakta, menyambungkan ide satu dengan lainnya.
- Siswa merancang rencana dan melaksanakan kegiatan belajar. Mereka merancang prosedur untuk menguji ide dengan cara menggunakan bahan-bahan, mengobservasi, mengumpulkan data, mengolah data, memutuskan mana yang penting dan mana yang tidak, melihat persamaan dan perbedaan dan menyusun kesimpulan.
- Siswa berkomunikasi menggunakan berbagai metode. Mereka menyatakan ide malalui berbagai cara termasuk jurnal, gambar, laporan, gerafik dan lainnya. Mereka mendengarkan, berbicara dan menuliskan ppeoses dan hasil belajar dengan orang tua, guru, taman dan menggunakan bahasa yang sesuai dengan disiplin ilmu yang dipelajari.
- Siswa mengkritisi cara belajar dengan cara mengenali dan mendiskusikan kekuatan dan kekurangn serta melakukan refleksi bersama guru dan teman.

c. Jenis Inquiri

Menurut Herron (2005), ada empat tingkatan inquiri. Tingkatan ini didasarkan kepada intensitas belajar yang dialami oleh siswa. Keempat tingkatan dimaksud adalah sebagai berikut:

1. *Confirmation/Verification*– siswa menegaskan prinsip melalui kegiatan yang telah ditentukan. Tingkatan ini dilakukan ketika prinsip yang harus dipelajari akan dilanjutkan kemudian di tingkat berikutnya.
2. *Structured Inquiry*– siswa melakukan penelitian menggunakan prosedur yang ditentukan guru untuk menjawab pertanyaan penelitian yang telah disediakan.
3. *Guided Inquiry*- siswa melakukan penelitian menggunakan prosedur yang dirancang sendiri untuk menjawab pertanyaan yang telah disediakan guru.
4. *Open Inquiry*– siswa merumuskan sendiri pertanyaan penelitian dan merancang prosedur sendiri untuk menjawabnya.

Penjelasan di atas dapat dinyatakan dalam tabel *What is given to the learner* sebagai berikut:

Tingkat Inquiri	Pertanyaan	Prosedur	Hasil
0	X	X	x
1	X	X	-
2	X	-	-
3	-	-	-

D. Aktivitas Pembelajaran

Mensimulasikan model pembelajaran problem base learning, project base learning, discovery learning dan inquiry learning.

Petunjuk :

1. Bentuk 4 kelompok, masing-masing terdiri dari 5 anggota.
2. Kelompok 1 : mensimulasikan model pembelajaran berbasis masalah
3. Kelompok 2 : mensimulasikan model pembelajaran berbasis projek
4. Kelompok 3 : mensimulasikan model pembelajaran discovery learning
5. Kelompok 4 : mensimulasikan model pembelajaran inquiry

E. Latihan/Kasus/Tugas

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

1. Jelaskan hal-hal apa yang harus dipertimbangkan guru dalam menerapkan model pembelajaran berbasis masalah.
2. Jelaskan dampak tidak langsung yang dapat diperoleh siswa setelah pembelajaran berbasis proyek diimplementasikan dalam proses pembelajaran.
3. Bagaimanakah perbedaan tahapan-tahapan pembelajaran berbasis masalah dengan pembelajaran berbasis proyek?
4. Jelaskan tujuan pembelajaran discovery learning!
5. Jelaskan strategi yang dipakai dalam pembelajaran discovery learning!
6. Bagaimanakah peranan guru dalam pembelajaran discovery learning?
7. Bagaimanakah ciri-ciri pembelajaran inquiry?
8. Jelaskanlah tingkatan inquiry menurut Herron!
9. Bagaimanakah perbedaan model pembelajaran inquiry dengan Problem based learning?.
10. Bagaimanakah tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menerapkan model pembelajaran discovery learning?

F. Rangkuman

- Pembelajaran berbasis proyek / tugas adalah sebuah metode penyajian bahan pembelajaran yang diberikan oleh guru kepada peserta didik berupa seperangkat tugas yang harus dikerjakan peserta didik, baik secara individual maupun secara kelompok.
- Pembelajaran *discovery learning* (penemuan) merupakan salah satu model pembelajaran yang digunakan dalam pendekatan konstruktivisme. Pada pembelajaran penemuan, siswa didorong untuk terutama belajar sendiri melalui keterlibatan aktif dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip. Guru mendorong siswa agar mempunyai pengalaman dan melakukan eksperimen dengan memungkinkan mereka menemukan prinsip-prinsip atau konsep-konsep bagi diri mereka sendiri.
- Problem based learning (Pembelajaran Berbasis Masalah) adalah suatu kegiatan pembelajaran yang berpusat pada masalah. Istilah berpusat berarti menjadi tema, unit, atau isi sebagai focus utama belajar.

- Model pembelajaran Inquiri merupakan sebuah kegiatan belajar dimana siswa menjawab pertanyaan penelitian melalui metode ilmiah. Kegiatan inquiri yang paling otentik adalah ketika siswa menjawab pertanyaan yang diajukan sendiri melalui analisis data yang dikumpulkannya sendiri secara independent.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mohon untuk mengisi pertanyaan dibawah ini berdasarkan mataeri 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 pa 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	c. Masalah
b. Penemuan	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 model pembelajaran 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 pembelajaran 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 c. Confirmation/verification

b. Structured inquiry 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 : METODE DAN TEKNIK PEMBELAJARAN

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini, peserta diklat dapat menerapkan metode dan teknik pembelajaran sesuai dengan karakteristik paket keahlian teknik pengolahan minyak, gas, dan petrokimia melalui ceramah, diskusi kelompok, brainstorming, dan penugasan mandiri.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Berbagai metoda dan teknik pembelajaran dijelaskan dengan benar
2. Berbagai metoda dan teknik pembelajaran diterapkan sesuai dengan tujuan pembelajaran.

C. Uraian materi

J. Metode Pembelajaran

Metode berasal dari Bahasa Yunani “Methodos” yang berarti cara atau jalan yang ditempuh. Sehubungan dengan upaya ilmiah, maka metode menyangkut masalah cara kerja untuk dapat memahami objek yang menjadi sasaran ilmu yang bersangkutan. Fungsi metode berarti sebagai alat untuk mencapai tujuan. Pengetahuan tentang metode-metode mengajar sangat diperlukan oleh para pendidik, sebab berhasil atau tidaknya siswa belajar sangat bergantung pada tepat atau tidaknya metode mengajar yang digunakan oleh guru. Jadi Metode Pembelajaran adalah ilmu yang mempelajari cara-cara untuk melakukan aktivitas yang tersistem dari sebuah lingkungan yang terdiri dari pendidik dan peserta didik untuk saling berinteraksi dalam melakukan suatu kegiatan sehingga proses belajar berjalan dengan baik dalam arti tujuan pengajaran tercapai.

Tidak ada satu metode pun yang dianggap paling baik diantara metode-metode yang lain karena setiap metode mempunyai karakteristik tertentu dengan segala kelebihan dan kelemahan masing -masing. Suatu metode mungkin baik untuk suatu tujuan tertentu, pokok bahasan maupun situasi dan kondisi tertentu,

tetapi mungkin tidak tepat untuk situasi yang lain. Demikian pula suatu metode yang dianggap baik untuk suatu pokok bahasan yang disampaikan oleh guru tertentu, kadang-kadang belum tentu berhasil dibawakan oleh guru lain. Adakalanya seorang guru perlu menggunakan beberapa metode dalam menyampaikan suatu pokok bahasan tertentu. Dengan variasi beberapa metode, penyajian pengajaran menjadi lebih hidup. Misalnya pada awal pengajaran, guru memberikan suatu uraian dengan metode ceramah, kemudian menggunakan contoh-contoh melalui peragaan dan diakhiri dengan diskusi atau tanya-jawab. Di sini bukan hanya guru yang aktif berbicara, melainkan siswa pun terdorong untuk berpartisipasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan metode pembelajaran :

- a. Pengajar (Pengetahuan yang dikuasai, pengalaman mengajar, dan personalitas).
- b. Siswa (Tingkat kemampuan, latar belakang, umur, dan pengalaman lingkungan sosial budaya).
- c. Tujuan yang akan dicapai (bila tujuan yang akan dicapai lebih dari satu maka dapat ditentukan dengan kombinasi berbagai macam metode.).
- d. Materi (bahan ajar) dengan karakteristik yang berbeda.
- e. Waktu (Persiapan mengajar).
- f. Keadaan dan fasilitas yang tersedia di kelas atau sekolah.
- g. Jumlah subyek belajar.

➤ Alasan Menentukan Metode

Metode pembelajaran adalah bagian utuh (terpadu, integral) dari proses pendidikan pengajaran. Metode ialah cara guru menjelaskan suatu pokok bahasan (tema, pokok masalah) sebagai bagian kurikulum dalam upaya mencapai sasaran tujuan pembelajaran. Kegiatan pembelajaran dan kerjasama guru dan siswa dalam mencapai sasaran dan tujuan pembelajaran melalui cara atau metode, yang pada hakekatnya ialah jalan mencapai sasaran dan tujuan pembelajaran. Jadi, alasan atau nalar guru memilih dan menetapkan suatu metode dalam kegiatan pembelajaran adalah :

- a. Metode ini sesuai dengan pokok bahasan, dalam rangka lebih menjadi mencapai sasaran dan tujuan pembelajaran.

- b. Metode ini menjadi kegiatan siswa dalam belajar dan meningkatkan motivasi atau semangat belajar.
- c. Metode ini memperjelas dasar, kerangka, isi dan tujuan dari pokok bahasan sehingga pemahaman siswa makin jelas.
- d. Metode dipilih guru dengan azas diatas berdasarkan pertimbangan praktis, rasional dikuatkan oleh kiat dan pengalaman guru mengajar.
- e. Metode yang berdaya guna, belum tentu tunggal, jadi suatu metode dapat digunakan secara kombinasi (sintesis terpadu) dan dilengkapi dengan media tertentu, bahkan multi-media. Dasar pertimbangan ialah sasaran dan tujuan pembelajaran.

➤ **Jenis-Jenis Metode Pembelajaran**

- 1. **Metode diskusi**, adalah metode pembelajaran yang menghadapkan siswa pada suatu permasalahan. Tujuan utama metode ini adalah untuk memecahkan suatu permasalahan, menjawab pertanyaan, menambah dan memahami pengetahuan siswa, serta untuk membuat suatu keputusan. Metode diskusi bisa dilakukan dalam beberapa jenis, yaitu diskusi kelas, diskusi kelompok kecil, simposium, diskusi panel.
- 2. **Metode simulasi**, yaitu cara penyajian pengalaman belajar dengan menggunakan situasi tiruan untuk memahami konsep, prinsip, atau keterampilan tertentu. Simulasi dapat digunakan sebagai metode mengajar dengan asumsi tidak semua proses pembelajaran dapat dilakukan secara langsung pada objek yang sebenarnya. Jenis-jenis simulasi adalah:
 - *sosiodrama*, yaitu metode pembelajaran bermain peran untuk memecahkan masalah-masalah yang berkaitan dengan fenomena sosial;
 - *psikodrama*, yaitu metode pembelajaran dengan bermain peran yang bertitik tolak dari permasalahan-permasalahan psikologis;
 - *role playing*, yaitu metode pembelajaran bermain peran sebagai bagian dari simulasi yang diarahkan untuk rekreasi peristiwa sejarah, peristiwa aktual, atau kejadian-kejadian yang mungkin muncul pada masa yang akan datang (Sanjaya, 2006).

3. **Metode belajar sambil bermain**, yaitu metode belajar yang mengadopsi berbagai permainan. Baik permainan yang sudah ada, maupun yang dibuat sendiri untuk menciptakan suasana belajar yang menarik dan menyenangkan yang mengolah berbagai ranah psikologis siswa, baik kognitif, afektif, maupun psikomotor untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan.

4. Metode Demonstrasi

Metode demonstrasi adalah suatu cara mengajar dengan mempertunjukkan cara kerja suatu benda. Benda itu dapat berupa benda sebenarnya atau suatu model. Hal-hal lain yang dapat dipertunjukkan adalah cara menggunakan alat atau serangkaian percobaan. Dalam metode ini, antara lain dapat dikembangkan kemampuan siswa untuk mengamati, menggolongkan, menarik kesimpulan, menerapkan konsep, prinsip atau prosedur dan mengkomunikasikannya kepada siswa-siswa lain. Demonstrasi dapat dilakukan oleh guru atau siswa yang sudah dilatih sebelumnya. Metode ini dapat disatukan dengan metode eksperimen

5. Metode Proyek

Metode proyek merupakan suatu cara memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengamati, membaca, meneliti, menghubungkan dan mengembangkan sebanyak mungkin pengetahuan yang telah diperoleh dari berbagai mata pelajaran. Metode proyek membahas suatu tema atau unit pelajaran. Kemudian siswa diminta untuk membuat laporan dari tugas yang diberikan kepadanya dalam bentuk makalah. Melalui metode ini diharapkan siswa dapat dilatih baik secara individual maupun kelompok untuk menelaah suatu materi pelajaran dengan wawasan yang lebih luas memantapkan pengetahuan yang telah diperoleh, meningkatkan penghargaan terhadap lingkungan, memahami dan berupaya memecahkan masalah yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari, serta menyalurkan minat yang memungkinkan baik dilihat dari segi waktu atau bahan pelajaran dari berbagai mata pelajaran.

6. Metode Pembelajaran Terprogram

Metode ini menggunakan bahan pengajaran yang disiapkan secara khusus. Isi pengajaran di dalamnya harus dipecah menjadi langkah-langkah kecil, diurut secara ceramat, diarahkan untuk mengurangi kesalahan, dan

diikuti dengan umpan baliksegera.Siswa mendapat kebebasan untuk belajar menurut kecepatan masing masing.

7. Metode Simposium

Metode ini adalah metode yang memaparkan suatu seri pembicara dalam berbagai kelompok topik dalam bidang materi tertentu.Materi-materi tersebut disampaikan olehahli dalam bidangnya, setelah itu peserta dapat menyampaikan pertanyaan dansebagainaya kepada pembicara.Sebuah simposium hampir menyerupai panel, karena simposium harus pula terdiri dari beberapa pembicara, sedikitnya dua orang. Tetapi simposium berbeda dengan panel didalam cara pembahasan persoalan. Sifatnya lebih formal.Seorang anggota simposiumter lebih dahulu menyiapkan pembicaraannya menurut satu titik pandangan tertentu. Terhadap sebuah persoalan yang sama diadakan pembahasan dari berbagai sudutpandangan dan disoroti dari titik tolak yang berbeda-beda.Bentuk pola lain metode simposium dapat dikelompokkan pada sejumlah aspek, dan setiap aspek disoroti tersendiri dan khusus, tidak perlu dari berbagai sudut pandangan.Bagian prasana menyiapkan tulisan yang dibagi-bagikan kepada peserta dan diadakan sanggahan dari ahli tertentu yang disebut penyanggah utama.Pendengar dapat memberi pandangan umum dan pertanyaan sesudah penyanggah utama.

8. Metode Latihan bersama Teman

Metode ini memanfaatkan siswa yang telah lulus atau telah berhasil untuk melatih temannya dan ia bertindak sebagai pelatih dan pembimbing (asisten guru). Metode yang dipakai terserah kepada siswa pembimbing tersebut.

9. Metode Eksperimen

Metode eksperimen merupakan salah satu cara mengajar dimana seorang siswa diajak untuk beruji coba atau mengadakan pengamatan kemudian hasil pengamatan itu disampaikan dikelas dan di evaluasi oleh guru.

10. Metode Karya Wisata

Metode karya wisata merupakan teknik mengajar yang dilaksanakan dengan mengajak siswa kesuatu tempat atau obyek tertentu diluar sekolah untuk mempelajari atau menyelidiki sesuatu.

11. Metode Ceramah

Metode ceramah ialah cara mengajar yang paling tradisional dan telah lama dijalankan dalam sejarah pendidikan, yaitu dimana seorang guru menularkan pengetahuannya kepada siswa secara lisan atau ceramah.

Metode ceramah adalah : memberikan uraian atau penjelasan kepada sejumlah murid pada waktu dan tempat tertentu. Dengan kata lain teknik ini adalah sebuah teknik mengajar dengan menyampaikan informasi dan pengetahuan secara lisan kepada sejumlah siswa yang pada umumnya mengikuti secara pasif. Teknik ini disebut juga dengan teknik kuliah atau teknik pidato.

➤ **Teknik Pembelajaran**

Menurut Kamus Besar bahasa Indonesia (2005) teknik adalah metode atau sistem mengerjakan sesuatu, cara membuat atau seni melakukan sesuatu. Gerlach dan Ely (Hamzah B Uno, 2009) mengartikan teknik sebagai jalan, alat, atau media yang digunakan oleh guru untuk mengarahkan kegiatan peserta didik kearah tujuan yang ingin dicapai. Teknik secara harfiah juga diartikan sebagai cara yang dilakukan seseorang dalam mengaplikasikan dan mempraktikkan suatu metode.

