



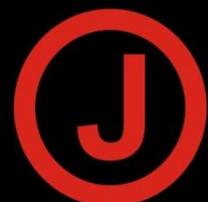
**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016**

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Geologi Pertambangan

**Pedagogik : Penelitian Tindakan Kelas
Profesional : Menerapkan Pencucian Fosil**

**KELOMPOK
KOMPETENSI**





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Geologi Pertambangan

Penyusun :

Heri Prabowo, ST., MT
UNP Padang
heri.19782000@yahoo.com
081328511025

Reviewer :

Drs. Bambang Heriadi, MT
UNP Padang
bambang_heriyadi@yahoo.co.id
0751-7055644

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



KATA PENGANTAR

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

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

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

Jakarta, Maret 2016
Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

	Halaman
Cover Luar	i
Cover Dalam	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar isi	iv
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	ix
Daftar Lampiran	
I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	1
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	3
E. Saran Cara Penggunaan Modul	3
F. Indikator Pencapaian Kompetensi	3
1. Indikator Pedagogik	3
2. Indikator Profesional	3
II KEGIATAN PEMBELAJARAN 1	5
A. Tujuan Pembelajaran	5
B. Uraian Materi Pembelajaran	5
1. Pendahuluan Penelitian Tindakan Kelas	5
2. Pengertian dan Karakteristik Penelitian Tindakan Kelas.....	5
3. Tujuan Penelitian Tindakan Kelas	7
4. Langkah-Langkah Penelitian Tindakan Kelas.....	7
5. Rangkuman	18
C. Aktivitas Pembelajaran	19
D. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	19
E. Latihan/Kasus/Tugas	20
F. Kunci Jawaban	21
III KEGIATAN PEMBELAJARAN 2	23
A. Tujuan Pembelajaran	23

B.	Uraian Materi Pembelajaran	23
1.	Pendahuluan	23
2.	Teknik Preparasi Foraminifera Besar	23
3.	Rangkuman	24
C	Aktivitas Pembelajaran	25
D.	Umpan Balik dan Tindak Lanjut	25
E.	Latihan/Kasus/Tugas	26
F.	Kunci Jawaban	27
IV	KEGIATAN PEMBELAJARAN 3	29
A.	Tujuan Pembelajaran	29
B.	Uraian Materi Pembelajaran	29
1.	Dasar Perundangan Penanggulangan Kebakaran.....	29
2.	Kebakaran.....	30
3.	Pencegahan Kebakaran.....	34
4.	Penanggulangan Kebakaran	41
5.	APAR (Alat Pemadam Api Ringan).....	44
6.	Hydran	49
7.	Rangkuman	53
C	Aktivitas Pembelajaran	53
D.	Umpan Balik dan Tindak Lanjut	54
E.	Latihan/Kasus/Tugas	55
F.	Kunci Jawaban	56
V	KEGIATAN PEMBELAJARAN 4	57
A.	Tujuan Pembelajaran	57
B.	Uraian Materi Pembelajaran	57
1.	Pola Pengeboran pada Tambang Terbuka	57
2.	Diameter Lubang Ledak.....	58
3.	Tinggi Jenjang	59
4.	Fragmentasi	59
5.	Geometri Peledakan Jenjang	60
6.	Rangkuman	62
C.	Aktivitas Pembelajaran	63
D.	Umpan Balik dan Tindak Lanjut	63
E.	Latihan/Kasus/Tugas	64

F.	Kunci Jawaban	64
VI	KEGIATAN PEMBELAJARAN 5	67
A.	Tujuan Pembelajaran	67
B.	Uraian Materi Pembelajaran	67
1.	Shaking Table	67
2.	Jigging	70
3.	Hydrocyclone	74
4.	Magnetic Separator.....	77
5.	Elektrostatic Separator	83
6.	Flotasi	86
7.	Humprey Spiral	93
8.	Rangkuman	95
C.	Aktivitas Pembelajaran	95
D.	Umpan Balik dan Tindak Lanjut	96
E.	Latihan/Kasus/Tugas	97
F.	Kunci Jawaban	98
VII	KEGIATAN PEMBELAJARAN 6	100
A.	Tujuan Pembelajaran	100
B.	Uraian Materi Pembelajaran	100
1.	Prinsip – Prinsip Dasar Reklamasi Laut	100
2.	Dasar Hukum	102
3.	Perencanaan Reklamasi	103
4.	Pelaksanaan Reklamasi	105
5.	Rangkuman	116
C.	Aktivitas Pembelajaran	117
D.	Umpan Balik dan Tindak Lanjut	118
E.	Latihan/Kasus/Tugas	118
F.	Kunci Jawaban	119
VIII	KEGIATAN PEMBELAJARAN 7	121
A.	Tujuan Pembelajaran	121
B.	Uraian Materi Pembelajaran	121
1.	Pendahuluan	121
2.	Disain Lereng Pada Tambang Terbuka.....	123

3.	Sifat Masa Batuan (Rock Mass Properties).....	129
4.	Sifat Kekuatan Batuan (Rock Strength Properties).....	130
5.	Index Properties dari Sifat Fisik dan Mekanik Batuan Utuh.....	134
6.	Analisis Kesetabilan Lereng	139
7.	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kemantapan Lereng.....	142
8.	Metode Kesetimbangan Limit	150
9.	Kriteria Faktor Keamanan Lereng.....	152
10.	Hasil Pemetaan Bawah Permukaan	157
11.	Permodelan Lereng	159
12.	Rangkuman	161
C	Aktivitas Pembelajaran	161
D.	Umpan Balik dan Tindak Lanjut	162
E.	Latihan/Kasus/Tugas	163
F.	Kunci Jawaban	164
IX.	PENUTUP	166
A.	Evaluasi	166
B.	Glosarium	168
C.	Daftar Pustaka	169

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Alur Kerja PTK.....	14
Gambar 2. Model Kemmis & McTaggart.....	15
Gambar 3. Sketsa Pola Pengeboran pada Tambang Terbuka.....	58
Gambar 4. Hubungan variasi diameter lubang ledak dengan tinggi jenjang	59
Gambar 5. Terminologi dan Simbul Geometri Peledakan.....	61
Gambar 6. Lubang ledak vertikal dan miring	62
Gambar 7. <i>Shaking Table</i>	68
Gambar 8. Distribusi Pemisahan Partikel Mineral	68
Gambar 9. Hand Jigging.....	71
Gambar 10. Bagian Alat Jigging	71
Gambar 11. Harz Jig.....	72
Gambar 12. Denver Mineral Jig	72
Gambar 13. Radial Jig.....	72
Gambar 14. Inline Pressure Jig	73
Gambar 15. Baum jig	73
Gambar 16. Batac Jig	73
Gambar 17. Bagian-Bagian Hydrocyclone.....	75
Gambar 18. Magnetik Separator	79
Gambar 19. Tipe Concurrent	80
Gambar 20. Kerja Dari Tipe Countercurrent.....	81
Gambar 21. Tipe Counter Rotation	81
Gambar 22. High Intensity Magnetic	82
Gambar 23. Proses Elektrostatik Separator	84
Gambar 24. Bagian dari Electrostatic Separator	84
Gambar 25. Prinsip Dasar Flotasi	87
Gambar 26. Prinsip Flotasi Buih	89
Gambar 27. Prosedur Praktek Flotasi	92
Gambar 28. Parameter Geometri <i>Pit Slope</i> pada Tambang Terbuka	124
Gambar 29. Longsor Bidang	125
Gambar 30. Ilustrasi Longsor Bidang.....	125
Gambar 31. Model Mekanisme Terjadinya Longsor Bidang	126
Gambar 32. Longsor Baji	126
Gambar 33. Ilustrasi Longsor Baji	126