Istilah teknik dalam pembelajaran didefinisikan dengan cara-cara dan alat yang digunakan oleh guru dalam rangka mencapai suatu tujuan, langsung dalam pelaksanaan pelajaran pada waktu itu. Menurut Radhi al-Hafidh, teknik dalam pembelajaran, bersifat implementasional saat proses belajar berlangsung untuk mencapai sasarannya.

Teknik dalam pembelajaran, merupakan penjelasan dan penjabaran suatu metode pembelajaran, maka sudah barang tentu bahwa kutipan definisi teknik tersebut di atas perlu dilengkapi dengan pijakan pada metode tertentu. Teknik dalam pembelajaran bersifat taktis, dan cenderung bernuansa siasat. Sudrajat (2008) menjelaskan teknik pembelajaran sebagai cara yang dilakukan pengajar dalam menerapkan metode pembelajaran tertentu.

➤ **Macam-macam Teknik Pembelajaran**

Terdapat beberapa pembagian jenis teknik pembelajaran, diantaranya:

- a. Menurut Femilla, Macam-macam teknik pembelajaran meliputi teknik syarahan, Teknik perbincangan, Teknik projek, Teknik penyelesaian masalah, Teknik daptan, Teknik permainan, Teknik kooperatif.
- b. Menurut shintiaminandar, jenis teknik pembelajaran terbagi dua, yaitu: Teknik Pembelajaran Teknik Umum (Teknik Umum Mengajar) adalah cara-cara yang dapat digunakan untuk semua bidang studi; dan Teknik Khusus (Teknik Khusus Pengajaran Matapelajaran Tertentu) adalah cara mengajarkan (menyajikan atau memantapkan) bahan- bahan pelajaran *bidang studi tertentu*.

Dengan mengetahui pengertian dan jenis teknik pembelajaran di atas, diharapkan dapat membantu pengajar dalam memilih teknik pembelajaran yang tepat ketika hendak menggunakan suatu metode pembelajaran tertentu terhadap keadaan spesifik yang dihadapi selama proses pembelajaran.

Teknik pembelajaran merupakan cara guru menyampaikan bahan ajar yang telah disusun (dalam metode), berdasarkan pendekatan yang dianut. Teknik yang digunakan oleh guru bergantung pada kemampuan guru itu mencari akal atau siasat agar proses belajar mengajar dapat berjalan lancar dan berhasil dengan baik. Dalam menentukan teknik pembelajaran ini, guru perlu mempertimbangkan situasi kelas, lingkungan, kondisi siswa, sifat-sifat siswa, dan kondisi-kondisi yang lain. Dengan demikian, teknik pembelajaran yang digunakan oleh guru dapat bervariasi sekali. Untuk metode yang sama dapat digunakan teknik pembelajaran yang berbeda-beda, bergantung pada berbagai faktor tersebut.

Dari uraian di atas dapat dikatakan bahwa teknik pembelajaran adalah siasat yang dilakukan oleh guru dalam pelaksanaan kegiatan belajar mengajar untuk memperoleh hasil yang optimal.Teknik pembelajaran ditentukan berdasarkan metode yang digunakan, dan metode disusun berdasarkan pendekatan yang dianut. Dengan kata lain, pendekatan menjadi dasar penentuan teknik pembelajaran. Dari suatu pendekatan dapat diterapkan teknik pembelajaran yang berbeda-beda pula.

D. Aktivitas Pembelajaran

➤ Diskusi Kelompok

Anda diminta untuk berkelompok anggotanya 3-4 orang. Setiap anggota dalam kelompok, diminta mengemukakan ide sebanyak-banyaknya mengenai istilah-istilah berikut : pendekatan pembelajaran, strategi pembelajaran, model pembelajaran, metode pembelajaran, dan Teknik Pembelajaran, disertai dengan contoh kegiatan yang sistematis, sehingga akan terlihat perbedaan diantara istilah-istilah tersebut.

E. Latihan/Kasus/Tugas

Untuk menyempurnakan pemahaman Anda pada kegiatan belajar ini, maka jawablah pertanyaan berikut ini.

1. Jelaskan perbedaan metode pembelajaran dengan teknik pembelajaran !
2. Jelaskan jenis –jenis metode dan teknik pembelajaran !

F. Rangkuman

- Metode pembelajaran ialah rencana pembelajaran , yang mencakup pemilihan, penentuan, dan penyusunan secara sistematis bahan yang akan diajarkan, serta kemungkinan pengadaan remedi dan bagaimana pengembangannya. Pemilihan, penentuan, dan penyusunan bahan ajar secara sistematis dimaksudkan agar bahan ajar tersebut mudah diserap dan dikuasai oleh siswa. Semuanya itu didasarkan pada pendekatan yang dianut. Melihat hal itu, jelas bahwa suatu metode ditentukan berdasarkan pendekatan yang dianut; dengan kata lain, pendekatan merupakan dasar penentu metode yang digunakan.
- Teknik pembelajaran merupakan cara guru menyampaikan bahan ajar yang telah disusun (dalam metode), berdasarkan pendekatan yang dianut. Teknik yang digunakan oleh guru bergantung pada kemampuan guru itu mencari akal atau siasat agar proses belajar mengajar dapat berjalan lancar dan berhasil dengan baik. Dalam menentukan teknik pembelajaran ini, guru perlu mempertimbangkan situasi kelas, lingkungan, kondisi siswa, sifat-sifat siswa, dan kondisi-kondisi yang lain. Dengan demikian, teknik pembelajaran yang digunakan oleh guru dapat bervariasi sekali. Untuk

metode yang samadapat digunakan teknik pembelajaran yang berbeda-beda, bergantung pada berbagai faktor tersebut.

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. Ilmu yang mempelajari cara-cara untuk melakukan aktivitas yang tersistem dari sebuah lingkungan yang terdiri dari pendidik dan peserta didik untuk saling berinteraksi dalam melakukan suatu kegiatan untuk mencapai tujuan di sebut ...
 - a. Metode pembelajaran
 - b. Pendekatan pembelajaran
 - c. Strategi Pembelajaran
 - d. Teknik Pembelajaran
2. Faktor-faktor yang empengaruhi pemilihan metode pembelajaran adalah ...
 - a. Pengajar, siswa, materi, tujuan yang akan di capai
 - b. Siswa, pengajar, kurikulum dan materi
 - c. Siswa, materi, kurikulum, dan tujuan pembelaajran
 - d. Kurikulum, siswa, tujuan yang akan dicapai.
3. Metode pembelajaran yang bertujuan untuk memecahkan suatu permasalahan, menjawab pertanyaan, menambah dan emahai pengetahuan siswa, serta untuk membuat suatu keputusan di sebut ...

a. Simulasi	c. Ceramah
b. Role Play	d. Diskusi

4. Cara penyajian pengalaman belajar dengan menggunakan situasi tiruan untuk memahami konsep, prinsip atau keterampilan tertentu merupakan metode ...
 - a. Ceramah
 - b. Simulasi
 - c. Role Play
 - d. Belajar sambil Bermain
5. Metode demonstrasi dapat disatukan dengan metode ...
 - a. Role Play
 - b. Simulasi
 - c. Eksperimen
 - d. Proyek
6. Suatu cara yang dilakukan guru dalam menerapkan metode pembelajaran tertentu di sebut ...
 - a. Teknik
 - b. Taktik
 - c. Model
 - d. Strategi
7. Menurut Femilla, jenis –jenis teknik pembelajaran meliputi ...
 - a. Teknik Umum dan teknik syarahan
 - b. Teknis Khusus dan teknik perbincangan
 - c. Teknik Umum dan Teknik Khusus
 - d. Teknik syarahan dan Teknik Perbincangan
8. Teknik Pembelajaran ditentukan berdasarkan ...
9. Metode Pembelajaran di susun berdasarkan ...
 - a. Model
 - b. Pendekatan yang dianut
 - c. Strategi
 - d. Teknik
10. Cara mengajar yang paling tradisional, dan telah lama dijalankan dalam sejarah pendidikan, dimana seorang guru menularkan pengetahuannya kepada siswa secara lisan adalah metode ...
 - a. Karya wisata
 - b. Demonstrasi
 - c. Ceramah
 - d. Projec

I. Kunci Jawaban

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

7. D

8. C

9. B

10. c

BAB III

KOMPETENSI PROFESIONAL

KEGIATAN BELAJAR KB-1

A. Tujuan

Teknik produksi migas erat kaitannya dengan aliran fluida pada reservoir. Oleh sebab itu para peserta diklat diharapkan dapat memahami aliran fluida pada reservoir yang akan diterangkan pada modul diklat guru pembelajar Kelompok kompetensi b dan para peserta diklat diharapkan dapat mengkonsepkan aliran fluida dalam reservoir dan istilah cadangan migas.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Peserta diklat diharapkan mampu menelaah konsep aliran fluida berdasar Hukum *Darcy*
2. Peserta diklat mampu mengklasifikasi Sistim Aliran dalam Reservoir
3. Peserta diklat mampu memahami mengukur tekanan Alir dari reservoir ke Dasar Sumur, *Gilbert Formula*
4. Peserta diklat dapat memahami istilah cadangan migas

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1

1. Aliran Fluida dalam Reservoir

Dalam reservoir hidrokarbon, fluida yang terperangkap dalam batuan induk akan mengalami pergerakan apabila reservoir tersebut mulai diproduksikan, karena akibat terjadinya perbedaan tekanan reservoir dengan tekanan didalam sumur. Fluida hidrokarbon yang tersimpan didalam pori-pori batuan akan bergerak dan mengalir menuju dasar sumur hingga kepermukaan melalui media batuan yang dapat melewatkana cairan atau bersifat permeable. Kemampuan batuan berpori untuk melewatkana fluida melalui pori-pori yang berhubungan sering disebut sebagai *Permeabilitas*.

Fluida yang mengalir dari formasi ke lubang sumur, dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Sifat fisik dari formasi
2. Geometri sumur dan daerah pengurasan
3. Sifat fisik fluida yang mengalir
4. perbedaan tekanan antara formasi dengan lubang sumur saat terjadi aliran

Adanya penurunan tekanan di dasar sumur akan menyebabkan fluida yang berada dalam reservoir mengalir ke arah sumur. Bila tekanan reservoir berada di atas tekanan titik gelembung, maka aliran akan berupa satu fasa yaitu cairan. Tetapi bila reservoir berada di bawah titik gelembung, maka aliran akan menjadi dua fasa, yaitu cairan dan gas

1.1 Persamaan Darcy untuk Aliran Satu Fasa

Aliran fluida satu fasa dalam media berpori seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.1, oleh Darcy diterangkan sebagai berikut:

$$q = \frac{-K A dp}{\mu dx}$$

Dimana :

K : Permeabilitas batuan,

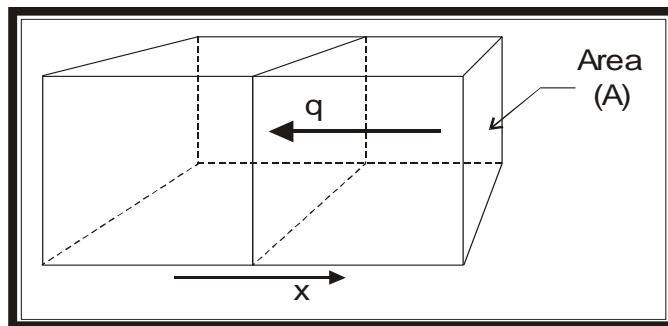
Darcy q : volume aliran, cm³/detik

μ : viskositas cairan , centi poise (cp)

dp/dx : gradient tekanan, atm

A : luas penampang media aliran, cm²

P: Perbedaan tekanan antara pangkal dan ujung media, atm



Gambar 3.1 Aliran Satu Fasa Dalam Media Berpori

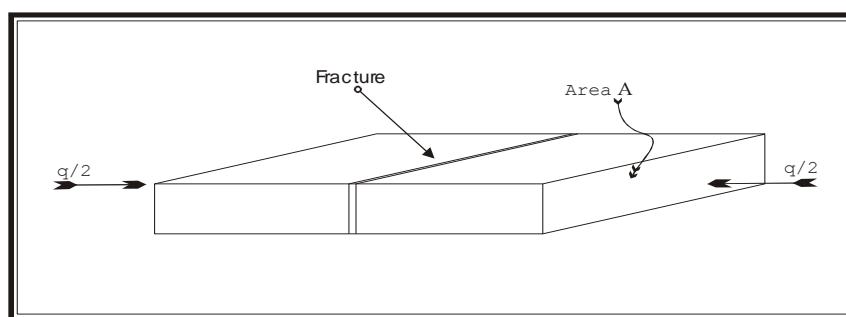
Asumsi yang digunakan untuk persamaan diatas adalah:

1. Kondisi aliran *steady state*
2. Ruang pori batuan 100 % disaturasi oleh fluida yang mengalir
3. Viscositas dari fluida yang mengalir adalah tetap
4. Kondisi Isothermal
5. Alirannya horizontal dan linier

Gradien tekanan (dP/dx) menyebabkan aliran fluida di dalam media berpori, yang persamaanya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{dP}{dx} = \frac{q\mu}{kA}$$

Aliran linier *steady-state* menuju rekah batuan seperti yang terlihat pada gambar 3.2, mengasumsikan bahwa setengah aliran fluida yang menuju rekahan batuan berasal dari salah satu sisi rekahan dan setengahnya berasal dari sisi lain yang simetris.



Gambar 3.2 Aliran *Steady State* Menuju Rekah Batuan

Persamaan diatas dapat dikembangkan untuk menjelaskan aliran di dalam suatu media berpori dengan geometris sistem yang tidak begitu kompleks (yang sudah diketahui), dan karena fluida yang menuju ke lubang sumur biasanya adalah radial. Maka persamaan untuk menentukan laju aliran sebagai berikut :

$$q = \frac{2\pi k h (P_e - P_w)}{\mu \ln(r_e / r_w)}$$

Laju alir (q) adalah laju alir fluida dalam media berpori. Jika suatu fluida kompressibel (misal gas) mengalir dalam kondisi yang benar-benar mantap (*steady-state*), maka walaupun laju aliran massa-nya tidak berubah-ubah tetapi laju aliran volumenya berbeda pada tiap-tiap tempat di dalam media berpori. Laju alir (q) sebenarnya adalah laju alir rata-rata (q_m). Jadi untuk aliran gas (fluida kompressibel), maka persamaan harus dimodifikasi sebagai berikut:

$$q_m = \frac{2\mu k_g h (P_e - P_w)}{\mu_g \ln(r_e / r_w)}$$

dimana :

q_m = laju alir rata-rata (cm^2/det) yang diukur pada tekanan aliran rata-rata P_m

q_m adalah persamaan laju aliran gas dalam cc/det untuk kondisi reservoir. Sedangkan untuk menentukan laju aliran gas pada kondisi standar (kondisi permukaan), dapat dilakukan dengan menggunakan hukum gas sebagai berikut :

$$\frac{P_{sc} q_{sc}}{Z_{sc} T_{sc}} = \frac{P_m q_m}{Z_m T_m}$$

dimana : tanda "sc" menunjukkan standar (14,7 psia dan 60^0 F) dan tanda "m" menunjukkan kondisi reservoir yang sebenarnya. Dengan menggabungkan persamaan diatas maka akan diperoleh :

$$q_{sc} = \frac{Z_{sc} T_{sc} P_m 2\pi h k_g (P_e - P_w)}{P_{sc} Z_m T_m \mu_g \ln(r_e / r_w)}$$

Karena $P_m = (P_e - P_w)/2$, maka dapat dikembangkan menjadi:

$$q_{sc} = \frac{703 k_g h (P_e^2 - P_w^2)}{Z_m T_m \mu_g \ln(r_e / r_w)}$$

dimana :

q_{sc} = laju alir gas pada kondisi standar, SCF/hari

k_g = permeabilitas batuan untuk gas, D

μ_g = viskositas gas, cp

h = ketebalan lapisan reservoir, ft

r_e = jari-jari pengurasan, ft

r_w = jari-jari sumur, ft

P_e = tekanan pada jari-jari r_e , psia

P_w = tekanan pada jari-jari r_w , psia

Z_m = faktor kompresibilitas gas

T_m = temperatur reservoir rata-rata, $^{\circ}$ R

Untuk reservoir minyak dimana, q_m adalah volume cairan yang mengalir tiap detik yang diukur pada tekanan rata-rata ($p_e + p_w)/2$. Atau,

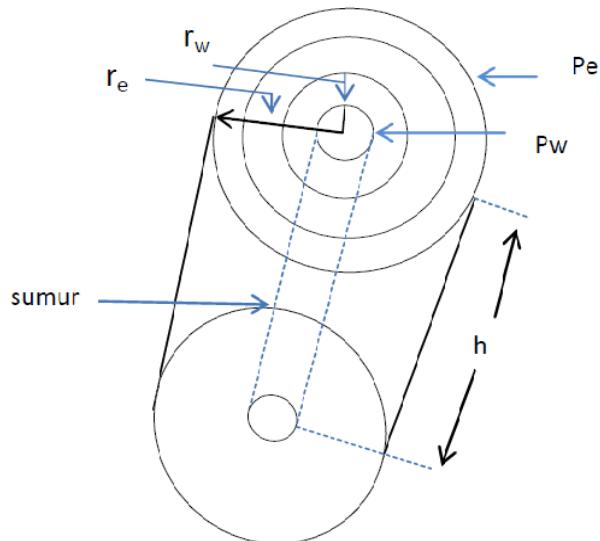
$$q_{res} = \frac{7,082 k_o h (P_e - P_w)}{\mu_o \ln(r_e / r_w)}$$

Untuk kondisi standar, maka $q_{sc} = q_{res} / B_o$ atau :

$$q_{sc} = \frac{7,082 k_o h (P_e - P_w)}{\mu_o B_o \ln(r_e / r_w)}$$

dimana :

- q_{res} = laju alir minyak pada kondisi reservoir, bbl/hari
- k_o = permeabilitas batuan untuk minyak, D
- μ_o = viskositas minyak, cp
- h = ketebalan lapisan reservoir, ft
- r_e = jari-jari pengurasan, ft
- r_w = jari-jari sumur, ft
- P_e = tekanan pada jari-jari r_e , psia
- P_w = tekanan pada jari-jari r_w , psia
- q_{sc} = laju alir minyak pada kondisi standar, STB/hari
- B_o = faktor volume formasi minyak, bbl/STB



Gambar 3.3 Sistem Aliran Radial

2. Klasifikasi Sistem Aliran dalam Reservoir

Klasifikasi sistem aliran fluida reservoir.