Gambar 34.	Model Mekanisme Terjadinya Longsoran Baji	127
Gambar 35.	Longsoran Guling	127
Gambar 36.	Kinematika Longsoran Guling Fleksural	127
Gambar 37.	Model Mekanisme Terjadinya Longsoran Guling Fleksural	128
Gambar 38.	Kinematika Longsoran Guling Langsung	128
Gambar 39.	Longsoran Sirkular di Tambang Batubara	128
Gambar 40.	Kinematika Longsoran Sirkular	129
Gambar 41.	Skematik Penyusun Massa Batuan Terdiri dari Material Batuan Beserta Diskontinuitas di Dalamnya	130
Gambar 42.	Diagram ideal menggambarkan transisi skala dari batuan padu sampai massa batuan terkekarkan kuat melalui peningkatan skala ukuran sampel	131
Gambar 43.	Hubungan Antara Geologi dan Kelas Kekuatan Batuan.....	134
Gambar 44.	Kurva Tegangan Regangan Uji Kuat Tekan Uniaksial	137
Gambar 45.	Mekanisme Dasar Longsoran	139
Gambar 46.	Pengaruh Tekanan Air pada Kuat Geser	139
Gambar 47.	Pengaruh Tekanan Air pada Kuat Geser	140
Gambar 48.	Pengaruh Tekanan Air pada Kuat Geser.....	140
Gambar 49.	Pengaruh Tekanan Air dalam Rekahan Tarik	141
Gambar 50.	Perkuatan untuk Mencegah Gelinciran	141
Gambar 51.	Analisis Longsoran Bidang	144
Gambar 52.	Perkuatan dengan Baut Batuan Tertarik	145
Gambar 53.	Analisis Longsoran Baji	146
Gambar 54.	Sudut-Sudut Mekanisme Longsoran	147
Gambar 55.	Analisis Longsoran Sirkulasi	147
Gambar 56.	Irisan Vertikal	148
Gambar 57.	Chart untuk Kondisi Air Tanah	154
Gambar 58.	Chart 1	155
Gambar 59.	Chart 2	155
Gambar 60.	Chart 3	156
Gambar 61.	Chart 4	156
Gambar 62.	Chart 5.....	157
Gambar 63.	Contoh peta potongan A-A' dilokasi	158
Gambar 64.	Penampang bawah permukaan dengan korelasi <i>log bore</i> arah A-A'.....	158
Gambar 65.	Penampang bawah permukaan desain lereng tambangarah A-A'	159
Gambar 66.	Contoh Hasil Permodelan dengan Penampang Metode Kesetimbangan Limit ..	159
Gambar 67.	Contoh Hasil Permodelan dengan Metode Numerik dalam penampilan <i>Total</i>	160

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbedaan antara PTK dan Penelitian Konvensional secara Fundamental.....	7
Tabel 2. Rubrik Umpan Balik Isi Modul	19
Tabel 3. Rubrik Umpan Balik Isi Modul	25
Tabel 4. Peletakan hydrant berdasarkan luas lantai, klasifikasi bangunan dan jumlah lantai bangunan	50
Tabel 5. Rubrik Umpan Balik Isi Modul	54
Tabel 6. Rubrik Umpan Balik Isi Modul	63
Tabel 7. Sifat Listrik pada Mineral	84
Tabel 8. Rubrik Umpan Balik Isi Modul	96
Tabel 9. Rubrik Umpan Balik Isi Modul	118
Tabel 10. Jumlah <i>Unknowns</i> untuk n Irisan	149
Tabel 11. Jumlah persamaan untuk n irisan	149
Tabel 12. Kriteria faktor keamanan Hoek	152
Tabel 13. Rubrik Umpan Balik Isi Modul	162

I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidik adalah 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 Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) adalah pengembangan kompetensi Guru dan Tenaga Kependidikan yang dilaksanakan sesuai kebutuhan, bertahap, dan berkelanjutan untuk meningkatkan profesionalitasnya.

Pengembangan keprofesian berkelanjutan 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 PKB akan mengurangi kesenjangan antara kompetensi yang dimiliki guru dan tenaga kependidikan dengan tuntutan profesional yang dipersyaratkan.

Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan PKB baik secara mandiri maupun kelompok. Khusus untuk PKB dalam bentuk diklat dilakukan oleh lembaga pelatihan sesuai dengan jenis kegiatan dan kebutuhan guru. Penyelenggaraan diklat PKB 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, dan cara mengevaluasi yang disajikan secara sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.

Pedoman penyusunan modul diklat PKB bagi guru dan tenaga kependidikan ini merupakan acuan bagi penyelenggara pendidikan dan pelatihan dalam mengembangkan modul pelatihan yang diperlukan guru dalam melaksanakan kegiatan PKB.

B. Tujuan

Tujuan umum PKB adalah meningkatkan kualitas layanan dan mutu pendidikan di sekolah/madrasah serta mendorong guru untuk senantiasa memelihara dan meningkatkan kompetensi secara terus-menerus sesuai dengan profesinya.

Tujuan khusus PKB adalah:

- 1 Meningkatkan kompetensi guru untuk mencapai standar kompetensi yang ditetapkan dalam peraturan perundangan yang berlaku.
- 2 Memenuhi kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensi sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni.
- 3 Meningkatkan komitmen guru dalam melaksanakan tugas pokok dan fungsinya sebagai tenaga profesional.
- 4 Menumbuhkembangkan rasa cinta dan bangga sebagai penyandang profesi guru.

C. Peta Kompetensi

NO.	KOMPE-TENSI UTAMA	STANDAR KOMPETENSI GURU		
		KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI GURU MATA PELAJARAN/KELAS/KEAHLIAN/BK	Indikator Esensial/ Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)
1	PEDAGOGIK	Menyelenggarakan penilaian dan evaluasi proses dan hasil belajar.	10.3 Melakukan penelitian tindakan kelas untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dalam mata pelajaran yang diampu.	10.3.1 Konsep penelitian tindakan kelas dijelaskan dengan benar.
2	PROFESIONAL	Menguasai materi, struktur, konsep dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.	20.17 Menerapkan pencucian fosil	20.17.2 Merumuskan teknik preparasi foraminifera besar/makro foram
			20.20 Menerapkan upaya mencegah kecelakaan kerja pada tiap item paket keahlian geologi pertambangan.	20.20.3 Mengidentifikasi tata cara penanggulangan kebakaran.
			20.26 Merumuskan konsep pemboran dan merekonstruksi peralatan pemboran diberbagai kondisi batuan dan menyajikan hasil pemboran	20.26.4 Mendisain geometri pemboran meliputi diameter lubang bor, kedalaman lubang tembak, kemiringan lubang tembak, tinggi jenjang dan juga pola pemboran.
			20.29 Merancang deskripsi dan preparasi bahan galian	20.29.6. Menentukan bagaimana cara memisahkan mineral-mineral berharga dari pengotornya, recovery (perolehan) mineral berharga, dan menentukan ratio of concentration mineral berharga dengan alat Shaking-Table, Jig, Hydrocyclone, Magnetic Separator, Elektrostatik Separator, Flotasi, Humprey Spiral berdasarkan pada perbedaan ukuranya dan berat jenisnya.
		20.36. Merumuskan konsep reklamasi dan ragam vegetasi pada daerah pertambangan.	20.36.4 Merencanakan bentuk/konsep reklamasi laut berbasis reklamasi ekosistem laut.	