1. Jenis fluida

- *Incompressible*

Incompressible fluid diartikan sebagai fluida yang tidak mengalami perubahan volume atau densitas terhadap perubahan tekanan.

- *Compressible Slightly*

Slightly compressible fluid diartikan sebagai fluida yang mengalami sedikit perubahan volume atau densitas terhadap perubahan tekanan. Minyak dan air termasuk dalam kategori *slightly compressible fluid*.

- *Compressible*

Compressible fluid diartikan sebagai fluida yang mengalami perubahan volume atau densitas yang besar jika terjadi perubahan tekanan

Sesuai *equation of state*, kompresibilitas dinyatakan dalam persamaan

$$\rho = \rho_o e^{c(P-P_o)}$$

Apabila $c = 0$, maka fluida adalah *incompressible* dan $\rho = \rho_o$ untuk semua harga P.

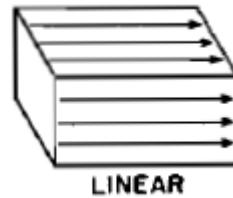
Untuk fluida yang tergolong *slightly compressible*, maka $c \approx 0$ dan $\rho = \rho_o + \rho_o c(\Delta P)$

Gas tergolong fluida **compressible** sedangkan **minyak dan air**, umumnya adalah **slightly incompressible**.

2. Geometri reservoir

a. Aliran Linier

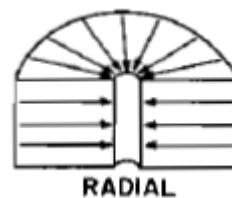
Aliran linier ditunjukkan pada gambar 3.4 garis arus sejajar dan penampang mengalir konstan



Gambar 3.4 Aliran Linier

b. Aliran Radial

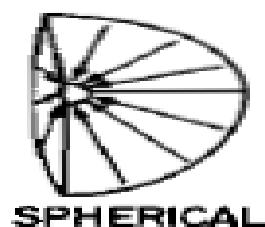
Pada aliran radial garis aliran lurus dan bertemu dalam dua dimensi menuju pusat.



Gambar 3.5 Aliran Radial Radial

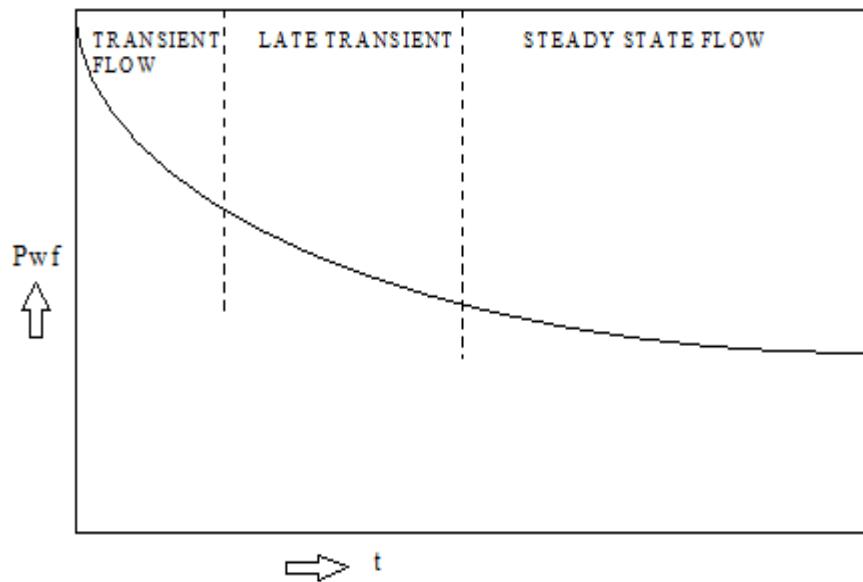
c. Aliran *Spherical*

Aliran *Spherical* adalah aliran yang menarik, di mana garis aliran lurus dan berkumpul menuju pusat dalam tiga dimensi.



Gambar 3.6 Aliran Spherical

3. Tingkat relatif dimana aliran mendekati kondisi steady-state mengikuti adanya gangguan.
klasifikasi sistem aliran di dalam batuan reservoir umumnya ada bagian waktu seperti *steady state*, *transient*, *late transient* atau *pseudosteady-state*.



Gambar 3.7 kurva Pwf vs t

2. Laju Alir Pada Sumur Vertikal

Pada laju alir pada sumur vertical ini akan dibahas laju alir vertical pada aliran *steady state* dan *pseudo steady state*. Kedua laju alir tersebut mempunyai cara perhitungan yang berbeda.

2.1. Laju Alir *Steady-State* Pada Sumur Vertikal

Kondisi steady state (kondisi mantap) terjadi jika tekanan disetiap titik di reservoir tidak berubah terhadap waktu. Pada kenyataanya sangat sedikit reservoir yang mempunyai kondisi ini. Banyak reservoir yang diproduksikan, tekanannya berubah (menurun) terhadap waktu. Ketika fluida mengalir pada sumur vertical dan diproduksikan, daerah aliran akan mengecil. Hal ini akan menyebabkan peningkatan kecepatan aliran dan peningkatan gradien tekanan. Aliran Fluida dalam radius R, dan daerah aliran $A = 2 Rh$ Distribusi tekanan dapat dicari dengan mensubstitusikan A pada Persamaan 3-2, sehingga didapat:

$$\frac{dP}{dR} = \frac{q\mu}{k(2\pi R h)}$$

Dan mengintegrasikan dengan q konstan didapat :

$$P = P_w + \frac{q\mu}{2\pi k h} [\ln(R) - \ln(R_w)]$$

Dari persamaan di atas didapat harga q untuk aliran steady state sebagai berikut

$$q = F_D \frac{2\pi k h (P_e - P_w)}{\mu \ln(R_e / R_w)}$$

Jika pengaruh skin diperhitungkan maka persamaan di atas menjadi :

$$q = F_D \frac{2\pi k h (P_e - P_w)}{\mu l [\ln(R_e / R_w) + S]}$$

dimana :

$$FD = 0,001127$$

Aliran fluida akan berkurang jika S positif, misalnya ada kerusakan reservoir di sekitar lubang sumur dan aliran fluida akan meningkat jika dilakukan stimulasi misalnya *acidizing*.

2.2. Laju Aliran *Pseudo Steady State* pada Sumur Vertikal

Kondisi *steady state* dimulai ketika gangguan tekanan yang dihasilkan oleh sumur yang berproduksi, sampai pada batas dari daerah pengurasan sumur. Dengan kata lain, ketika massa fluida terletak pada batas reservoir mulai bergerak menuju sumur produksi produksi kondisi *steady state* mulai terjadi. Pada aliran *pseudo steady state* dengan fluida ideal pada drainase area yang tertutup, tekanan reservoir dengan jari-jari r dari pusat sumur ditulis sebagai berikut :

$$p(r) = p_{wf} + \left(\frac{141,2 q \mu_o B_o}{k h} \right) \left[\ln(r/r_w) - 0,5(r/r_e)^2 \right]$$

dimana:

k = permeabilitas reservoir, md

h = ketebalan lapisan, ft

Substitusi $p = p_e$, tekanan pada batas pengurasan dengan $r = r_e$ dan persamaan laju aliran untuk sumur vertical pada pusat bidang pengurasan didapat :

$$q = \frac{kh(p_e - p_{wf})}{141,2\mu_o B_o [\ln(r_e / r_w) - 0,5]}$$

Persamaan pseudo-steady state berdasarkan tekanan reservoir rata-rata untuk sumur vertical yang ditempatkan tidak dipusat pada daerah pengurasan ditulis sebagai berikut :

$$q = \frac{kh(p_e - p_{wf})/(141,2\mu_o B_o)}{\ln\left(\sqrt{2,2458A/(C_A r_w^2)}\right) + s + s_m + Dq}$$

dimana :

s_m = faktor skin mekanis

s = faktor skin

Dq = turbulensi di sekitar lubang sumur

C_A = *shape factor*

2.3 Faktor Shape Untuk Sumur Vertikal

Selama aliran pseudo-steady state untuk sumur vertical terletak pada reservoir terbatas, tekanan sumur tidak berdimensi (p_{wD}) adalah sebagai berikut :

$$p_{wD} = 2\pi t_{DA} + \frac{1}{2} \ln(A / r_w^2) = \frac{1}{2} \ln(2,2458 / C_A)$$

dimana :

C_A = *shape factor*, tak berdimensi

t_{DA} = waktu, tak berdimensi

Persamaan di atas adalah pengembangan persamaan alir transient pada pseudo-steady state, dengan asumsi aliran single phase dan fluida compressible yang diproduksikan pada laju produksi konstan. Pada persamaan diatas, C_A adalah faktor geometric yang tergantung dari shape factor dan penempatan sumur.

3. Tekanan Alir Dari Reservoir ke Dasar Sumur

Pada tahun 1954 Gilbert menerbitkan sebuah rumus untuk digunakan sebagai panduan untuk menentukan prosedur uji coba dalam memilih ukuran bean yang cocok. Secara matematis rumus Gilbert dapat ditulis sebagai berikut :

$$TPH = \frac{435 R^{0,546} q}{S^{1,89}}$$

dimana:

TPH = Tubing head pressure, Psig

R = Gas liquid ratio, Mcf/Bbl

q = Laju produksi, Bbl/D

S = Diameter choke/bean, (/64)

Cotoh :

$^{\circ}\text{API} = 40$

Tubing head pressure = 400 psia

Choke size : 14/64 in

Gas liquid ratio = 1000 scf/bbl

Berapakah laju produksinya

Solusi :

$$TPH = \frac{435 R^{0,546} q}{S^{1,89}}$$

$$q = TPH \left(\frac{S^{1,89}}{435 R^{0,54}} \right)$$

$$q = TPH \left(\frac{14^{1,89}}{435 \left(\frac{1000}{1000} \right)^{0,54}} \right)$$

$$q = 135 \text{ bpd}$$

4. Istilah Cadangan MIGAS

4.1 Cadangan (reserves)

Cadangan (*reserves*) adalah perkiraan volume minyak, kondensat, gas alam, *natural gas liquids* dan substansi lain yang berkaitan yang secara komersial dapat diambil dari jumlah yang terakumulasi di reservoir dengan metode operasi yang ada dengan kondisi ekonomi dan atas dasar regulasi pemerintah saat itu. Perkiraan cadangan didasarkan atas interpretasi data geologi dan/atau *engineering* yang tersedia pada saat itu.

Cadangan biasanya direvisi begitu reservoir diproduksikan seiring bertambahnya data geologi dan/atau *engineering* yang diperoleh atau karena perubahan kondisi ekonomi.

Perhitungan cadangan melibatkan ketidakpastian yang tingkatnya sangat tergantung pada tersedianya jumlah data geologi dan *engineering* yang dapat dipercaya. Atas dasar ketersediaan data tersebut maka cadangan digolongkan menjadi dua, yaitu *proved reserves* dan *unproved reserves*. *Unproved reserves* memiliki tingkat ketidak pastian yang lebih besar dari *proved reserves* dan digolongkan menjadi *probable* atau *possible*.

4.1 PROVED RESERVES

Proved reserves dapat diperkirakan dengan cukup teliti untuk dapat diambil atas dasar kondisi ekonomi saat itu (*current economic conditions*). Kondisi ekonomi tersebut termasuk harga dan biaya pada saat dilakukan perkiraan (perhitungan) *reserves*. *Proved reserves* digolongkan menjadi *developed* atau *undeveloped*.

Pada umumnya *reserves* disebut *proved* jika kemampuan produksi reservoir secara komersial didukung oleh uji produksi (*production test*) atau uji lapisan (*formation test*). Terminologi *proved* merujuk pada volume *reserves* dan tidak pada produktifitas sumur atau reservoir semata. Pada kasus-kasus tertentu, *proved reserves* mungkin dapat dihitung berdasarkan analisa data log dan/atau data *core* yang menunjukkan bahwa kandungan reservoir adalah hidrokarbon dan memiliki kesamaan dengan reservoir di daerah yang sama yang sedang

diproduksi, atau telah dibuktikan dapat diproduksi saat dilakukan uji lapisan (*formation test*).

Luas reservoir yang dapat dikatakan *proved* meliputi (1) daerah yang dibatasi oleh sumur delineasi dan dibatasi oleh garis kontak fluida (*fluid contacts*), jika ada, dan (2) daerah yang belum dibor yang diyakini produktif secara komersial atas dasar data geologi dan *engineering* yang tersedia. Jika tidak ada *fluid contacts*, batas dari *proved reserves* adalah struktur yang telah diketahui mengandung

hidrokarbon terkecuali jika ada data *engineering* dan kinerja reservoir yang cukup definitif.

Dikatakan *proved reserves* jika memiliki fasilitas untuk melakukan proses dan transportasi hidrokarbon pada saat perkiraan cadangan, atau ada komitmen untuk memasang fasilitas tersebut nantinya.

Proved undeveloped reserves merujuk pada lokasi yang belum dibor dan memenuhi kriteria berikut :

- (1) lokasinya adalah *offset* dari sumur yang telah terbukti dapat berproduksi secara komersial pada formasi yang sama,
- (2) lokasinya di dalam batas-batas zona produktif yang telah dinyatakan sebagai *proved*,
- (3) lokasinya sesuai dengan regulasi saat itu tentang penetapan *well spacing*, jika ada, dan
- (4) perlu dipastikan bahwa lokasi tersebut akan dikembangkan (diproduksikan).

Di luar empat kriteria tersebut, lokasi yang belum dibor digolongkan *proved undeveloped* jika berdasarkan interpretasi data sumur-sumur yang ada menunjukkan bahwa formasi tersebut kontinyu secara lateral dan mengandung hidrakarbon yang dapat diambil secara komersial. Reserve yang dapat diproduksikan dengan menggunakan metode atau teknik *improved recovery* digolongkan sebagai *proved* apabila (1) ditunjukkan oleh keberhasilan *testing* dari proyek percontohan (*pilot project*) atau dari produksi atau dari respon tekanan dari metode tersebut yang dilakukan pada reservoir itu, atau di reservoir

yang berdekatan dengan sifat-sifat batuan dan fluida yang serupa mendukung analisa *engineering*, dan (2) proyek *improved recovery* tersebut pasti akan dilakukan.

Reserves yang akan diambil dengan *improved recovery methods* yang perlu melalui keberhasilan serangkaian tes digolongkan sebagai *proved* hanya (1) setelah produksi yang cukup baik dari reservoir itu, baik dari percontohan (*representative pilot*) maupun dari yang sudah terpasang (*installed program*), dan proyek *improved recovery* tersebut pasti akan dilakukan. *Proved reserves*, berdasarkan statusnya, digolongkan menjadi dua yaitu *developed* dan *undeveloped*. Penggolongan status *reserve* menetapkan status pengembangan dan produksi dari sumur dan/atau reservoir.

a. Developed

Developed reserves diyakini dapat diambil dari sumur yang ada (termasuk *reserves behind pipe*). *Improved recovery reserves* dikatakan *developed* hanya setelah peralatan untuk maksud itu dipasang, atau apabila biaya untuk pengadaan dan pemasangan peralatan tersebut sangat kecil. *Developed reserves* terbagi lagi menjadi *producing* dan *nonproducing*.

Producing

Producing reserves diperkirakan dapat diambil dari interval perforasi yang terbuka pada saat perhitungan *reserves*, dan sedang berproduksi. *Improved recovery reserves* dianggap *producing* hanya setelah beroperasi.