			20.44 Merancang hasil uji batuan.	20.44.2 Menentukan potensi longsor yang terjadi pada hasil rancangan geometri lereang area pertambangan.
--	--	--	-----------------------------------	--

D. RuangLingkup

Pedoman ini penyusunan modul diklat PKB yang berisi pengertian dan manfaat modul, prinsip penulisan modul, ciri-ciri modul, kriteria penulisan modul, tahapan pengembangan modul.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Agar modul ini dapat dipergunakan seacara efektif dan tepat sasaran, maka pengguna modul diharapkan:

1. Membaca out line modul terlebih dahulu.
2. Mengetahui peta kompetensi.
3. Memahami kompetensi utama, kompetensi inti, kompetensi guru mata pelajaran atau kelas.
4. Memahami indikator esesial atau indikator pencapaian kompetensi (IPK)
5. Memahami tujuan pembelajaran setiap kegiatan pembelajaran.
6. Memahami seluruh isi kegiatan pembelajaran dengan menjawab Latihan yang disediakan. Kemudian mecocokkan dengan kunci jawaban yang disediakan.
7. Melakukan pengayaan dengan membaca buku – buku sumber, artikel, karya ilmiah dan hasil penelitian sebelumnya.

F. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Indikator Pencapaian Kompetensi Pedagogik

- a. 10.3.1 Konsep penelitian tindakan kelas dijelaskan dengan benar.

2. Indikator Pencaian Kompetensi Profesional

- a. 20.17.2 Merumuskan teknik prepassi foraminifera besar/makro foram.
- b. 20.20.3 Mengidentifikasi tata cara penanggulangan kebakaran.
- c. 20.26.4 Mendisain geometri pemboran meliputi diameter lubang bor, kedalaman lubang tembak, kemiringan lubang tembak, tinggi jenjang dan juga pola pemboran.
- d. 20.29.6. Menentukan bagaimana cara memisahkan mineral-mineralberharga dari pengotornya, recovery (perolehan) mineralberharga, dan menentukan ratio of concentration mineral berharga dengan alat Shaking-Table, Jig, Hydrocyclone, Magnetic Separator, Elektrostatis Separator, Flotasi,Humprey Spiral berdasarkan pada perbedaan ukuranya dan berat jenisnya.

- e. 20.36.4 Merencanakan bentuk/konsep reklamasi laut berbasis reklamasi ekosistem laut.
- f. 20.44.2 Menentukan potensi longsor yang terjadi pada hasil rancangan geometri lereng area pertambangan.

II. KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

A. Tujuan Pembelajaran

Modul ini disusun berdasarkan kompetensi pedagogik yang dirangkum kedalam kompetensi inti, kompetensi guru dan indikator pencapaian kompetensi. Oleh karena itu penulisan pembelajaran 1 ini bertujuan untuk:

1. Memberikan pengetahuan tentang penelitian tindakan kelas.
2. Memberikan pengetahuan kepada guru tentang pengertian dan karakteristik penelitian tindakan kelas.
3. Memberikan penjelasan tentang tujuan penelitian tindakan kelas dan langkah-langkah penelitian tindakan kelas.
4. Memberikan pengetahuan bagaimana melakukan analisis kelayakan solusi untuk pemecahan masalah.
5. Memberikan pengetahuan tentang bagaimana menyusun desain penelitian tindakan kelas serta cara dan alat untuk monitoring dalam pelaksanaan PTK.

B. Uraian Materi Pembelajaran

1. Pendahuluan Penelitian Tindakan Kelas

Setiap guru menginginkan tercapainya tujuan pembelajaran secara optimal, oleh karena itu upaya untuk meningkatkan kualitas pembelajaran harus secara terus menerus dilakukan. Salah satu upaya yang dapat segera dilakukan dan mendatangkan keuntungan ganda adalah dengan melakukan penelitian tindakan. Disatu sisi terjadi peningkatan, perbaikan, atau perubahan yang lebih baik terhadap apa yang dilaksanakan, sementara di sisi lain laporan penelitian jika disusun sesuai dengan kaidah ilmiah akan dapat diajukan ke lembaga penelitian (Lemlit) untuk mendapatkan pengakuan guna memperoleh angka kredit karya ilmiah.

Bagian ini membahas pengertian dan karakteristik penelitian tindakan kelas (PTK) serta langkah-langkah yang dapat dilakukan guru dalam melakukan PTK.

Setelah mempelajari bahan ajar ini Anda diharapkan dapat menyusun rencana PTK untuk perbaikan, peningkatan dan perubahan kearah praktek pembelajaran yang lebih baik.

2. Pengertian dan Karakteristik Penelitian Tindakan Kelas

PTK merupakan suatu proses dimana melalui proses ini guru dan siswa menginginkan terjadinya perbaikan, peningkatan dan perubahan pembelajaran yang lebih baik agar tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal.

Menurut Raka (1998), PTK merupakan suatu bentuk kajian yang bersifat reflektif oleh pelaku tindakan yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan rasional dari tindakan-tindakan yang dilakukannya itu, serta untuk memperbaiki kondisi-kondisi dimana praktek-praktek pembelajaran tersebut dilakukan.

Karakteristik PTK berbeda secara konseptual dan fundamental, yaitu PTK sebagai:

- a. *An inquiry on practice from within*, berarti kegiatan PTK didasarkan pada masalah keseharian yang dirasakan dan dihayati dalam melaksanakan pembelajaran yang selalu muncul, sekalipun siswa yang dihadapi berlainan pada setiap semesternya.
- b. *A collaborative effort and or participatives*, mengisyaratkan bahwa tindakan dan upaya perbaikan dilakukan bersama-sama siswa secara kolaboratif dan partisipatif. Siswa bukan hanya diperlakukan sebagai objek yang dikenai tindakan, tetapi juga sebagai pelaku aktif dalam kegiatan yang dilakukan guru untuk mencapai tujuan yang disepakati bersama.
- c. *A reflective practice made public*, berarti menghendaki agar keseluruhan proses implementasi tindakan dipantau dengan mempergunakan metode dan alat yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Dengan demikian laporan PTK akan dapat memenuhi kaedah metodologi ilmiah dan kesimpulan atau temuan yang berupa model atau prosedur upaya perbaikan, peningkatan dan perubahannya arah yang lebih baik dan dapat disebarluaskan (diseminasi).