Nonproducing

Producing reserves meliputi *shut-in* dan *behind-pipe reserves*. *Shut-in reserves* diperkirakan dapat diambil dari interval perforasi yang terbuka pada saat perhitungan *reserves*, tetapi belum mulai produksi, atau ditutup karena kondisi pasar atau kondisi sambungan pipa, atau tidak dapat berproduksi karena alasan mekanik, dan waktu tentang kapan akan dijual masih belum pasti.

Behind-pipe reserves diperkirakan dapat diambil dari zona yang ditembus oleh sumur (*behind casing*) yang memerlukan kerja kompleks sebelum dimulai produksi.

b. Undeveloped

Undeveloped reserves diperkirakan dapat diambil :

1. dari sumur baru pada daerah yang belum dibor (*undrilled acreage*),
2. dari memperdalam sumur yang ada sehingga menembus reservoir yang berbeda, atau
3. jika diperlukan pembiayaan yang relatif besar untuk melakukan (a) kompleksi pada sumur yang ada atau (b) pemasangan fasilitas produksi dan transportasi.

4.2 UNPROVED RESERVES

Unproved reserve didasarkan pada data geologi dan/atau *engineering* seperti halnya yang digunakan untuk menentukan *proved reserves*; tetapi ketidakpastiannya secara teknik, ekonomi, kontrak dan regulasi lebih besar.

Perhitungan *unproved reserves* dapat dibuat untuk perencanaan internal atau evaluasi khusus. *Unproved reserves* tidak bisa ditambahkan dalam *proved reserves*. *Unproved reserves* dibagi lagi menjadi dua, yaitu : *probable* dan *possible*.

4.2.1 PROBABLE RESERVES

Probable reserves meliputi :

1. *reserve* yang diperkirakan menjadi *proved* jika dilakukan pemboran dimana data *subsurface* belum cukup untuk menyatakannya sebagai *proved*;
2. *reserve* dalam formasi yang produktif berdasarkan data log tetapi tidak memiliki data *core* atau tes lain yang definitive (seperti uji produksi atau uji lapisan) dan tidak serupa dengan reservoir yang *proved* atau berproduksi dalam daerah tersebut;
3. penambahan reserves (*incremental reserves*) karena adanya *infill drilling* tetapi saat itu belum disetujui tentang *well spacing* yang lebih kecil;
4. *reserve* akibat metode *improved recovery* yang telah dibuktikan dengan serangkaian tes yang berhasil selama perencanaan dan persiapan *pilot project* atau program tersebut, tetapi belum beroperasi sementara sifat

- batuan, fluida dan karakteristik reservoir mendukung keberhasilan aplikasi metode *improved recovery* secara komersial;
5. *reserve* dalam daerah suatu formasi yang telah terbukti produktif di daerah lain pada lapangan yang sama tetapi daerah tersebut dipisahkan oleh patahan dan interpretasi geologi menunjukkan bahwa daerah itu lebih tinggi dari daerah yang terbukti produktif;
 6. *reserve* karena adanya *workover*, *treatment*, *retreatment*, perubahan peralatan, atau prosedur mekanik lainnya dimana prosedur tersebut belum terbukti berhasil pada sumur-sumur yang memiliki sifat dan kelakuan yang sama di reservoir yang sama;
 7. penambahan *reserves* di *proved producing reservoir* dimana alternatif interpretasi tentang kinerja dan data volumetrik mengisyaratkan *reserves* yang lebih besar dari *reserves* yang telah digolongkan sebagai *proved*.

4.2.2 POSSIBLE RESERVES

Possible reserves meliputi :

1. *reserve* yang dibuat dengan ekstrapolasi struktur atau stratigrafi di luar dari daerah yang telah digolongkan sebagai *probable*, berdasarkan interpretasi geologi dan geofisik;
2. *reserve* dalam formasi yang produktif berdasarkan pada data log atau core tetapi produksinya dibawah produksi yang komersial;
3. penambahan *reserves* (*incremental reserves*) karena adanya *infill drilling* berdasarkan data yang secara teknik memiliki tingkat ketidakpastian tinggi;
4. *reserve* akibat metode *improved recovery* yang telah dibuktikan dengan serangkaian tes yang berhasil selama perencanaan dan persiapan *pilot project* atau program tersebut, tetapi belum beroperasi sementara sifat batuan, fluida dan karakteristik reservoir meragukan keberhasilan aplikasi metode *improved recovery* secara komersial;
5. *reserve* dalam daerah suatu formasi yang telah terbukti produktif di daerah lain pada lapangan yang sama tetapi daerah tersebut dipisahkan oleh patahan dan interpretasi geologi menunjukkan bahwa daerah itu lebih rendah dari daerah yang terbukti produktif;

Apabila telah terjadi produksi, maka cadangan terbukti sering disebut “*estimated remaining reserves*” atau cadangan terbukti yang tertinggal. Jumlah produksi dan cadangan terbukti yang tertinggal disebut “ *estimated ultimate recovery* ” atau cadangan ultimate, sedangkan jumlah total minyak didalam reservoir disebut sebagai “*Initial Oil In Place*” (IOIP), hanya sebagian IOIP yang bisa diproduksikan sehingga menjadi cadangan terbukti.

$$UR = N \times RF, \text{ untuk minyak}$$

$$UR = G \times RF, \text{ untuk gas}$$

dimana :

UR : *Estimated Ultimate Recovery* atau cadangan ultimate

IOIP = N : *Initial Oil In Place* atau Jumlah minyak didalam reservoir

IGIP=G : *Original Gas In Place (OGIP)* atau Jumlah gas didalam reservoir

RF : Recovery Factor adalah persentase dari IOIP yang dapat diproduksikan (RF = Cadangan Terbukti/IOIP)

Ultimate recovery tergantung pada mekanisme pendorong dari reservoir, mobilitas dari fluida reservoir, permeabilitas dan variasi permeabilitas, secara arah vertical dan luasan, inklinasi dan statigrafi lapisan, strategi dan metode dari pengembangan lapangan dan proses eksplorasi.

Untuk cadangan yang dapat diperoleh di permukaan, maka terlebih dahulu perlu diketahui faktor recovery (RF) yaitu perbandingan antara *recoverable reserve* dan *initial oil in place* (fraksi), dapat dituliskan dengan rumus :

$$RF = \frac{\text{recoverable reserve}}{\text{Initial oil in place}}$$

$$= \frac{\text{volume minyak awal} - \text{volume minyak sisa}}{\text{volume minyak awal}}$$

Atau :

untuk minyak

$$RF = \frac{UR}{IOIP}$$

untuk gas

$$RF = \frac{UR}{IGIP}$$

Sisa cadangan pada suatu waktu tertentu untuk suatu reservoir adalah pengambilan maksimum dikurangi produksi kumulatif hingga waktu tersebut, yaitu (Remaining Reserves):

Sisa Cadangan Minyak (Remaining Oil Reserves atau Oil Reserves saja):

$$RR = (UR - Np)$$

Sisa Cadangan Gas (Remaining Gas Reserves atau Gas Reserves):

$$RR = (UR - Gp)$$

Istilah cadangan mempunyai beberapa pengertian sebagai berikut :

- *Initial Oil in Place* (OIP), jumlah total minyak mula-mula yang terdapat di dalam suatu reservoir sebelum reservoir tersebut diproduksikan.
- *Recoverable Reserve* (RR), yaitu jumlah cadangan hidrokarbon yang mungkin dapat diproduksikan sesuai dengan teknologi pada saat itu.
- *Ultimate Recovery* (UR) yaitu jumlah hidrokarbon yang dapat diproduksikan sampai dengan batas ekonomisnya.
- *Initial Gas Inplace* (IGIP), yaitu jumlah gas mula-mula yang terdapat di dalam suatu reservoir sebelum reservoir itu diproduksikan.

- *Recovery factor* (RF), yaitu angka perbandingan antara hidrokarbon yang dapat diproduksikan dengan jumlah minyak mula-mula di dalam suatu tersevoir.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pebelajaran (Diskusi Kelompok, 2 JP)

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

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

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-001**.Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan mengamati gambar berikut ini.

Aktivitas Pembelajaran 1 (2 JP) Konsep Aliran Darcy

Saudara diminta untuk dapat memahami konsep aliran pada reservoir dan jabarkan persamaan laju alir fluida dalam media berpori berdasarkan

hukum darcy serta buatlah contoh perhitungannya. Lakukan pengisian pada **LK 002**.

Aktivitas Pembelajaran 2 (2 JP) Laju Aliran Gas

Setelah saudara menahami aktivitas pembelajaran 1, maka pada aktivitas pembelajaran 2 ini saudara jabarkan persamaan laju alir gas berdasarkan hukum darcy dan buatlah contoh soalnya. lakukan pengisian **LK 003**

Aktivitas Pembelajaran 3 (2 JP) Klasifikasi sistem aliran reservoir

Saudara diminta memahami klasifikasi sistem aliran reservoir dan Jelaskan pembagian waktu pada sistem aliran reservoir. Diskusikan dengan kelompok saudara dan lakukan pengisian di **LK 004**

Aktivitas Pembelajaran 4 (2 JP) Geometri Reservoir

Konfigurasi lubang bor menembus formasi serta geometri karakteristik reservoirnya menyebabkan pola aliran fluida yang terjadi di dalam reservoir berbeda-beda. Jelaskan mengapa pola aliran fluida di dalam reservoir dapat berbeda-beda dan gambarkan pola aliran fluida yang terjadi di dalam reservoir. Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK 005**

Aktivitas Pembelajaran 5 (2 JP) Gilbert Formula

Saudara di minta untuk dapat memahami persamaan *Gilbert* dan jelaskan bagaimana hubungan antara ukuran choke, tekanan dan laju produksi. Lakukan pengisian pada **LK 006**

E. Latihan/ Khasus/ Tugas

1. Faktor apa saja yang mempengaruhi fluida mengalir dari formasi ke lubang sumur?
2. Sebutkan asumsi yang digunakan untuk persamaan darcy!
3. Jika diketahui permeabilitas batuan sebesar 10 D, viskositas 10 cp, kedalaman lapisan 20 ft, jari-jari dan tekanan pengurasan 200 ft dan 1000

psia, jari-jari dan tekanan sumur 20 ft dan 800 psia. Berapakah laju alir minyak?

4. Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis fluida!
5. Berilah contoh fluida compressible dan slightlyly incompressible!
6. Gambarkan aliran-aliran yang ada di dalam reservoir!
7. Suatu sumur memiliki kondisi sebagai berikut:

$$^{\circ}\text{API} = 30$$

Tubing head pressure = 420 psia

Choke size : 18/64 in

Gas liquid ratio = 2 Mscf/bbl

Berapakah laju produksinya

8. Bagaimanakah luas area dapat dikatakan *proved*?
9. Apa sajakah yang meliputi *Probable reserves*?
10. Apa sajakah yang meliputi *Possible reserves*

F. Rangkuman

1. Adanya perbedaan tekanan di dasar sumur akan menyebabkan fluida yang berada dalam reservoir mengalir ke arah sumur
2. Fluida yang mengalir dari formasi ke lubang sumur, dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :
 - Sifat fisik dari formasi
 - Geometri sumur dan daerah pengurasan
 - Sifat fisik fluida yang mengalir
 - perbedaan tekanan antara formasi dengan lubang sumur saat terjadi aliran
3. Kondisi steady state dimulai ketika gangguan tekanan yang dihasilkan oleh sumur yang berproduksi, sampai pada batas dari daerah pengurasan sumur.
4. Kondisi steady state (kondisi mantap) terjadi jika tekanan disetiap titik di reservoir tidak berubah terhadap waktu

5. Cadangan digolongkan menjadi dua, yaitu *proved reserves* dan *unproved reserves*.
6. *Proved reserves* dapat diperkirakan dengan cukup teliti untuk dapat diambil atas dasar kondisi ekonomi saat itu (*current economic conditions*).
7. *Proved reserves* digolongkan menjadi *developed* atau *undeveloped*
8. *Unproved reserves* memiliki tingkat ketidakpastian yang lebih besar dari *proved reserved* dan digolongkan menjadi *probable* atau *possible*.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

1. Bagaimana cara saudara untuk meningkatkan kemampuan saudara tentang aliran fluida dalam reservoir? Jelaskan?

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

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

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

3. Saat saudara melakukan pengamatan tentang aliran fluida dalam reservoir apa saja yang bisa saudara lakukan agar saudara bisa lebih menguasai tentang aliran fluida? Dan bagaimana macam-macam geometri reservoir?

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

4. Berdasarkan yang saudara ketahui tentang istilah cadangan reservoir, bagaimana cara membeda istilah cadangan tersebut?

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

5. Bagaimana cara menentukan presentase dari IOIP yang dapat diproduksikan ?

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

H. Kunci Jawaban

1. Fluida yang mengalir dari formasi ke lubang sumur, dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

- Sifat fisik dari formasi
- Geometri sumur dan daerah pengurasan
- Sifat fisik fluida yang mengalir
- perbedaan tekanan antara formasi dengan lubang sumur saat terjadi aliran

2. Asumsi yang digunakan untuk persamaan diatas adalah:

- Kondisi aliran steady state
- Ruang pori batuan 100 % disaturasi oleh fluida yang mengalir
- Viscositas dari fluida yang mengalir adalah tetap
- Kondisi Isothermal
- Alirannya horizontal dan linier

$$3. q = \frac{7,082 \times 10 \times 20 (1000 - 800)}{10 \ln(\frac{200}{20})} = 12303 \text{ bbl/ hari}$$

4. Jenis fluida

- Incompressible

Incompressible fluid diartikan sebagai fluida yang tidak mengalami perubahan volume atau densitas terhadap perubahan tekanan.

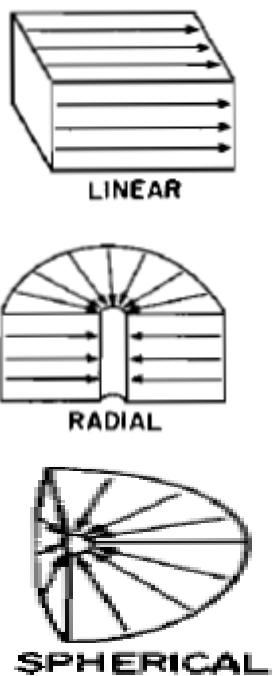
- Slightly compressible

Slightly compressible fluid diartikan sebagai fluida yang mengalami sedikit perubahan volume atau densitas terhadap perubahan tekanan. Minyak dan air termasuk dalam kategori slightly compressible fluid.

- Compressible

Compressible fluid diartikan sebagai fluida yang mengalami perubahan volume atau densitas yang besar jika terjadi perubahan tekanan

5. Gas tergolong fluida **compressible** sedangkan **minyak dan air**, umumnya adalah **slightly incompressible**
6. Gambar aliran



$$7. q = P_{wf} \left(\frac{S^{1,89}}{435 GLR^{0,54}} \right)$$

$$q = 420 \left(\frac{18^{1,89}}{435 (2)^{0,54}} \right)$$

$$q = 124,77 \text{ bpd}$$

8. Luas reservoir yang dapat dikatakan *proved* meliputi
 - a. daerah yang dibatasi oleh sumur delineasi dan dibatasi oleh garis kontak fluida (*fluid contacts*), jika ada, dan
 - b. daerah yang belum dibor yang diyakini produktif secara komersial atas dasar data geologi dan *engineering* yang tersedia. Jika tidak ada *fluid contacts*, batas dari *proved reserves* adalah struktur yang telah diketahui mengandung

9. *Probable reserves* meliputi :

- *reserve* yang diperkirakan menjadi *proved* jika dilakukan pemboran dimana data *subsurface* belum cukup untuk menyatakannya sebagai *proved*;
- *reserve* dalam formasi yang produktif berdasarkan data log tetapi tidak memiliki data *core* atau tes lain yang definitive (seperti uji produksi atau uji lapisan) dan tidak serupa dengan reservoir yang *proved* atau berproduksi dalam daerah tersebut;
- penambahan *reserves* (*incremental reserves*) karena adanya *infill drilling* tetapi saat itu belum disetujui tentang *well spacing* yang lebih kecil;
- *reserve* akibat metode *improved recovery* yang telah dibuktikan dengan serangkaian tes yang berhasil selama perencanaan dan persiapan *pilot project* atau program tersebut, tetapi belum beroperasi sementara sifat batuan, fluida dan karakteristik reservoir mendukung keberhasilan aplikasi metode *improved recovery* secara komersial;
- *reserve* dalam daerah suatu formasi yang telah terbukti produktif di daerah lain pada lapangan yang sama tetapi daerah tersebut dipisahkan oleh patahan dan interpretasi geologi menunjukkan bahwa daerah itu lebih tinggi dari daerah yang terbukti produktif;
- *reserve* karena adanya *workover*, *treatment*, *retreatment*, perubahan peralatan, atau prosedur mekanik lainnya dimana prosedur tersebut belum terbukti berhasil pada sumur-sumur yang memiliki sifat dan kelakuan yang sama di reservoir yang sama;
- penambahan *reserves* di *proved producing reservoir* dimana alternatif interpretasi tentang kinerja dan data volumetrik mengisyaratkan *reserves* yang lebih besar dari *reserves* yang telah digolongkan sebagai *proved*

10. *Possible reserves* meliputi :

- *reserve* yang dibuat dengan ekstrapolasi struktur atau stratigrafi di luar dari daerah yang telah digolongkan sebagai *probable*, berdasarkan interpretasi geologi dan geofisik;
- *reserve* dalam formasi yang produktif berdasarkan pada data log atau core tetapi produksinya dibawah produksi yang komersial;
- penambahan *reserves* (*incremental reserves*) karena adanya *infill drilling* berdasarkan data yang secara teknik memiliki tingkat ketidakpastian tinggi;
- *reserve* akibat metode *improved recovery* yang telah dibuktikan dengan serangkaian tes yang berhasil selama perencanaan dan persiapan *pilot project* atau program tersebut, tetapi belum beroperasi sementara sifat batuan, fluida dan karakteristik reservoir meragukan keberhasilan aplikasi metode *improved recovery* secara komersial;
- *reserve* dalam daerah suatu formasi yang telah terbukti produktif di daerah lain pada lapangan yang sama tetapi daerah tersebut dipisahkan oleh patahan dan interpretasi geologi menunjukkan bahwa daerah itu lebih rendah dari daerah yang terbukti produktif;

Lembar Kerja KB 2

LK 001

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari aliran fluida dalam reservoir dan istilah cadangan migas ? Sebutkan!

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

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini?Jelaskan!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

LK 002

1. Jabarkan persamaan laju alir fluida dalam media berpori berdasarkan hukum darcy serta buatlah contoh perhitungannya:

LK 003

1. Jabarkan persamaan laju alir gas berdasarkan hukum darcy dan buatlah contoh soalnya:

LK 004

1. Jelaskan pembagian waktu pada sistem aliran reservoir

LK 005

1. Jelaskan mengapa pola aliran fluida di dalam reservoir dapat berbeda-beda dan gambarkan pola aliran fluida yang terjadi di dalam reservoir

LK 006

1. Jelaskan bagaimana hubungan antara ukuran choke, tekanan dan laju produksi.....

KEGIATAN BELAJAR KB-2

METODA PENGUKURAN CADANGAN MIGAS

A. Tujuan

Setelah mengikuti pembelajaran kegiatan belajar KB-2 para peserta diklat diharapkan dapat menerapkan metode pengukuran cadangan migas.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Peserta diklat diharapkan mampu Menerapkan metode material balance
2. Peserta diklat diharapkan mampu menerapkan metode decline curve
3. Peserta diklat diharapkan mampu menerapkan metode volumetris
4. Peserta diklat diharapkan mampu menerapkan metode piramid

C. Uraian Materi

1. Metode Material Balance

Tiga teknik yang umum digunakan untuk menghitung cadangan minyak dan gas yaitu analogi, volumetris dan reservoir (*reservoir performance*). Yang dimaksud dengan kinerja reservoir (*reservoir performance*) adalah gambaran karakter/perilaku reservoir ketika memproduksikan fluida (minyak-air-gas).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk maksud tersebut adalah metode material balance. Material balance digunakan untuk memperkirakan besarnya cadangan reservoir pada suatu lapangan minyak atau gas yang telah dikembangkan, dimana data-data produksi yang diperoleh sudah cukup banyak.

Asumsi yang digunakan dalam konsep material balance adalah :

1. Reservoir merupakan satu kesatuan, sehingga perhitungan tidak tergantung pada jumlah sumur produksi.
2. Proses produksi dianggap proses isothermal.
3. Kestimbangan antara semua fasa adalah sempurna.

4. Hubungan antara tekanan dan volume tidak tergantung pada masing-masing fluida reservoir.

Prinsip dari metode ini didasarkan atas kesetimbangan volume antara produksi kumulatif dengan pengembangan fluida reservoir sebagai akibat adanya penurunan tekanan, dan secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Ekspansi} + \text{influx withdrawal}$$

Keterangan :

- a. Ekspansi adalah pengembangan volume minyak, gas dan air conat di dalam reservoir.
- b. Influx adalah volume air yang merembes atau masuk kedalam zona minyak.
- c. Withdrawal adalah minya, gas atau air yang diproduksikan.

Persamaan matrial balance untuk suatu reservoir yang mempunyai gas cap mula-mula dan bertenaga mendorong air dapat dinyatakan :

$$\begin{aligned} & \left[\begin{array}{l} \text{Pengembangan} \\ \text{Zona Minyak} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{Pengembangan} \\ \text{Gas Cap} \end{array} \right] + [\text{WaterInflux}] = \\ & \left[\begin{array}{l} \text{Produksi Minyak} \\ \text{Kumulatif} \end{array} \right] \left[\begin{array}{l} \text{Produksi} \\ \text{gas kumulatif} \end{array} \right] \left[\begin{array}{l} \text{produksi} \\ \text{air kumulatif} \end{array} \right] \end{aligned}$$

$$N_i(B_t - B_{ti}) + \frac{N_i m B_{ti} (B_g - B_{gi})}{B_{gi}} + W_e = N_p B_t + N_p (R_p - R_{si}) B_g + B_w W_p$$

Dengan mengetahui data produksi, data PVT, ukuran tudung gas dan water influx, maka secara matematis persamaan matrial balance dapat ditulis sebagai berikut:

$$N = \frac{N_p (B_t + (R_p - R_s) B_g - (W_e - W_p B_w))}{B_t - B_{ti} + \left(\frac{m B_{ti}}{B_{gi}} \right) (B_g - B_{gi})}$$

Dimana :

Bt = faktor volume formasi dua fasa, BBL/STB

(subskrip I menyatakan keadaan mula-mula)

N = banya cadangan minyak dalam reservoir, STB

Np = produksi kumulatif minyak, DTB

Rp = Gp/Np

Rsi = kelarutan gas dalam minyak mula, SCF/STB

Rs = kelarutan gas dalam minyak, SCF/STB

Bo = faktor volume formasi minyak, BBL/STB

Boi = faktor volume minyak mula-mula, BBL/STB

Bg = faktor volume formasi gas, Cuft/STB

Bgi = faktor volume formasi gas mula-mula, Cuft/STB

Bt = Faktor volume formasi total (2 fasa), BBL/STB

= Bo +(Rsi-Rs) Bg

m = Perbandingan volume gas cap dengan volume minyak reservoir awal

We = water influx kumulatif, BBL

Wp = Produksi air kumulatif, STB

a. Untuk Depletion Drive Reservoir

Untuk reservoir dengan kondisi seperti ini harga m, We, dan Wp adalah nol, sehingga persamaan menjadi

$$N = \frac{N_p (B_t + (R_p - R_{si}) B_g)}{B_t - B_{ti}}$$

Untuk kondisi tekanan di atas tekanan gelembung harga $R_p = R_{si}$ karena tidak ada gas bebas yang mengalir sehingga akan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{N_{ps}}{N} = \frac{B_t - B_{ti}}{B_t}$$

Karena tekanan reservoir diatas tekanan gelembung, maka berlaku $B_t = B_o =$, sehingga akan diperoleh :

$$\frac{N_{ps}}{N} = \frac{B_o - B_{oi}}{B_o}$$

Keterangan :

N_{ps} : produksi minyak kumulatif pada kondisi tekanan diatas tekanan gelembung, STB

Untuk kondisi tekanan gelembung akan berlaku persamaan sebagai berikut :

$$N = \frac{N_p (B_o + (R_p - R_s) B_g)}{B_t - B_{ti}}$$

b. Untuk Gas Cap Drive Reservoir

Pada kondisi ini reservoir ditempati oleh sejumlah gas dibagian atas (gas cap) dan sejumlah minyak dibagian bawah, sehingga harga m tidak sama dengan nol. Karena harga W_e dan W_p kecil sehingga dapat diabaikan dan selanjutnya persamaan material balance untuk reservoir ini adalah :

$$N = \frac{N_p (B_t + R_p - R_{si}) B_g }{B_t - B_{ti} + \left(\frac{m B_{ti}}{B_{gi}} \right) (B_g - B_{gi})}$$

c. Untuk Water Drive Reservoir

Untuk kondisi tanpa tudung gas bebas awal harga $m = 0$, maka persamaannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$N = \frac{N_p (B_t + (R_p - R_{si})B_g - (W_e - W_p B_w))}{B_t - B_{ti}}$$

Dengan kondisi ada Gas Cap

$$N = \frac{N_p (B_t + (R_p - R_{si})B_g - (W_e - W_p B_w))}{B_t - B_{ti} + \left(m \frac{B_{ti}}{B_{gi}}\right)(B_g - B_{gi})}$$

Contoh Soal :

Diperoleh data sebagai berikut :

N_p : 20 MMstb

B_t : 8,3967 cu ft /stb

B_{ti} : 7,5241 cu ft/stb

B_g : 0,008489 cu ft/scf

B_{gi} : 0,006266 cu ft/scf

R_p : 700 scf/stb

R_{si} : 562 sct/stb

W_e : 65,02 cu ft

$W_p B_w$: 6,06 MM res cu ft

m : 0,175

Pertanyaan :

Berapakah cadangan minyak mula-mula?

$$N = \frac{20 \times 10^6 (8,3967 + (700 - 562)0,008489 - (65,02 - 6,06) \times 10^6)}{8,3967 - 7,5241 + \left(0,175 \frac{7,5241}{0,006266}\right)(0,008489 - 0,006266)}$$

$$N = 98,97 \text{ MMstb}$$

d. Untuk *Combination Drive Reservoir*

Persamaan material balance untuk reservoir ini tergantung pada kombinasi mekanisme pendorong yang ada. Jenis mekanisme pendorong yang ada pada combination drive reservoir ini adalah :

- Kombinasi water drive yang lemah dengan solution gas drive tanpa adanya tudung gas awal, maka persamaannya adalah :

$$\frac{N_p}{N} = \frac{B_o - B_{oi}}{B_o} + \frac{W_e - W_p}{N B_o} N = \frac{N_p \times B_o}{(B_o - B_{oi}) + (W_e - W_p)}$$

Untuk persamaan ini berlaku pada kondisi tekanan reservoir di atas tekanan gelembung, sedangkan untuk kondisi tekanan reservoir di bawah tekanan gelembung, maka persamaanya menjadi :

$$N = \frac{N_p B_o + N_p (R_p - R_s) B_g - (W_e - W_p)}{B_t - B_{ti}}$$

- Kondisi gas cap dan water drive

$$N = \frac{N_p R_p B_g - (W_e - W_p) + N_p (B_{oi} - B_g R_s)}{B_t - B_{ti} + \left(\frac{m B_{oi}}{B_{gi}}\right) (B_g - B_{gi})}$$

Dimana :

$$N(B_o - B_{oi}) = \text{Ekspansi minyak awal}$$

$$N(R_s - R_{si})B_g = \text{Ekspansi gas terbebaskan}$$

$$m B_{oi} \left(\frac{B_g - B_{gi}}{B_{gi}} \right) = \text{Ekspansi dari gas cap}$$

$$W_e B_w = \text{water influx, RB}$$

2. Penggunaan Persamaan Material Balance Garis Lurus Untuk Penentuan Jenis Tenaga Dorong Dan STOIP

Metode material balance dapat digunakan untuk menentukan jenis tenaga dorong alamiah yang bekerja pada suatu reservoir dan sekaligus menentukan jumlah STOIPnya, yaitu dengan cara menata persamaan material balance tersebut sedemikian sehingga menjadi suatu persamaan garis lurus yang terkait dengan jenis tenaga dorongnya. Untuk jelasnya ikuti penjelasan di bawah ini.

Rumus umum material balance :

$$Np[Bo + (Rp - Rs)Bg] = N(Bt - Bti) + mNBoi\left(\frac{Bg}{Bgi} - 1\right) + We - BwWp$$

$$Np[Bo + (Rp - Rs)Bg] + BwWp = N(Bt - Bti) + mNBoi\left(\frac{Bg}{Bgi} - 1\right) + We$$

$$F = NE_o + MNE_g + We$$

Keterangan :

N = isi minyak awal

Np = produksi kumulatif minyak

Rp = Gp/Np

We = kumulatif perembesan air

M = ukuran tudung gas

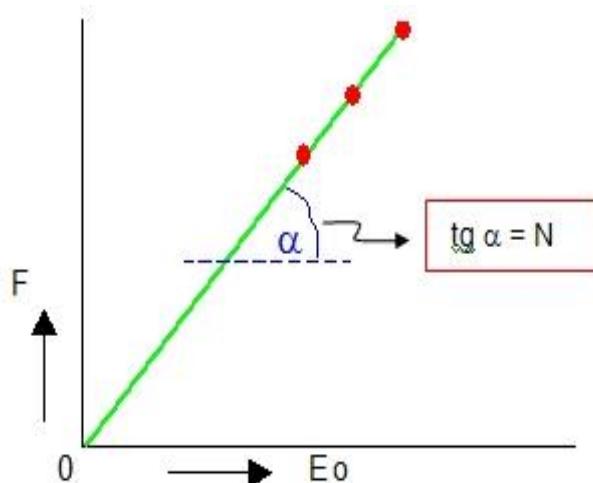
- b. Untuk solution gas drive atau depletion gas drive reservoir berlaku rumus garis lurus sebagai berikut :

$$F = NE_o$$

→ Plot F vs E_o

Kurva yang terbentuk merupakan garis

Lurus yang melewati titik O (0,0)



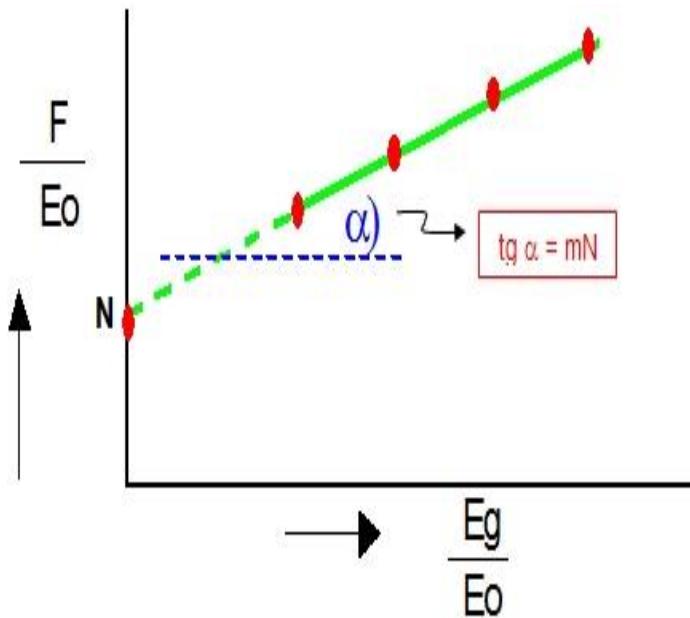
- c. Reservoir berdaya dorong gas cap drive (mempunyai tudung gas awal) tanpa water drive persamaan garis lurus yang terkait adalah :

$F = NE_o + mNE_g$, sehingga persamaan garis lurus yang terkait adalah sebagai berikut :

$$\frac{F}{E_o} = N + mN \frac{E_g}{E_o}$$

→ PLOT $\frac{F}{E_o}$ vs $\frac{E_g}{E_o}$ → GARIS LURUS

Yaitu pada grafik di mana F/E_o sebagai sumbu Y Dan E_g/E_o sebagai sumbu X



- d. Reservoir water drive active tanpa gas cap drive persamaan garis lurus yang terkait adalah :

$$W_e = B \sum \Delta P Q_t \quad (\text{HURST & VAN EVERDINGEN})$$

$$F = NE_o + B \sum \Delta P Q_t \quad \text{sehingga garis lurus yang terkait adalah}$$

$$\boxed{\frac{F}{E_o} = N + \frac{B \sum \Delta P Q_t}{E_o}}$$

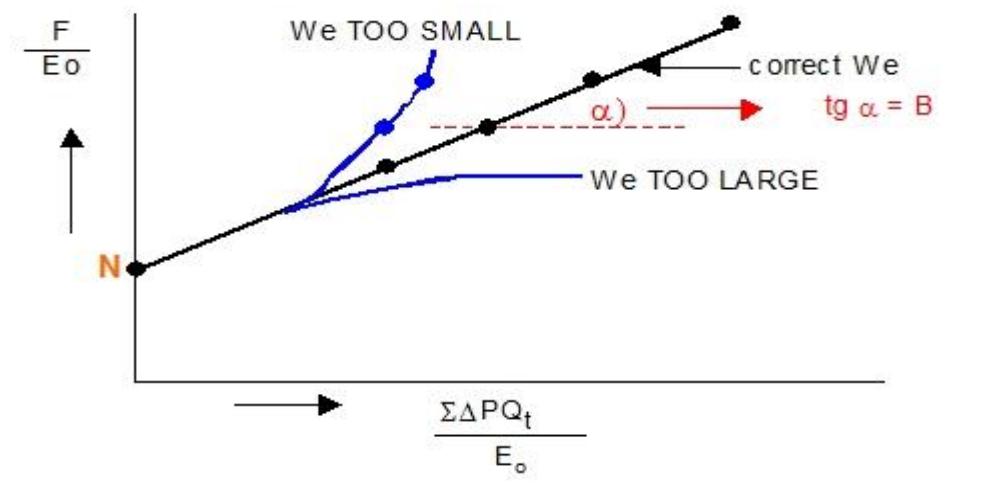
PLOT $\frac{F}{E_o}$ VS $\frac{B \sum \Delta P Q_t}{E_o}$ → GARIS LURUS

Yaitu pada grafik di mana F/E_o sebagai sumbu Y dan

$$\frac{B \sum \Delta P Q_t}{E_o} \text{ sebagai sumbu X}$$

Dari kurva garis lurus yang terbentuk, maka STOIP N adalah perpotongan garis lurus tersebut dengan sumbu Y (sumbu F/E_0), sedangkan sudut kemiringan garis lurus tersebut ($\tan \alpha$) adalah = B yaitu = kontanta water influx.