Secara singkat karakteristik PTK dapat disebutkan:

- a. Situasional, artinya berkaitan langsung dengan permasalahan konkret yang dihadapi guru dan siswa di kelas.
- b. Kontekstual, artinya upaya pemecahan yang berupa model dan prosedur tindakan tidak lepas dari konteksnya, mungkin konteks budaya, sosial politik, dan ekonomi di mana proses pembelajaran berlangsung.
- c. Kolaboratif, partisipasi antara guru dan siswa atau teknisi yang terkait membantu proses pembelajaran. Hal ini didasarkan pada adanya tujuan yang sama yang diinginkan.
- d. *Self-reflective* dan *self-evaluative*. Pelaksana, pelaku tindakan, serta objek yang dikenai tindakan melakukan refleksi dan evaluasi diri terhadap hasil dan kemajuan yang dicapai.
- e. *Fleksible* dalam arti memberikan sedikit kelonggaran dalam pelaksanaan tanpa melanggar kaidah metodologi ilmiah.

Perbedaan antara PTK dan penelitian konvensional secara fundamental terlihat pada **Tabel 1** berikut ini:

Tabel 1. Perbedaan antara PTK dan Penelitian Konvensional secara Fundamental

No.	Aspek	Penelitian tindakan kelas	Penelitian konvensional
1	Masalah	Masalah dirasakan dan dihadapi peneliti dalam melaksanakan tugas pekerjaan	Masalah dan hasil pengamatan pihak lain termaksud sponsor
2	Tujuan	Melakukan perbaikan, perubahan ke arah yang lebih baik	Menguji hipotesis, membuat generalisasi, mencari eksplanasi
3	Manfaat	Langsung terlihat dan dapat dinikmati oleh konsumen serta objek penelitiannya	Tidak langsung terlihat dan dipakai sebagai saran-saran
4	Teori	Dipakai sebagai dasar memilih dan menentukan aksi atau solusi tindakan	Dipakai sebagai dasar perumusan hipotesis/pertanyaan penelitian
5	Metodologi	Bersifat lebih fleksibel sesuai konteks tanpa mengorbankan asas ilmiah metodologi. Analisis terjadi dalam proses setiap siklus.	Menuntut paradigma penelitian yang jelas. Langkah kerja cenderung linear. Analisis dilakukan sesudah data terkumpul, khususnya dalam penelitian kuantitatif.

3. Tujuan Penelitian Tindakan Kelas

Ada dua tujuan utama yang dapat dicapai dalam PTK, yaitu:

- a. Melakukan tindakan perbaikan, peningkatan dan perubahan ke arah yang lebih baik sebagai upaya pemecahan masalah.
- b. Menemukan model dan prosedur tindakan yang memberikan jaminan terhadap upaya pemecahan masalah yang mirip atau sama, dengan melakukan modifikasi atau penyelesaian seperlunya.

4. Langkah-Langkah Penelitian Tindakan Kelas

a. Identifikasi dan Formulasi Masalah

Langkah awal yang harus dilalui oleh peneliti dalam PTK ialah melakukan identifikasi dan membuat formulasi masalah yang memungkinkan diteliti melalui penelitian tindakan. Kedudukan perumusan atau formulasi masalah penelitian merupakan suatu langkah awal yang menentukan keberhasilan langkah-langkah selanjutnya. Dengan rumusan masalah yang jelas

dan tajam, maka peneliti akan mampu meletakkan dasar teori atau kerangka konseptual pemecahan masalah, mampu merumuskan hipotesis tindakan karena berdasarkan rumusan masalah yang diidentifikasi dan ditetapkan alternatif solusinya atau tindakan tepat yang perlu dilakukan.

1) Pengertian Umum

Dalam kehidupan sehari-hari baik disekolah maupun di kelas, guru tidak akan lepas dari permasalahan yang timbul dalam proses pembelajaran. Masalah yang muncul biasa sederhana, tetapi bisa juga kompleks yang merupakan masalah yang dihadapi siswa secara individual. Misalnya, seorang guru yang mengajar statistik, sekalipun ia telah berusaha menerangkan konsep-konsep dengan cara yang dipandang efektif, namun ternyata siswa tidak mampu memahami dengan baik dan terjadi kesalahan pemahaman. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan antara apa yang terjadi dengan apa yang diharapkan.

Masalah yang layak diangkat sebagai masalah untuk PTK, yaitu:

- a) Masalah tersebut menunjukkan suatu kesenjangan antara teori dan fakta empirik yang dirasakan dalam proses pembelajaran.
- b) Adanya kemungkinan untuk dicarikannya alternatif solusinya melalui tindakan konkret yang dapat dilakukan guru dan siswa.
- c) Masalah tersebut memungkinkan dicari dan diidentifikasi hal-hal atau faktor yang menyebabkannya.

Dari paparan tersebut diasumsikan bahwa guru akan mampu memilih masalah yang layak untuk diangkat dalam penelitian tindakan, karena guru yang dalam kesehariannya merasakan terjadinya masalah dalam proses pembelajaran dikelas.

2) Signifikasi Masalah Penelitian Tindakan Kelas

Masalah yang dipilih untuk diangkat dalam PTK hendaknya mempunyai nilai yang bukan sesaat dan memungkinkan diperolehnya model tindakan efektif yang dapat dipakai guna memecahkan masalah yang mirip atau sejenis. Oleh karena itu, peneliti perlu mengkaji seberapa besar tingkat kebermaknaan (*signifikasi*) permasalahan penelitian yang dipilih.

Pertanyaan yang dapat diajukan untuk mengkaji masalah misalnya sebagai berikut:

- a) Apakah masalah secara jelas teridentifikasi dan terformulasikan dengan benar?

- b) Apakah ada masalah lain yang terkait dengan masalah yang akan dipecahkan? Jika ya apakah menurut tindak pemecahan segera dan apakah telah trumuskan secara spesifik dan jelas?
- c) Apakah ada bukti empirik yang memperlihatkan nilai berharga untuk perbaikan praktik dan perbaikan pembelajaran?

3) Sumber Masalah

Jika masalah dalam penelitian konvensional dapat dicari sari bahan bacaan, laporan penelitian, makalah, diskusi dan lain sebagainya, maka masalah dalam PTK harus bersumber dari guru sendiri dan bukan berasal dari orang lain, misalnya peneliti perguruan tinggi/lembaga riset.