Walaupun suatu reservoir telah mempunyai data produksi, namun karena besarnya We tetap merupakan sesuatu angka kira-kira yang diperoleh dari estimasi perhitungan saja, maka bisa terjadi bahwa estimasi We terlalu kecil atau terlalu besar sehingga plot yang terbentuk tidak membentuk garis lurus. Hal ini bisa berakibat kita keliru menentukan jenis drive mechanism yang bekerja pada reservoir yang kita kaji.

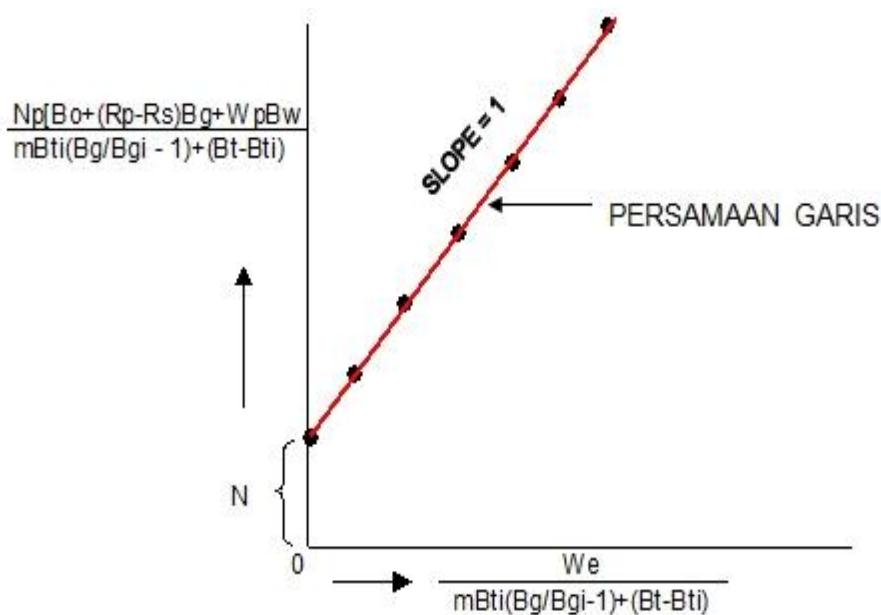


- e. Reservoir dengan combination drive persamaan garis lurus yang terkait adalah

$$Np[Bo + (Rp - Rs)Bg] = N(Bt - Bti) + NmBti\left(\frac{Bg}{Bgi} - 1\right) + (We - BwWp)$$

$\frac{Np[Bo + (Rp - Rs)Bg] + WpBw}{mBti\left(\frac{Bg}{Bgi} - 1\right) + (Bt - Bti)} = N + \frac{We}{mBti\left(\frac{Bg}{Bgi} - 1\right) + (Bt - Bti)}$	Y X
--	------------

Apabila diperhatikan persamaan material balance tersebut diatas adalah merupakan persamaan garis lurus $Y = N + aX$, di mana N adalah suatu konstanta, karena angka STOIP N merupakan angka yang tetap (konstant). Dan a adalah sudut kemiringan garis lurus tersebut yang dalam hal ini $a = 1$, yang berarti sudut kemiringan = 45° .



Persamaan garis lurus tersebut diatas terkenal dengan persamaan HAVLENA & ODEH.

Persamaan tersebut dapat digunakan sebagai berikut :

- Dapat digunakan untuk menghitung STOIP N .
- Kurang akurat pada reservoir yang water drivenya terlalu aktif.
- Dapat dikombinasikan dengan persamaan unsteady state water influx dari HURST & VAN EVERDINGEN sebagai berikut :

$$We = B \sum \Delta p Q_{(t)} \rightarrow SUMBU X = \frac{\sum \Delta p Q_{(t)}}{m B t i \left(\frac{B g}{B g i} - 1 \right) + (B t - B t i)}$$

$$SLOPE = \tan \alpha = \tan 45^\circ = 1$$

- APABILA $\sum \Delta p Q_{(t)}$ TERLALU KECIL \longrightarrow GARIS MELENGKUNG KEATAS
 - APABILA $\sum \Delta p Q_{(t)}$ TERLALU BESAR \longrightarrow GARIS MELENGKUNG KEBAWAH
- (PENELITIAN HAVLENA & ODEH)

METODE MATERIAL BALANCE UNTUK RESERVOIR GAS

Yang dimaksud dengan reservoir gas disini adalah reservoir yang hanya berisi gas saja tanpa berasosiasi dengan minyak (non associated gas reservoir),

Reservoir gas paling banyak hanya mempunyai dua tenaga dorong alamiah, yaitu tenaga dorong dari gas itu sendiri (depletion gas drive) dan tenaga dorong air (water drive).

Untuk meramalkan kinerja reservoir gas dapat juga digunakan metode material balance, namun tentu saja rumus yang digunakan berbeda dengan rumus untuk reservoir minyak.

Rumus umum material balance untuk reservoir gas, yaitu apabila reservoir tersebut berdaya dorong gabungan depletion gas drive dan water drive, dapat diturunkan melalui dua cara, yaitu melalui rumus umum material balance untuk reservoir minyak atau dengan cara langsung menganalisa reservoir gas itu sendiri, sebagai berikut :

1. Diturunkan dari rumus MB untuk Reservoir Minyak :

$$Np(Bo + (rp - Rs)Bg) = NmBti \left(\frac{Bg}{Bgi} - 1 \right) + N(bt - Bti) + (We - BwWp)$$

$$\underbrace{NpBo}_0 + \underbrace{NpRp}_{Gp} \underbrace{Bg}_0 - \underbrace{NpRsBg}_0 = \underbrace{NmBti}_{GBgi} \left(\frac{Bg}{Bgi} - 1 \right) + \underbrace{N(bt - Bti)}_0 + \underbrace{(We - BwWp)}_{(We - BwWp)}$$

$$\left(\frac{Bg}{Bgi} - 1 \right)$$

$$GpBg = GBgi \left(\frac{Bg}{Bgi} - 1 \right) + (We - BwWp)$$

$$GpBg = G(Bg - Bgi) + (We - BwWp)$$

$$Gp = \frac{G}{Bg} (Bg - Bgi) + (We - BwWp)$$

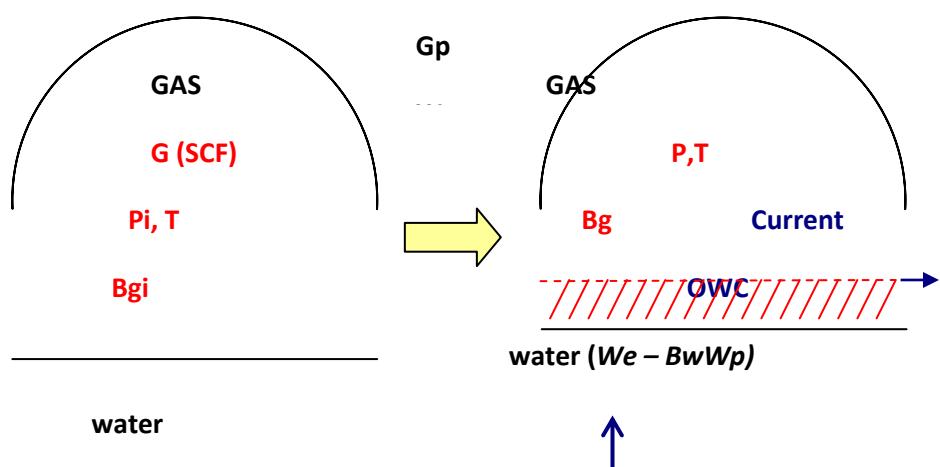
$$Gp = G \left(1 - \frac{Bgi}{Bg} \right) + \frac{(We - BwWp)}{Bg}$$



Rumus umum Material Balance untuk Reservoir Gas :

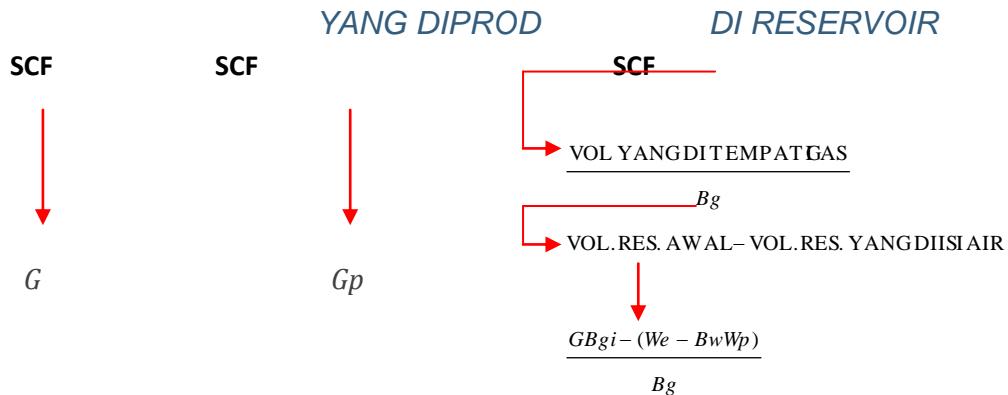
Res gas tersebut mempunyai tenaga dorong : DEPLETION GAS DRIVE + WATER DRIVE

Diturunkan dengan menganalisa reservoir gas itu sendiri :



KESETIMBANGAN VOL GAS

$$\text{VOL GAS AWAL} = \text{VOL GAS} + \text{VOL GAS YANG TERSISA}$$



$$G = G_p + \frac{GBgi - (We - BwWp)}{B_g}$$

$$G_p = G \left(1 - \frac{Bgi}{B_g} \right) + \frac{(We - BwWp)}{B_g}$$

PERSAMAAN UMUM MATERIAL BALANCE UNTUK RES. GAS

(DENGAN TENAGA DORONG DEPLETION GAS DRIVE + WATER DRIVE)

APABILA RES. GAS TIDAK WATER DRIVE NAMUN HANYA DEPLETION GAS

$$\frac{(We - BwWp)}{(B_g - Bgi)} = 0$$

→

$$G_p = G \left(1 - \frac{Bgi}{B_g} \right)$$

DRIVE, DARI PERSAMAAN MB :

VOL GAS AWAL = VOL GAS YG DI PRODUKSIKAN + VOL GAS YG TERSISA DI RESERVOIR

GAS YANG PROD GAS YANG RESERVOIR

$$G = G_p + \frac{GBgi}{Bg}$$

$$G_p = G \left(1 - \frac{Bgi}{Bg} \right)$$

NO WATER DRIVE
(TIDAK ADA TENAGA DORONG AIR)

Metode Decline Curve

Sejarah kinerja produksi suatu sumur atau reservoir atau bahkan suatu struktur dapat dianalisa untuk meramalkan produksi masa datang dan menentukan jumlah maksimum minyak atau gas yang akan dihasilkan dari sumur atau reservoir atau struktur tersebut. Cara ini disebut ANALISA PENURUNAN PRODUKSI (DECLINE CURVE ANAYSES).

Metode *decline curve* merupakan salah satu metode untuk memperkirakan besarnya cadangan minyak berdasarkan data-data produksi setelah selang waktu tertentu.

Membuat perkiraan cadangan minyak atau gas berdasarkan kurva penurunan laju produksi (*Decline Curve*).

3.1 Metode

Memilih penurunan laju produksi yang sesuai dari tiga jenis penurunan :

- a. Penurunan Eksponensial, apabila hasil plot log laju produksi terhadap waktu atau plot log laju produksi terhadap produksi kumulatif cenderung garis lurus.

- b. Penurunan Harmonik, hasil plot log laju produksi terhadap produksi kumulatif cenderung lurus.
- c. Penurunan Hiperbolik, apabila hasil plot antara log laju produksi terhadap waktu dan log laju produksi terhadap produksi kumulatif tidak merupakan garis lurus; tetapi dengan menggunakan prinsip pergeseran sumbu plot log q terhadap log t cenderung lurus.

3.2 Persyaratan

Sejarah produksi harus mencerminkan produktivitas formasi atau karakteristik reservoir tidak terpengaruh oleh faktor-faktor :

- perubahan kondisi operasi produksi
- kerusakan sumur (*damage*)
- kegagalan atau kerusakan peralatan dan sebagainya

3.3 langkah kerja

3.3.1 PENURUNAN EKSPONENSIAL q vs Np

1. Siapkan data sebagai berikut :
 - Tabel q_o terhadap N_p atau q_g terhadap G_p
 - Laju batas ekonomik (q_a)
2. Plot q_o terhadap N_p atau q_g terhadap G_p pada kertas grafik kartesian.
3. Buat garis lurus melalui titik-titik data pada butir 2.
4. Harga cadangan (N_p atau G_p) dibaca pada ekstrapolasi garis lurus sampai q_a .

Contoh soal :

1. Data produksi gas suatu reservoir adalah sebagai berikut :

q_g (MMSCF/hari)	G_g (MMSCF)
200	10

210	20
190	30
193	60
170	100
155	150
130	190
123	220
115	230
110	240
115	250

q_a (laju batas ekonomik) untuk reservoir ini 40 MMSCF/hari. Perkirakan cadangan gas.

Penyelesaian :

Plot data laju produksi (q) terhadap produksi kumulatif (G_p) Garis lurus dibuat melalui titik-titik (q, G_p). Berdasarkan $q_a = 40$ MMSCF/hari, diperoleh $G = 410$ MMSCF.

3.3.2 PENURUNAN EKSPONENSIAL Log q vs N_p

1. Siapkan data sebagai berikut :
 - Tabel q_g terhadap t atau q_o terhadap t
 - Laju batas ekonomik (q_a)
2. Plot q_g atau q_o terhadap t pada kertas grafik semilog dengan q_g atau q_o pada skala log.
3. Buat garis lurus melalui titik-titik data pada butir 2.
4. Hitung harga D dari persamaan :

$$q_1 = q_i e^{-Dt}$$

dimana q_1 dan q_i dibaca pada garis lurus yang dibuat.

5. Hitung cadangan dari persamaan :

$$N_p \text{ atau } G_p = \frac{q_i - q_a}{D}$$

3.3.3 METODE HARMONIK

1. Siapkan data sebagai berikut :
 - Tabel q_o terhadap N_p atau q_g terhadap G_p
 - Laju batas ekonomik (q_a)
2. Plot q_o terhadap N_p atau q_g terhadap G_p pada kertas grafik semilog (q pada skala logaritmik).
3. Buat garis lurus melalui titik-titik data pada butir (2).
4. Harga cadangan (N_p atau G_p) dibaca pada ekstrapolasi garis lurus sampai q_a .