4) Cara Melakukan Identifikasi Masalah

Pada umumnya guru kurang atau belum menyadari bahwa apa yang dihadapi merupakan masalah dan tidak mempermasalahkannya. Biasanya sesuatu baru dianggap sebagai masalah jika guru sudah merasa kewalahan, tidak berdaya dan tidak mampu menghadapi sendiri. Langkah yang dapat dilakukan guru dalam melakukan identifikasi masalah adalah sebagai berikut:

- a) Menuliskan semua hal yang dirasakan memerlukan perhatian dan kepedulian karena akan mempunyai dampak yang tidak diharapkan terjadi, terutama yang terkait dengan pembelajaran, seperti daya tangkap siswa, penyampaian, alat/media pembelajaran, motivasi, sikap dan nilai perilaku siswa.
- b) Memilih dan mengklasifikasikan masalah menurut jenis/bidang permasalahannya, jumlah siswa yang mengalami dan tingkat frekuensi yang timbul.
- c) Mengurutkan masalah dari yang ringan, jarang terjadi dan banyaknya siswa yang mengalami dari masing-masing jenis permasalahannya.
- d) Mengambil 3-5 masalah dari setiap urutan dan mengkonfirmasi kepada guru yang mengajar.
- e) Masalah yang telah dikonfirmasi tersebut kemudian dikaji kelaikannya atau signifikansi untuk dipilih.

5) Formulasi Masalah

Dalam memformulasikan masalah, seorang peneliti, perlu memperhatikan beberapa ketentuan yang biasanya berlaku yaitu dengan memperhatikan:

- a) Aspek substansi
- b) Aspek formulasi
- c) Aspek teknis

Dari sisi aspek substansi atau isi yang terkandung, perlu dilihat bobot atau nilai kegunaan manfaat pemecahan masalah melalui tindakan seperti nilai aplikatifnya untuk memecahkan masalah serupa yang dihadapi guru, kegunaan metodologi dengan ditemukannya model tindakan dan prosedurnya, serta kegunaan teoritik dalam memperkaya atau mengoreksi teori pembelajaran yang berlaku. Sedangkan dari sisi orisinalitas, perlu dilihat apakah pemecahan dengan model tindakan itu merupakan suatu hal yang baru yang belum pernah dilakukan guru sebelumnya. Jika sudah pernah, berarti hanya merupakan perulangan atau refleksi saja.

Pada aspek formulasi, masalah hendaknya dirumuskan dalam bentuk kalimat *interogatif* (pertanyaan) dan bukan dalam bentuk *deklaratif* (pernyataan). Rumusan masalah harus dinyatakan secara eksplisit dan spesifik tentang apa yang dipermasalahkan

Dari aspek teknis, menyangkut kemampuan dan kelaikan peneliti untuk melakukan penelitian terhadap masalah yang diteliti. Pertimbangan yang dapat diajukan, seperti kemampuan teoritik dan metodologi pembelajaran, penguasaan materi ajar, kemampuan metodologi penelitian tindakan, kemampuan fasilitas untuk melakukan penelitian seperti dana, waktu, tenaga dan perhatian terhadap masalah yang akan dipecahkan. Oleh karena itu, disarankan untuk berangkat dari permasalahan yang sederhana, tetapi bermakna, guru dapat melakukan di kelasnya dan tidak perlu biaya, waktu dan tenaga yang besar.

6) Analisis Masalah

Analisis masalah merupakan kajian terhadap permasalahan dilihat dari segi kelayakannya. Sebagai acuan dapat diajukan pertanyaan berikut:

- a) Konteks, situasi dapat diajukan di mana masalah terjadi.
- b) Kondisi-kondisi prasyarat untuk terjadinya masalah.
- c) Keterlibatan komponen, aktor dalam terjadinya masalah.

- d) Kemungkinan adanya alternatif solusi yang dapat diajukan.
- e) Ketepatan waktu, lama yang diperlukan untuk pemecahan masalah.

Analisis masalah tersebut dipergunakan untuk merancang rencana tindakan baik dalam menentukan spesifikasi/jenis tindakan, keterlibatan aktor yang berkolaborasi (peran), waktu dalam siklus, identifikasi indikator perubahan peningkatan dari dampak tindakan, cara pemantauan kemajuan dan lain-lain. Formulasi tindakan dapat dilakukan, jika analisis masalah dapat dilakukan dengan baik.

7) Contoh Masalah

Berikut ini contoh masalah dalam PTK:

- a) Bagaimana cara meningkatkan partisipasi siswa dalam kegiatan belajar-mengajar.
- b) Apabila penyampaian materi oleh guru sistematis dan menggunakan Lembar Kerja (LK), apakah partisipasi siswa dalam kegiatan belajar-mengajar dapat meningkat?

8) Formulasi dalam Bentuk Hipotesis Tindakan

Pengertian hipotesis tindakan hendaknya dipahami sebagai suatu dugaan yang bakal terjadi jika suatu masalah dapat dilakukan. Misalnya jika kebiasaan membaca dapat ditingkatkan melalui penugasan mencari kata atau istilah serapan, maka perbedaharaan kata akan meningkat dengan rata-rata 10% setiap bulannya. Dari contoh ini, hipotesis tindakan merupakan tindakan yang diduga akan dapat memecahkan masalah yang diteliti.

Bentuk umum rumusan hipotesis tindakan berbeda dengan hipotesis penelitian konvensional. Jika hipotesis konvensional menyatakan adanya hubungan antara dua variabel atau lebih atau menyatakan adanya perbedaan mean antara dua kelompok atau lebih, hipotesis tindakan tidak menyatakan demikian, tetapi menyatakan *jika kita melakukan tindakan ini, kita percaya tindakan kita akan merupakan suatu pemecahan problem yang diteliti.*

Untuk merumuskan hipotesis tindakan, peneliti dapat melakukan kajian terhadap:

- a) Teori pembelajaran dan teori pendidikan
- b) Hasil-hasil penelitian yang relevan dengan permasalahannya.
- c) Hasil diskusi dengan rekan peneliti, pakar dll.
- d) Pendapat dan saran pakar pendidikan.

Dari kajian tersebut dapat diperoleh landasan untuk membangun hipotesis tindakan. Namun perlu juga dipertimbangkan kalayakan tindakan atas dasar situasi riil dan situasi ideal atau harapan, sebab jika terdapat jarak yang jauh dan tidak diupayakan menjembatannya, maka tindakan yang dilakukan tidak akan menimbulkan hasil yang optimal. Oleh karena itu, kondisi dan situasi yang dipersyaratkan hendaknya jangan terlalu ideal, yang tidak mungkin dapat dilakukan oleh guru. Peneliti hendaknya realistis terhadap kenyataan keseharian dunia sekolah dimana guru berada dan melaksanakan tugasnya.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merumuskan tindakan adalah sebagai berikut:

- a) Rumuskan alternatif-alternatif tindakan untuk pemecahan-pemecahan masalah berdasarkan hasil kajian. Alternatif tindakan hendaknya mempunyai landasan yang mantap secara teoritis dan konseptual.
- b) Kaji ulang atau evaluasi setiap alternatif pemecahan yang diusulkan dari segi bentuk tindakan dan prosedurnya, segi kalaikan, kemudahannya, kepraktisannya dan optimalisasi hasil serta cara penilaiannya.
- c) Pilih alternatif tindakan dan prosedur yang dinilai paling menjajikan hasil yang optimal dan dapat dilakukan oleh guru dalam kondisi dan situasi di perusahaan.
- d) Tentukan langkah-langkah untuk melaksanakan tindakan serta cara-cara untuk mengetahui hasilnya.
- e) Tentukan cara untuk mengkaji hipotesis tindakan guna membuktikan bahwa dengan tindakan yang dilakukan telah terjadi perubahan, perbaikan atau peningkatan yang menyakinkan.

b. Analisis Kelaikan Solusi untuk Pemecahan Masalah

Hipotesis tindakan harus dapat diuji secara empirik. Hal ini berarti tindakan harus dilakukan agar terjadi dampak yang dapat diketahui dan diukur. Dampak yang terjadi dapat dinyatakan secara kuantitatif maupun kualitatif.

Untuk melakukan tindakan agar menghasilkan dampak/hasil yang diharapkan, diperlukan kajian kelikatan terlebih dahulu. Hal-hal yang dapat dikaji kelaikannya adalah sebagai berikut:

- 1) Kemampuan guru yang akan bertindak sebagai pelaku tindakan di kelas. Apakah tindakan itu dapat dilakukan oleh guru? Apakah tidak terlalu sulit

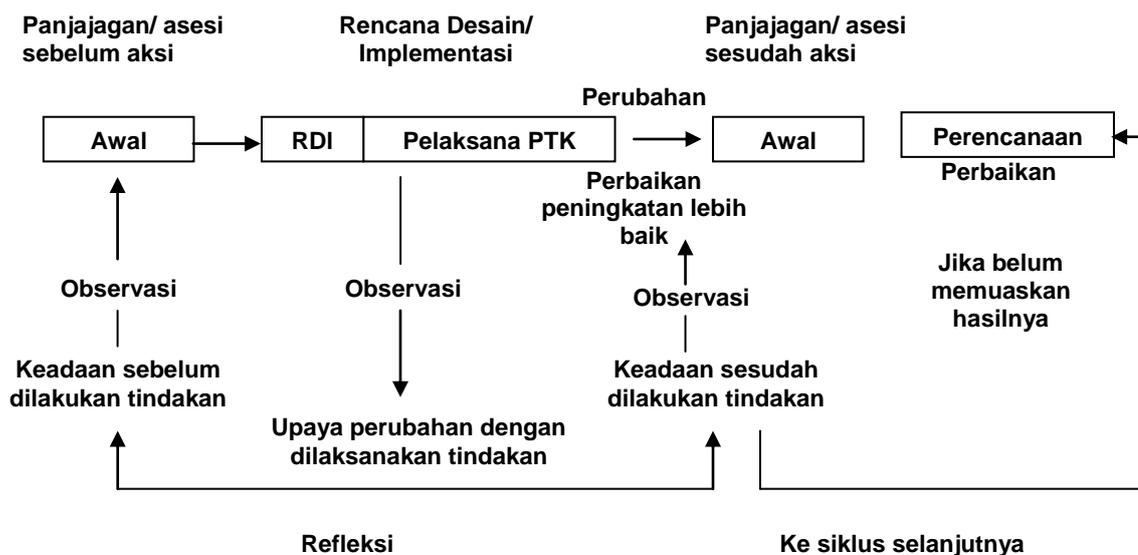
dan merepotkan guru? Hendaknya peneliti tidak menuntut guru melakukan sesuatu yang tidak mungkin ia lakukan. Selain itu harus ada ketersediaan guru dan bukan karena terpaksa dan takut untuk tidak melakukan.

- 2) Kemampuan siswa juga perlu diperhitungkan baik dari segi fisik, psikologis, sosial-budaya dan etik. Jangan sampai terjadi tindakan yang dilakukan justru merugikan siswa.
- 3) Fasilitas dan sarana pendukung yang tersedia di kelas. Apakah guru dan peneliti dapat mengusahakan fasilitas dan sarana yang diperlukan?
- 4) Iklim belajar di kelas, apakah cukup mendukung terwujudnya tindakan sesuai dengan desain.
- 5) Iklim kerja di program studi, apakah ada dukungan dari Ketua Program Studi Serta sejawat guru.

Peneliti bersama-sama guru dan Ketua Program Studi perlu membahas secara mendalam kelaikan solusi pemecahan masalah. Konsekuensi atas dilakukannya tindakan harus diantisipasi, demikian pula kemungkinan timbulnya masalah baru dengan adanya tindakan di kelas.

c. Penyusunan Desain PTK atau Model PTK

Kadang-kadang peneliti tidak dapat membedakan arti *Rencana* dengan *Desain*. Rencana, berarti seperangkat kegiatan yang ditata secara sistematis dan runtut yang akan dilaksanakan oleh peneliti untuk mencapai tujuan penelitian. Misalnya, jika seorang akan membuat rumah, maka ia harus membuat rencana anggaran. Untuk membuat anggaran ia harus mengetahui kegiatan apa saja yang memerlukan biaya atau mengeluarkan sejumlah uang. Kegiatan tersebut ditata secara runtun besarnya biayanya. Jadilah rencana anggaran biaya. Sedangkan arti desain adalah model atau gambaran bentuk yang akan diikuti di dalam pelaksanaan pembuatan rumah. Mungkin yang membangun rumah menginginkan desain rumah modern. Ini berarti menggambarkan model rumah yang memiliki ciri-ciri modern yang berbeda dengan desain rumah tradisional.



Gambar 1. Alur Kerja PTK

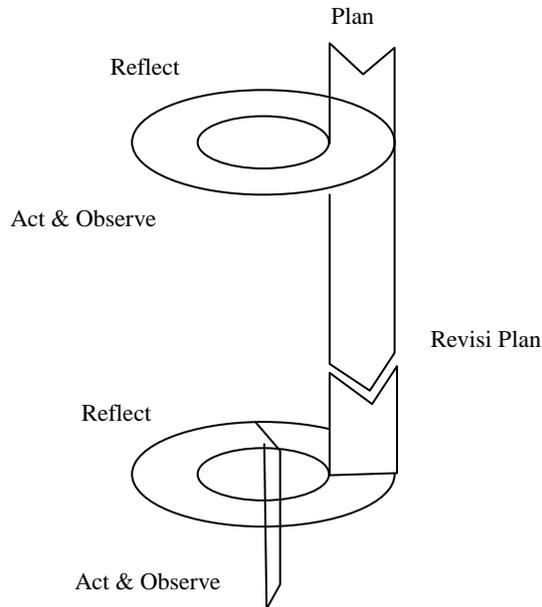
Pada **Gambar 1** di atas, pada tahap awal, peneliti melakukan peninjauan (*assessment*) untuk menentukan masalah hakiki yang dirasakan terhadap apa yang telah dilaksanakan selama ini. Pada tahap ini peneliti dapat menimbang dan mengidentifikasi masalah-masalah dalam praktek pembelajaran (memfokuskan masalah) kemudian melakukan analisis dan merumuskan masalah yang layak untuk penelitian penindakan.

Pada tahap kedua, berdasarkan masalah yang telah dipilih, disusun rencana berupa skenario tindakan atau aksi untuk melakukan perbaikan, peningkatan dan perubahan ke arah yang lebih baik dari praktek dan pembelajaran yang dilakukan untuk mencapai hasil yang optimal dan memuaskan.