3.3.4 METODE HIPERBOLIK

3.3.4.1 Cara Gentry

1. Siapkan data sebagai berikut :
 - Tabel q_o , N_p terhadap t , atau q_g , G_p terhadap t .
 - Laju batas ekonomik (q_a).
2. Plot q_o atau q_g terhadap t pada kertas semilog (q pada skala log), dan q_g atau q_o terhadap G_p atau N_p pada kertas semilog (q pada skala log). Analisa dengan penurunan hiperbolik berlaku apabila kedua plot di atas tidak membentuk garis lurus.
3. Tentukan harga b dari harga q_i/q dan $\Delta G_p/t$ q_i . q_i dan q dibaca pada kurva yang telah diperhalus melalui titik-titik data pada kedua plot di atas.
4. Tentukan harga D_i berdasarkan harga q_i/q dan b .
5. Harga cadangan gas dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$G_p = \frac{q_i}{(1-b)D_i} \left[1 - \left(\frac{q_a}{q_i} \right)^{(1-b)} \right]$$

3.3.4.2. Cara Pergeseran Sumbu (Shifting)

1. Siapkan data sebagai berikut :
 - Tabel q_o atau q_g terhadap t .
 - Laju batas ekonomik (q_a).
2. Plot q_o atau q_g terhadap t pada kertas semilog (q pada skala log). Gambarkan kurva yang menerus (smooth) melalui titik data tersebut.
3. Pilih dua titik pada kurva, (q_1, t_1) dan (q_2, t_2) . Kedua titik tersebut dipilih di dekat kedua ujung kurva.
4. Tentukan titik (q_3, t_3) dengan rumus :

$$q_3 = (q_1 q_2)^{0.5}$$

5. Tentukan besarnya konstanta pergeseran (C) :

$$C = \frac{t_1 t_2 - t_3^2}{t_1 + t_2 - 2t_3} = \frac{1}{b D_i}$$

6. Geser data pada kertas grafik log-log dengan menambahkan $- C$ terhadap t . Plot q_o atau q_g terhadap $(l + b D_i t)$ pada kertas log-log. Tarik garis lurus melalui titik-titik tersebut.
7. Pilih dua titik pada garis lurus (langkah 6).
8. Tentukan q_i , b dan D_i dari persamaan :

$$\log q = \log q_i - \frac{1}{b} \log(1 + b D_i t)$$

9. Hitung cadangan gas dengan persamaan :

$$\frac{q_i}{(1-b)D_i} \left[1 - \left(\frac{q_a}{q_i} \right)^{1-b} \right]$$

4. Metode Volumetris

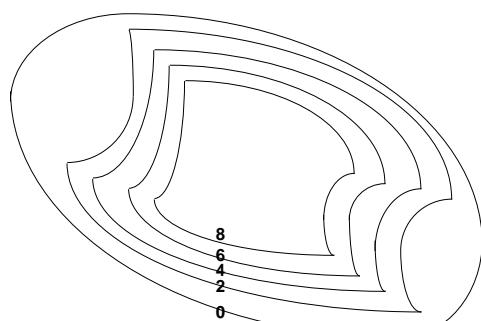
Pada saat pemboran eksplorasi menemukan minyak dan atau gas di suatu struktur /reservoir, maka salah satu hal yang segera ingin diketahui adalah

seberapa besar akumulasi minyak dan atau gas yang terkandung di dalamnya. Cara perhitungan yang bisa dilakukan, walaupun dengan ketersediaan data yang saat itu tentu masih amat terbatas, adalah dengan Metode Volumetris. Perhitungan volumetris, sesuai dengan namanya, terutama membutuhkan peta reservoir, atau yang biasa dikenal dengan sebutan Peta Cadangan atau Reserve Map, yaitu untuk dihitung volumenya.

Peta ini adalah peta bawah tanah yang menggambarkan bentuk akumulasi minyak atau gasnya, yang meliputi luas akumulasi dan penyebaran ketebalan lapisan minyak dan gas. Dengan bantuan peta tersebut maka volume batuan yang mengandung minyak atau gas ($\text{bulk volume} = V_b$) dapat dihitung, yaitu dengan menggunakan alat yang disebut **planimeter**.

Peta tersebut dibuat atas dasar peta struktur atau peta geologi bawah permukaan (subsurface map). Peta struktur memuat garis-garis kontur, isopach, serta batas-batas daerah minyak dan gas, misalnya adanya patahan, shale out, batas minyak-air atau oil water contact (BMA=OWC) dan batas gas-minyak atau gas-oil contact (BGM=GOC).

Garis kontur adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat dengan kedalaman puncak lapisan yang sama di hitung dari permukaan air laut atau sub sea. Garis isopach adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat dengan ketebalan lapisan (net sand) yang sama.



NET GAS ISOPACH MAP
SCALE 1 : 20 000

Gambar 3.8 : Peta Isopach

Apabila volume batuan reservoir total (V_b) telah dihitung dengan batuan peta cadangan, maka volume minyak yang mula-mula terakumulasi di reservoir dapat dihitung secara volumetric menggunakan rumus :

$$\text{STOIP} = \frac{V_b \times \emptyset \times (1-S_{wi})}{B_{oi}}$$

Sedangkan volume gas yang mula-mula terakumulasi di reservoir dapat dihitung secara volumetric menggunakan rumus :

$$\text{GIIP} = \frac{V_b \times \emptyset \times (1-S_{wi})}{B_{gi}}$$

Dimana :

STOIP : Stock Tank Oil Initially In Place = Jumlah minyak awal di tempat pada kondisi stock tank (Kondisi Standar)

GIIP : Gas Initially In Place = Jumlah gas awal di tempat pada kondisi stock tank (Kondisi Standard)

Apabila : V_b dalam ACFT, B_{oi} dalam BBL/STB, maka rumus akan menjadi :

$$\text{STOIP} = 7758 \frac{V_b \times \emptyset \times (1-S_{wi})}{B_{oi}}$$

Apabila : V_b dalam ACFT, B_{gi} dalam BBL/SCF, maka rumus akan menjadi :

$$\text{GIIP} = 7758 \frac{V_b \times \emptyset \times (1-S_{wi})}{B_{gi}}$$

Apabila : B_{gi} dalam CUFT/SCF, maka rumus akan menjadi :

$$\text{GIIP} = 43560 \frac{V_b \times \emptyset \times (1-S_{wi})}{B_{gi}}$$

Pada rumus diatas porositas \emptyset , dan saturasi air konat S_{wi} atau S_{wc} diperoleh dari interpretasi log analisa core, B_{oi} diperoleh dari analisa PVT atau metode korelasi, serta B_{gi} dihitung menggunakan data SG gas bersangkutan. Sedangkan V_b dihitung dengan cara sebagai berikut:

perhitungan volume bulk batuan dapat dilakukan dengan menggunakan metode:

- TEKNIK TRAPESOIDE DAN PIRAMIDE

1. Tentukan kontur yang akan diukur dengan planimeter. Jika bagian kontur terlalu besar, sehingga tidak dapat diukur dengan planimeter dalam satu kali putaran, maka bagilah bagian tersebut menjadi beberapa bagian.
2. Ukurlah luas bidang kontur. Jika bidang kontur dibagi menjadi beberapa bagian, ukurlah luas tiap bagian dan jumlahkan untuk memperoleh luas kontur.
3. Susunlah hasil pengukuran setiap bidang kontur. Paling tipis di atas dan menebal ke bawah.
4. Hitung perbandingan luas suatu bidang dengan luas bidang di atasnya (berdasarkan susunan di langkah (3), yaitu :

$$\frac{A_{j+1}}{A_j}$$

dimana :

j = nomor urut sesuai dengan langkah 3

$j = 0$, untuk susunan teratas

5. Hitung volume batuan di antara dua bidang sebagai berikut :
 - Apabila : $\frac{A_{j+1}}{A_j} > 0,5$
gunakan persamaan pyramidal, yaitu : $\Delta V_b = 0,5 \Delta h (A_j + A_{j+1})$
 - Apabila : $\frac{A_{j+1}}{A_j} < 0,5$
gunakan persamaan trapesoide, yaitu : $\Delta V_b = \frac{\Delta h}{3} (A_j + A_{j+1} + (A_j \times A_{j+1}))^{0,5}$
6. Jumlahkan volume batuan yang diperoleh dari langkah 5 untuk memperoleh volume batuan reservoir.

Contoh Soal

Diketahui luas planimeter area dari dengan garis isopach A_0, A_1, A_2 , dan seterusnya, sebagai berikut :

Area Produktif	Luas Area

	acre
A0	450
A1	375
A2	303
A3	231
A4	154
A5	74
A6	0

Pertanyaan :

Hitung total volume reservoir dari peta isopach tersebut dan berapa cadangan minyak awal (N) bila diketahui $\phi = 0,19$, $S_w = 0,30$ dan $Bo_i = 1,27$.

Solusi :

Untuk skala peta 1 inc = 1000 ft ; 1 inc² = 22.96 acre

Area A4 :

$$Vb = \frac{5}{2} (231 + 154) = 963$$

Area A5 :

$$Vb = \frac{5}{3} (154 + 74 + \sqrt{154 \times 74}) = 558$$

Area 6 :

$$Vb = \frac{4}{3} (74) = 99$$

Area Produktif	Luas area Acre	Perbandingan luas area	Interval ft	Pers	Volumee Acre-ft
A0	450				
A1	375	0,83	5	Trap	2063
A2	303	0,81	5	Trap	1695
A3	231	0,76	5	Trap	1335
A4	164	0,67	5	Trap	963
A5	74	0,48	5	Pyr	558
A6	0	0	4	Pyr	99
Total Volume					6712

Sehingga cadangan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{STOIP} = 7758 \frac{V_b \times \emptyset \times (1-S_{wi})}{B_{oi}}$$

$$\text{STOIP} = 7758 \frac{6712 \times 0,19 \times (1-0,3)}{1,27}$$

$$\text{STOIP} = 5.452.842 \text{ stb}$$

- Metode Simpson

Metode ini digunakan jika interval kontur dan isopach tidak sama (tidak teratur) dan hasilnya akan lebih teliti jika dibandingkan dengan metode trapezoidal yang secara matematis dituliskan

$$Vb = \frac{h}{3} [A_0 + 4A_2 + 2A_2 + 4A_3 + \cdots + 2A_{i-2} + 4A_{I-1} + A_i]$$

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pebelajaran (Diskusi Kelompok, 2 JP)

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

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran a metode pengukuran cadangan migas? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan !
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **LK-001**.Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan mengamati gambar berikut ini.

Aktivitas Pembelajaran 1 (2 JP) Matrial Balance

Saudara di minta untuk dapat memahami persamaan matrial balance dan terangkan persamaan matrial balance menyangkut produksi, gas cap, solution dan gas drive. Lakukan pengisian pada **LK 002**

Aktivitas Pembelajaran 2 (2 JP) Depletion Drive Reservoir

Tuliskanlah persamaan matrial balance dan contoh perhitungan

1. Untuk reservoir dengan dengan nilai water influx, produksi air, dan perbandingan volume gas cap dengan volume minyak direservoir sama dengan nol.
 2. Untuk kondisi tekanan diatas tekanan gelembung
 3. Untuk kondisi tekanan reservoir dibawah tekanan gelembung
- Lakukan pengisian pada **LK 003**

Aktivitas Pembelajaran 3 (2 JP) Water DriveReservoir

Tuliskanlah persamaan matrial balance dan contoh perhitungan

1. Untuk reservoir dengan kondisi tanpa tudung gas bebas
 2. Untuk reservoir dengan kondisi ada gas cap
- Lakukan pengisian pada **LK 004**

Aktivitas Pembelajaran 4 (2 JP) Menghitung Cadangan dengan Metode Matrial Balance

Suatu reservoir oil saturated memiliki data sebagai berikut

Boi = 1,2 BBL/STB

Rsi = 600 STB/SCF

Bg = 0,0012 BBL/SCF

Bo = 1,4 BBL/SCF

Rs = 300 SCF/STB

Berdasarkan data-data diatas hitunglah

1. GOR kumulatif
2. Faktor volume formasi dua fasa
3. Oil direservoir awal.

Isikan jawaban saudara ke **LK 005**

E. Latihan/ Khasus/ Tugas

1. Tempat minyak dan gas (migas atau petroleum) terakumulasi di dalam bumi, yang dapat berbentuk perangkap struktur (structural trap) atau perangkap stratigrafi (stratigraphical trap) disebut

- a. Permeabilitas
 - b. Reservoir
 - c. Stimulasi
 - d. Batuan Induk
2. Rumus cadangan minyak yang benar adalah
- a. $\frac{7768 \times V \times \phi x (1-sw)}{Bo}$
 - b. $\frac{7758 \times V \times \phi x (1-so)}{Bo}$
 - c. $\frac{7758 \times A \times P x \phi x (1-sw)}{Bo}$
 - d. $\frac{7758 \times V \times \phi x (1-sw)}{Bo}$
3. Suatu reservoir minyak memiliki volume 1000 acreft, porositas 10%, sw 90% dan Bo 1 bbl/stb berapakah OOIP
- a. 77580 stb d. 7758 stb
 - b. 77850 stb e. 7687 bbl
 - c. 77580 bbl
4. 1 acreft = bbl
- a. 7798 d. 1
 - b. 48360 e. 159
 - c. 7758
5. 2 ft = inch
- a. 12 d. 6
 - b. 0.83 e. 21
 - c. 24
6. 65 barel = liter
- a. 10334 d. 13304
 - b. 0,41 e. 12034
 - c. 10433
7. Suatu reservoir minyak memiliki volume 2000 bbl, porositas 20%, sw 80% dan Bo 1 bbl/stb berapakah OOIP
- a. 8 bbl
 - b. 80 bbl
 - c. 80 STB
 - d. 800 STB

8. Metode manakah yang tepat untuk memperkirakan besarnya cadangan reservoir apabila data-data produksi sudah cukup banyak...
- f. Material balance
 - g. Decline curve
 - h. Vumerik
 - i. Pyramid
- B. Dari rumus umum matrial balance persamaan manakah yang manyangkut produksi
- a. $N_p [Bg + (Rp - Rs)]Bo$
 - b. $N_p [Bo + (Rp - Rs)]Bg$
 - c. $N_p [Bo + (Rs - Rp)]Bg$
 - d. $N [Bo + (Rp - Rs)]Bg$
- C. Berapakah nilai faktor volume formasi jika faktor volume formasi minyak 1,2 bbl/STB, kelarutan gas mula-mula 600 SCF/STB, kelarutan gas 300 SCF/STB dan faktor volume formasi gas 0,0012 BBL/SCF
- a. 1,67 BBL/STB
 - b. 1,77 BBL/STB
 - c. 1,76 BBL/STB
 - d. 1,75 BBL/STB
- D. Metode apakah yang digunakan untuk menghitung volume bulk apabila nilai $\frac{A_{j+1}}{A_j}$ sama dengan 0,8
- a. Pyramidal
 - b. Trapezoidal
 - c. Simpson
 - d. Volumetric
- E. Yang bukan merupakan penurunan laju produks pada metode *decline curve* yaitu
- a. *Harmonic decline*
 - b. *Hyperbolic decline*
 - c. *Exponential decline*
 - d. *Potensial decline*
- F. Jika harga harga exponen decline-nya = 1 maka disebut.....

- a. *Harmonic decline*
- b. *Hyperbolic decline*
- c. *Exponential decline*
- d. *Potensial decline*

Soal essay

1. Apa saja asumsi yang digunakan dalam konsep matrial balance
2. Data produksi gas suatu reservoir adalah sebagai berikut :

q_g (MMSCF/hari)	G_g (MMSCF)
230	10
250	20
190	30
193	60
170	100
155	150
130	190
123	220
115	230
105	240
120	250

q_a (laju batas ekonomik) untuk reservoir ini 50 MMSCF/hari. Perkirakan cadangan gas. Penurunan Eksponensial - q vs G_p

3. Diperoleh data sebagai berikut :

- N_p : 20 MMstb
 B_t : 8,3967 cu ft /stb
 B_{ti} : 7,5241 cu ft/stb
 B_g : 0,008489 cu ft/scf
 B_{gi} : 0,006266 cu ft/scf
 R_p : 700 scf/stb

Rsi : 562 sct/stb

We : 65,02 cu ft

$WpBw$: 6,06 MM res cu ft

m : 0,175

Pertanyaan :

Berapakah cadangan minyak mula-mula?

4. Diketahui luas planimeter area dari dengan garis isopach A0, A1, A2, dan seterusnya, sebagai berikut :

Area Produktif	Luas Area (acre)	Interval (ft)
A0	550	
A1	475	5
A2	403	5
A3	331	5
A4	254	5
A5	84	5
A6	0	4

Pertanyaan :

Hitung total volume reservoir dari peta isopach tersebut dan berapa cadangan minyak awal (N) bila diketahui $\phi = 0,20$, $Sw = 0,30$ dan $Boi = 1,27$.

5. Suatu reservoir oil saturated memiliki data :

$Np = 4 \text{ mmSTB}$

$Bg = 0,0012 \text{ BBL/STB}$

$Gp = 10,5 \text{ BSCF}$

$Bo = 1,4 \text{ BBL/SCF}$

$Boi = 1,2 \text{ BBL/STB}$

$Rs = 300 \text{ SCF/STB}$

$Rsi = 600 \text{ STB/SCF}$

Hitunglah :

- c. Rp
- d. Faktor volume formasi 2 fasa, BBL/STB
- e. Faktor volume formasi 2 fasa mula-mula BBL/STB
- f. Banyaknya cadangan minyak dalam reservoir, STB

F. Rangkuman

1. Matrial balance digunakan untuk memperkirakan besarnya cadangan reservoir pada suatu lapangan minyak atau gas yang telah dikembangkan, dimana data-data produksi yang diperoleh sudah cukup banyak.
2. Asumsi yang digunakan dalam konsep matrial balance adalah :
 - Reservoir merupakan satu kesatuan, sehingga perhitungan tidak tergantung pada jumlah sumur produksi.
 - Proses produksi dianggap proses isothermal.
 - Kestimbangan antara semua fasa adalah sempurna.
 - Hubungan antara tekanan dan volume tidak tergantung pada masing-masing fluida reservoir.
3. Dengan mengetahui data produksi, data PVT, ukuran tudung gas dan water influx, maka secara matematis persamaan matrial balance dapat ditulis sebagai berikut:

$$N = \frac{N_p (B_t + (R_p - R_s)B_g - (W_e - W_p)B_w)}{B_t - B_{ti} + \left(\frac{m B_{ti}}{B_{gi}}\right)(B_g - B_{gi})}$$

4. Metode decline curve merupakan salah satu metode untuk memperkirakan besarnya cadangan minyak berdasarkan data-data produksi setelah selang waktu tertentu.
5. Kurva penurunan produksi dibagi tiga jenis :
 - Kurva Eksponensial, apabila plot laju produksi terhadap waktu atau terhadap produksi kumulatif berupa garis lurus.
Cadangan dapat ditentukan berdasarkan persamaan

$$N_p \text{ atau } G_p = \frac{q_i - q_a}{D}$$

- Penurunan Harmonik, apabila plot log laju produksi terhadap produksi kumulatif berupa garis lurus.
- Penurunan Hiperbolik, apabila plot antara log laju produksi terhadap waktu dan log laju produksi terhadap produksi kumulatif tidak merupakan garis lurus. Dengan menggunakan prinsip pergeseran sumbu, maka plot log laju produksi terhadap log waktu akan linier.