Pada tahap ketiga, dilakukan implementasi rencana dan skenario tindakan. Peneliti bersama-sama kolaborator atau partisipan (misalnya guru peneliti yang lain serta siswa) melaksanakan kegiatan sebagaimana yang tertulis dalam skenario. Pemantauan atau monitoring dilakukan segera setelah kegiatan dimulai (*on going procrss monitoring*). Rekaman semua kejadian dan perubahan yang terjadi perlu dilakukan dengan berbagai alat dengan cara yang sesuai dengan situasi dan kondisi kelas.

Pada tahap keempat, berdasarkan hasil monitoring dilakukan analisis data yang dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk mengadakan evaluasi apakah tujuan yang dirumuskan telah tercapai. Jika belum memuaskan maka dilakukan revisi atau tindakan pada siklus sebelumnya. Proses alur akan selesai jika peneliti merasa puas terhadap hasil dar tindakan yang dilakukan

sesuai dengan rencananya. Dari pelaksanaan PTK dapat diperoleh dua macam hasil yaitu peningkatan mutu pembelajaran yang berdampak pada peningkatan nilai lapor siswa.



Gambar 2. Model Kemmis & McTaggart

Jika model Kemmis & McTaggart tersebut diikuti, maka peneliti (guru) pada tahap pertama menyusun rencana skenario tentang apa yang akan dilakukan dan perilaku apa yang diharapkan terjadi pada siswa sebagai reaksi atas tindakan yang dikenakan kepada mereka. Di dalam skenario tersebut disebutkan pula fasilitas yang diperlukan, sarana pendukung proses pembelajaran, alat serta cara merekam perilaku selama proses berlangsung. Dengan kata lain guru sebagai peneliti harus mempersiapkan dengan baik rencana tindakan beserta kelengkapan/fasilitas yang diperlukannya.

Pada tahap kedua, peneliti melaksanakan rencana tindakan sesuai dengan skenario. Pelaksanaan tindakan dilakukan berdasarkan skenario di dalam situasi sosial, artinya terdapat interaksi antar guru-siswa dan antar siswa di dalam suasana pembelajaran. Kegiatan pelaksanaan tindakan merupakan kegiatan pokok dalam PTK. Pada saat proses berlangsung, hendaknya guru sebagai peneliti mengamati atau mengobservasi perubahan perilaku yang diduga sebagai reaksi atau tanggapan terhadap tindakan yang diberikan. Jika terjadi arah yang diduga merugikan, maka perlu dilakukan

perubahan tindakan pencegahan dan mengembalikan ke arah yang benar yang telah dirancang.

Tahap ketiga dalam alur daur tersebut adalah monitoring/pemantauan. Monitoring dapat dilakukan oleh guru dan siswa. Guru dapat membuat catatan, rekaman dan cara-cara yang biasa dipakai dalam penelitian.

Tahap keempat adalah refleksi. Dengan refleksi ini peneliti dapat melakukan evaluasi terhadap apa yang telah dilakukannya. Hasil observasi dalam monitoring dianalisis baik secara kuantitatif maupun kualitatif dan dipergunakan untuk evaluasi terhadap prosedur, proses serta tindakan. Peneliti melakukan refleksi untuk mengetahui apakah terjadi sesuai dengan skenario, apakah tidak terjadi penyimpangan prosedur, apakah prosesnya seperti yang dibayangkan dalam skenario dan apakah hasilnya sudah memuaskan sebagaimana diharapkan. Jika ternyata belum memuaskan dikarenakan suatu hal, maka perlu ada perancangan ulang yang diperbaiki dan jika perlu, disusun skenario baru.

d. Cara dan Alat Monitoring dalam Pelaksanaan PTK

Tujuan monitoring dalam PTK adalah untuk mengikuti proses perubahan yang terjadi selama kegiatan pembelajaran berlangsung dimana tindakan yang dirancang dilaksanakan, serta perubahan atau hasil dampak dengan adanya tindakan yang dilakukan guru. Oleh karena itu, terdapat rentang yang cukup luas tentang cara melakukan monitoring, dari yang informal sampai yang formal. Seperti catatan harian, catatan lapangan, catatan berkala, catatan anekdotikal, catatan rekaman observasi, hasil wawancara, hasil kuesioner, test, masukan siswa, portopolio serta dokumen.

Alat monitoring dapat menggunakan peneliti itu sendiri dengan melakukan pengamatan dan wawancara sebagaimana dilakukan dalam penelitian kualitatif. Selain itu, dapat pula mempergunakan alat yang berupa pedoman, observasi, pedoman wawancara, kuesioner, tes, alat untuk kerja dan lain sebagainya. Alat perekam gambar atau video, audio dan alat lain boleh juga dipergunakan jika tidak mengganggu atau terjadi intervensi akibat penggunaan alat rekam tersebut yang diluar rancangan tindakan dan hanya sebatas sebagai alat bantu perekam proses tindakan.

Sebagai contoh, gambaran sasaran observasi dalam proses pembelajaran dapat disebutkan:

- 1) Perbaikan/peningkatan atau perubahan:

- a) Kesiapan siswa dalam mengikuti proses pembelajaran
 - b) Frekuensi dan kualitas pertanyaan
 - c) Cara menjawab dan penalarannya
 - d) Kualitas kerjasama kelompok
 - e) Aktifitas mencari sumber belajar
- 2) Dampak atau hasil tindakan:
- a) Meningkatkan kualitas pekerjaan/hasil ujian.
 - b) Meningkatkan nilai yang dicapai siswa.
 - c) Meningkatkan minat untuk mendalami pengetahuan yang diberikan.
 - d) Timbulnya rasa puas atas bahan yang dipelajari dalam proses pembelajaran.
 - e) Meningkatkan kemampuan analisis dan daya berfikir kritis.

Guru sebagai peneliti dapat menentukan sendiri kriteria yang akan dipakai untuk mengevaluasi efektivitas tindakan yang dilakukannya. Hendaknya siswa juga diminta berpartisipasi dalam melakukan monitoring dan evaluasi, sebab siswalah yang dapat merasakan atau melakukan perubahan ke arah yang lebih baik atau sebaliknya. Oleh karena itu, siswa dalam PTK tidak diperlakukan sebagai objek semata, tetapi ia ikut pula memberikan masukan bahwa evaluasi terhadap hasil atau dampak tindakan jika siswa diminta untuk membuat catatan harian tentang apa yang dialami atau dirasakan dalam proses pembelajaran.

e. Teknis Analisis Data

Peneliti hendaknya tidak dibayangi oleh tuntutan untuk mempergunakan teknis analisis canggih seperti LISREL, analisis diskriminan, analisis faktor dan lain sebagainya. Karena tujuan analisis dalam PTK adalah untuk memperoleh bukti kepastian apakah terjadi perbaikan, peningkatan atau perubahan sebagaimana yang diharapkan, bukan untuk membuat generalisasi atau pengujian teori.