Cadangan dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

$$G_p = \frac{q_i}{(1-b)D_i} \left[1 - \left(\frac{q_a}{q_i} \right)^{(1-b)} \right]$$

6. Cara perhitungan cadangan menggunakan metode volumetris bisa dilakukan pada saat pemboran eksplorasi, walaupun dengan ketersediaan data yang saat itu tentu masih amat terbatas.
7. volume minyak yang mula-mula terakumulasi di reservoir dapat dihitung secara volumetric menggunakan rumus :

$$\text{STOIP} = \frac{V_b \times \phi \times (1-S_{wi})}{B_{oi}}$$

8. Sedangkan volume gas yang mula-mula terakumulasi di reservoir dapat dihitung secara volumetric menggunakan rumus :

$$\text{GIIP} = \frac{V_b \times \phi \times (1-S_{wi})}{B_{gi}}$$

9. Perhitungan volume batuan dari peta isopach dapat dilakukan dengan cara

- Apabila : $\frac{A_{j+1}}{A_j} > 0,5$

gunakan persamaan pyramidal, yaitu : $\Delta V_b = 0,5 \Delta h (A_j + A_{j+1})$

- Apabila : $\frac{A_{j+1}}{A_j} < 0,5$

gunakan persamaan trapesoide, yaitu : $\Delta V_b = \frac{\Delta h}{3} (A_j + A_{j+1} + (A_j \times A_{j+1}))^{0,5}$

G. Umpam Balik dan Tindak Lanjut

1. Bagaimana cara saudara untuk meningkatkan kemampuan saudara alam penguasaan materi pembelajaran? Jelaskan?

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

2. Apa yang saudara lakukan sebagai seorang guru kejuruan Teknik produksi untuk dapat menambah pengetahuan saudara setelah membaca modul diklat ini? Jelaskan?

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

3. Sebutkan langkah – langkah yang saudara lakukan untuk mendapatkan hasil dalam perhitungan cadangan migas khususnya menggunakan metode matrial balance? Jelaskan?

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

4. Dalam melakukan perhitungan cadangan dengan metode decline ?

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

5. Saat saudara melakukan pengamatan tentang cadangan minyak dan gas bumi apa saja yang bisa saudara lakukan agar saudara bisa lebih menguasai tentang istilah pada cadangan? Dan macam-macam caangan?

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

6. Sebutkan tahapan – tahapan yang saudara lakukan untuk melakukan perhitungan cadangan pada metode decline curve?

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

7. Sebutkan macam – macam metode perhitungan cadangan migas?

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

H. Kunci Jawaban

1. a

2. d

3. a

$$OOIP = \frac{7758 \times 1000 \times 0,1 \times (1-0,9)}{1} = 77580 \text{ STB}$$

4. C

5. C

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ inch}$$

$$2 \text{ ft} = 12 \times 12 = 24 \text{ inch}$$

6. a

$$1 \text{ barrel} = 159 \text{ liter}$$

$$65 \text{ barrel} = 65 \times 159 = 10334 \text{ liter}$$

7. c

$$OOIP = \frac{2000 \times 0,2 \times (1-0,8)}{1} = 80 \text{ STB}$$

8. a

9. b

10. c

$$Bt = Bo + (RSi - Rs) Bg$$

$$Bt = 1,4 + (600-300) 0,0012 = 1,76 \text{ BBL/STB}$$

11. b

$$\frac{A_{j+1}}{A_j} > 0,5 \text{ Trapezoida}$$

12. d.

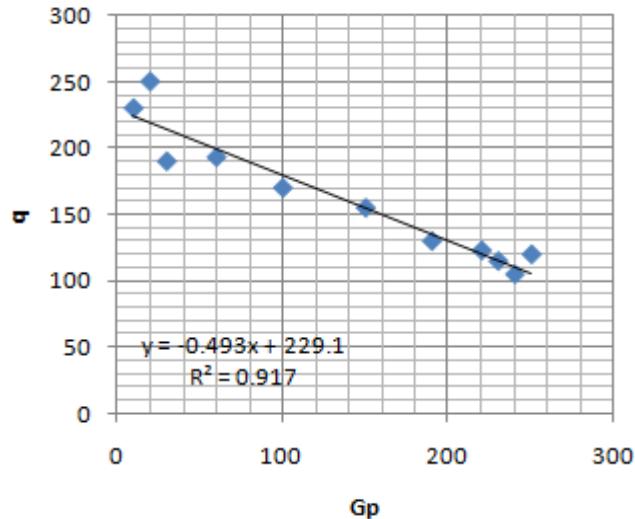
13. a

ESSAY

1. Asumsi yang digunakan dalam konsep matrial balance adalah :

- Reservoir merupakan satu kesatuan, sehingga perhitungan tidak tergantung pada jumlah sumur produksi.
- Proses produksi dianggap proses isothermal.
- Kestimbangan antara semua fasa adalah sempurna.
- Hubungan antara tekanan dan volume tidak tergantung pada masing-masing fluida reservoir.

2. Plot data laju produksi (q) terhadap produksi kumulatif (G_p) Garis lurus dibuat melalui titik-titik (q, G_p). Berdasarkan $qa = 50$ MMSCF/hari, diperoleh $G = 363$ MMSCF.



3.
$$N = \frac{Np(Bt + (Rp - Rsi)Bg) - (We - WpBw)}{Bt - Bti + \left(m \frac{Bti}{Bgi} \right) (Bg - Bgi)}$$

$$N = \frac{20 \times 10^6 (8,3967 + (700 - 562)0,008489) - (65,02 - 6,06) \times 10^6}{8,3967 - 7,5241 + \left(0,175 \frac{7,5241}{0,006266} \right) (0,008489 - 0,006266)}$$

$$= 98,97 \text{ MMSTB}$$

4. $\frac{A_1}{AO} = \frac{475}{500} = 0,86 \quad \Delta V_b = \frac{\Delta h}{3} (500 + 475 + (500 \times 475)^{0,5}) = 2437,233$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{403}{475} = 0,85 \quad \Delta V_b = \frac{5}{3} (475 + 403 + (475 \times 403)^{0,5}) = 2192,536$$

$$\frac{A_3}{A_2} = \frac{331}{403} = 0,82 \quad \Delta V_b = \frac{5}{3} (403 + 331 + (403 \times 331)^{0,5}) = 1952,536$$

$$\frac{A_4}{A_3} = \frac{254}{331} = 0,77 \quad \Delta V_b = \frac{5}{3} (331 + 254 + (331 \times 254)^{0,5}) = 1704,202$$

$$\frac{A_5}{A_4} = \frac{84}{254} = 0,33 \quad \Delta V_b = 0,5 \times 5 (254 + 84) = 845$$

$$\frac{A_6}{A_5} = \frac{0}{84} = 0 \quad \Delta V_b = 0,5 \times 4 (84 + 0) = 168$$

Area Produktif	Luas area Acre	Perbandingan luas area	Interval ft	Pers	Volumee Acre-ft
A0	450				
A1	375	0,86	5	Trap	2437,233
A2	303	0,85	5	Trap	2192,536
A3	231	0,82	5	Trap	1952,536
A4	164	0,77	5	Trap	1704,202
A5	74	0,33	5	Pyr	842
A6	0	0	4	Pyr	168
Total Volume					9296,507

$$\text{Sehingga STOIP} = \frac{7758 \times 9296,507 \times 0,2 \times (1-0,3)}{1,27} = 79,505 \text{ MMSTB}$$

5. a. $R_p = G_p/N_p = 10500 \text{ mmscf} / 4 \text{ mmscf} = 2625 \text{ SCF/STB}$

b. $B_t = 1,4 + (600-300) 0,0012 = 1,76 \text{ BBL/STB}$

c. $B_{ti} = B_{oi} = 1,2 \text{ BBL/STB}$

d. $N_p [B_o + (R_p - R_s)B_g] = N (B_t - B_{ti})$

$$4 \times 10^6 [1,4 + (2625 - 300) 0,0012] = N (1,76 - 1,2)$$

$$N = 28,93 \text{ MMSTB}$$

Sehingga direservoir awal

$$N \times B_{oi} = 28,93 \times 1,2$$

$$= 34,716 \text{ MMBBL}$$

EVALUASI

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan permeabilitas!
2. Apa sajakah yang mempengaruhi mengalirnya fluida yang mengalir dari formasi kelubang bor
3. Tuliskan persamaan darcy !
4. Jika suatu reservoir memiliki permeabilitas 4 D, viskositas minya 0,3 cp, ketebalan lapisan reservoir adalah 30 ft, jari-jari pengurasan 20 ft dan jari-jari sumur 100 ft. beapaka laju minyak pada kondisi reservoir?
5. Apa aja *criteria proved undevelop reserves* yang merunjuk pada lokasi yang belum dibor?
6. Bagaimanakah *Reserve* yang dapat diproduksikan dengan menggunakan metode atau teknik *improved recovery* digolongkan sebagai *proved* ?
7. Jelaskan 2 bagian dari developed resers!
8. Jelaskan istilah-istilah sebagai berikut
 - a. Initial Oil in Place
 - b. Recoverable Resrve
 - c. Ultimate Recovery
 - d. Initial Gas Inplace
 - e. Recovery factor
9. Sebutkan dan jelaskan
10. Diketahui luas planimeter area dari dengan garis isopach A0, A1, A2, dan seterusnya, sebagai berikut :

Area Produktif	Luas Area	Interval, ft
	acre	
A0	600	10
A1	500	10
A2	450	10
A3	300	10
A4	200	10
A5	100	10
A6	40	5

Pertanyaan :

Hitung total volume reservoir dari peta isopach tersebut dan berapa cadangan minyak awal (N) bila diketahui $\phi = 0,25$, $S_w = 0,20$ dan $Boi = 1,27\text{BBL/STB}$

11. Data produksi gas suatu reservoir adalah sebagai berikut :

q_g (MMSCF/hari)	G_g (MMSCF)
240	20
250	30
190	40
193	70
170	120
155	170
130	200
123	240
115	250
100	260
120	270

q_a (laju batas ekonomik) untuk reservoir ini 10 MMSCF/hari. Perkirakan cadangan gas. Penurunan Eksponensial - q vs G_p

12. Diperoleh data sebagai berikut :

- N_p : 40 MMstb
- B_t : 8,6 cu ft /stb
- B_{ti} : 7,41 cu ft/stb
- B_g : 0,00889 cu ft/scf
- B_{gi} : 0,006266 cu ft/scf
- R_p : 800 scf/stb
- R_{si} : 562 sct/stb
- W_e : 65,02 cu ft
- W_pB_w : 6,06 MM res cu ft
- m : 0,175

Pertanyaan :

Berapakah cadangan minyak mula-mula?

13. Suatu reservoir oil saturated memiliki data :

$$N_p = 6 \text{ mmSTB}$$

$$B_g = 0,0012 \text{ BBL/STB}$$

Gp = 10,5 BSCF

Bo = 1,2 BBL/SCF

Boi = 1,2 BBL/STB

Rs = 300 SCF/STB

Rsi = 800 STB/SCF

Hitunglah :

- a. Faktor volume formasi 2 fasa, BBL/STB
- b. Faktor volume formasi 2 fasa mula-mula BBL/STB
- c. Banyaknya cadangan minyak dalam reservoir, STB

Lembar Kerja KB 2

LK 001

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran a metode pengukuran cadangan migas? Sebutkan!

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

2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

LK 002

1. Saudara diminta untuk dapat memahami persamaan matrial balance dan terangkan persamaan matrial balance menyangkut produksi, gas cap, solution dan gas drive:

LK 003

1. Tuliskanlah persamaan material balance dan contoh perhitungan
 - a. Untuk reservoir dengan dengan nilai water influx, produksi air, dan perbandingan volume gas cap dengan volume minyak direservoir sama dengan no

- b. Untuk kondisi tekanan diatas tekanan gelembung

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

LK 004

1. Tuliskanlah persamaan matrial balance dan contoh perhitungan
 - a. Untuk reservoir dengan kondisi tanpa tudung gas bebas

- b. Untuk reservoir dengan kondisi ada gas cap

LK 005

1. Jelaskan dan gambarkan pola aliran fluida yang terjadi di dalam reservoir

BAB IV

PENUTUP

Demikian modul diklat guru pembelajar mata pelajaran teknik produksi minyak dan gas bumi kelompok kompetensi b bagi Guru pasca UKG ini disusun. Modul ini disusun sebagai acuan bagi semua pihak yang terkait dalam pelaksanaan kegiatan pelatihan dan GP bagi guru dan tenaga kependidikan (GTK). Melalui modul diklat guru pembelajar mata pelajaran teknik produksi minyak dan gas bumi kelompok kompetensi B ini selanjutnya semua pihak terkait dapat menemukan kemudahan dalam melaksanakan UKG kelanjutan dan menambah pengetahuan dan wawasan pada bidang dan tugas masing-masing.

Modul diklat guru pembelajar mata pelajaran teknik produksi minyak dan gas bumi kelompok kompetensi B bagi Guru pasca UKG ini disusun ini merupakan bahan pelajaran atau materi yang harus dipelajari oleh guru pasca UKG. Semoga modul diklat guru pembelajar Kelompok kompetensi B 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 dasar

Glosarium

Compressible fluid. Fluida yang mengalami perubahan volume atau densitas yang besar jika terjadi perubahan tekanan

Gas liquid ratio. Perbandingan antara jumlah gas dan minyak yang diukur di dalam suatu takar standar

Ultimate Recovery. Jumlah hidrokarbon yang dapat diproduksikan sampai dengan batas ekonomisnya

Undeveloped reserves. Cadangan yang diharapkan dapat diambil dari suatu lapangan yang belum dikembangkan dengan melakukan pengeboran baru atau memperdalam pengeboran dari sumur yang ada dengan target reservoir yang berbeda, melakukan penyelesaian ulang terhadap sumur yang ada, atau memasang fasilitas produksi dan transportasi untuk perbaikan perolehan migas

Unproved reserves. Cadangan yang terdiri atas cadangan harapan dan cadangan mungkin

improved recovery. Tambahan cadangan yang diperoleh dari suatu lapangan dengan cara melengkapi peralatan produksi yang diperlukan dengan biaya minimal.

Incompressible fluid. fluida yang tidak mengalami perubahan volume atau densitas terhadap perubahan tekanan

Initial Gas Inplace. Jumlah gas mula-mula yang terdapat di dalam suatu reservoir sebelum reservoir itu diproduksikan

Initial Oil in Place. Jumlah total minyak mula-mula yang terdapat di dalam suatu reservoir sebelum reservoir tersebut diproduksikan

Recoverable Reserve. Jumlah cadangan hidrokarbon yang mungkin dapat diproduksikan

Reserve. Jumlah minyak atau gas yang ditemukan di dalam batuan reservoir dan dapat diproduksikan

Slightly compressible. Fluida yang mengalami sedikit perubahan volume atau densitas terhadap perubahan tekanan.

Stock Tank Oil Initially In Place. Jumlah minyak awal di tempat pada kondisi stock tank

DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmed, Tarek, “*Reservoir Engineering Handbook*”, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1946.
2. Bidang Kejuruan. *Cakrawala Pendidikan*. Yogyakarta: LPM UNY
3. Djamarah Bahri Syaiful dan Zain Aswan,2006,*Strategi Belajar Mengajar*,Jakarta, PT. Rineka Cipta
4. Gulo.2005. *Strategi Belajar mengajar*.Jakarta : PT Grasindo
5. Kementerian pendidikan dan kebudayaan Republik, 2013, *Teknik Produksi Migas dan Cadangan Migas*.
6. National Research Council (NRC). 2000. *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press
7. Pertamina, 2013, *Analisa Fluida Reservoir*
8. Rukaman Dadang dan Dedy Kristanto. “*Teknik Reservoir Teori dan Aplikasi*”. Yogyakarta, 2012.
9. Said Lestari, “*Kimia Fisika Hidrokarbon*”, Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia.
10. Sobrry,S dan Pupuh,F,2010,*Strategi Belajar Mengajar*, bandung Reflika Aditama
11. Syarief, Ahmad, 2002. Ilmu Mendidik dan Metode Pengajaran, Bandung . PT. Grapindo.
12. Sumantri, “*Teknik Reservoir*”, Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia, 1998