Jika data yang dikumpulkan berupa angka atau data kuantitatif, cukup dengan menggunakan analisis deskriptif dan sajian visual. Sajian tersebut untuk menggambarkan bahwa sengan tindakan yang dilakukan dapat menimbulkan adanya perbaikan, peningkatan dan perubahan ke arah yang lebih baik jika dibandingkan dengan keadaan sebelumnya. Perlu disadari bahwa peneliti tidak dapat membandingkan hasil (seperti nilai lapor) antara siswa yang diajar pada semester yang berbeda, karena tidak komparabel. Komparasi hanya dilakukan

pada diri mereka sendiri, apa yang dirasakan, perubahan atau peningkatan apa yang dialami dan dirasakan.

Jika yang dikumpulkan adalah data kualitatif, maka analisis yang dilakukan secara kualitatif pula. Proses analisis dilakukan melalui tahap: menyeleksi, menyederhanakan, mengklasifikasi, memfokuskan, mengorganisasi secara sistematis dan logis, serta membuat abstraksi atas kesimpulan makna hasil analisis. Untuk analisis dari Miles dan Hubberman (1984) dapat digunakan. Ada tiga tahap pokok, yaitu

- 1) Tahap pertama adalah reduksi data, peneliti mencoba memilahkan data yang relevan, penting, bermakna dan data tidak berguna untuk menjelaskan tentang apa yang menjadi sasaran analisis. Langkah yang dilakukan adalah menyederhanakan dengan jalan membuat fokus, klasifikasi dan abstraksi data kasar menjadi data yang bermakna untuk dianalisis.
- 2) Tahap kedua adalah sajian deskriptif tentang apa yang ditemukan dalam analisis. Sajian deskriptif dapat diwujudkan dalam narasi, visual gambar, tabular dan lain sebagainya yang akan lebih memudahkan pembaca mengikutinya. Alur sajiannya harus sistematis dan logis.
- 3) Tahap ketiga adalah penyimpulan atas apa yang disajikan. Kesimpulan merupakan intisari dari analisis yang memberikan pernyataan tentang dampak dari PTK yang dilakukan maupun efektivitas proses pembelajaran yang dilakukannya.

5. Rangkuman

- a. Penelitian tindakan kelas (PTK) merupakan suatu proses dimana melalui proses ini guru dan siswa menginginkan terjadinya perbaikan, peningkatan dan perubahan pembelajaran yang lebih baik agar tujuan pembelajaran dapat tercapai secara optimal.
- b. Karakteristik PTK, yaitu situasional, kontekstual, kolaboratif, *self-reflective* dan *self-evaluative* serta fleksibel.
- c. Tujuan utama dalam PTK, yaitu melakukan tindakan perbaikan, peningkatan dan perubahan serta menemukan model dan prosedur tindakan.
- d. Langkah-langkah dalam PTK, yaitu identifikasi dan formulasi masalah, analisis kelayakan solusi untuk pemecahan masalah, penyusunan desain PTK atau model PTK, cara dan alat monitoring dalam pelaksanaan PTK dan teknis analisis data.

C. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang ada pada kegiatan pembelajaran mengenai kompetensi pedagogik ini adalah:

1. Mengamati

Mengamati kaidah-kaidah penelitian tindakan kelas dalam proses belajar mengajar dengan mengikuti langkah-langkah dalam materi penelitian tindakan kelas.

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiritentang materi yang berhubungan dengan penelitian tindakan kelas .

3. Mengumpulkan data

Mengumpulkan data yang berhubungan dengan penelitian tindakan kelas dan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang terdapat pada instrument evaluasi.

4. Mengasosiasi/ Mengolah Informasi

Mengkategorikan data dan menentukan hubungan materi penelitian tindakan kelas dengan tujuan penelitian tindakan kelas, untuk selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang paling sederhana sampai pada yang lebih kompleks, sehingga tidak ada materi pembelajaran yang terlewatkan.

5. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang penelitian tindakan kelas dalam proses belajar mengajar secara lisan oleh pengajar ke peserta didik.

D. Umpan Balik

Untuk mendapatkan umpan balik setelah mempelajari modul pembelajaran 1 ini, guru-guru diminta untuk mengisi rubrik umpan balik ini dan memberikan masukan yang konstruktif yang disediakan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rubrik Umpan Balik Isi Modul

No	Pokok Bahasan	Pertanyaan Umpan Balik	Jawaban Guru dan Tindak Lanjut
1	Kriteria PTK	Bisakah Saudara menerapkan kriteria PTK di dalam proses pembelajaran (C3)	
2	Tujuan PTK	Apakah Saudara paham cara mengemukakan tujuan PTK kepada Siswa (C2)	

3	Langkah-langkah PTK	Bisakah Saudara mempraktikkan langkah-langkah PTK dalam proses pembelajaran (P2)	
---	---------------------	--	--

E. Latihan/Soal/Tugas

- a. Sebutkan 5 karakteristik PTK secara singkat?
- b. Jelaskan perbedaan antara PTK dan penelitian konvensional secara fundamental dari aspek teori?
- c. Uraikan tujuan dari penelitian tindakan kelas (PTK)?
- d. Uraikan 3 karakteristik masalah yang layak diangkat untuk PTK?
- e. Uraikan 2 contoh masalah di dalam PTK?

F. Kunci Jawaban

- a. Karakteristik PTK secara singkat:
 - 1) Situasional, artinya berkaitan langsung dengan permasalahan konkret yang dihadapi guru dan siswa di kelas.
 - 2) Kontekstual, artinya upaya pemecahan yang berupa model dan prosedur tindakan tidak lepas dari konteksnya, mungkin konteks budaya, sosial politik, dan ekonomi di mana proses pembelajaran berlangsung.
 - 3) Kolaboratif, partisipasi antara guru dan siswa atau teknisi yang terkait membantu proses pembelajaran. Hal ini didasarkan pada adanya tujuan yang sama yang diinginkan.
 - 4) *Self-reflective* dan *self-evaluative*. Pelaksana, pelaku tindakan, serta objek yang dikenai tindakan melakukan refleksi dan evaluasi diri terhadap hasil dan kemajuan yang dicapai.
 - 5) *Fleksible* dalam arti memberikan sedikit kelonggaran dalam pelaksanaan tanpa melanggar kaidah metodologi ilmiah.
- b. PTK dipakai sebagai dasar memilih dan menentukan aksi atau solusi tindakan. Sedangkan, penelitian konvensional secara fundamental dipakai sebagai dasar perumusan hipotesis/pertanyaan penelitian.
- c. Tujuan dari PTK:
 - 1) Melakukan tindakan perbaikan, peningkatan dan perubahan ke arah yang lebih baik sebagai upaya pemecahan masalah.
 - 2) Menemukan model dan prosedur tindakan yang memberikan jaminan terhadap upaya pemecahan masalah yang mirip atau sama, dengan melakukan modifikasi atau penyelesaian seperlunya.

- d. Masalah yang layak diangkat untuk PTK:
 - 1) Masalah tersebut menunjukkan suatu kesenjangan antara teori dan fakta empirik yang dirasakan dalam proses pembelajaran.
 - 2) Adanya kemungkinan untuk dicarikannya alternatif solusinya melalui tindakan konkret yang dapat dilakukan guru dan siswa.
 - 3) Masalah tersebut memungkinkan dicari dan diidentifikasi hal-hal atau faktor yang menimbulkannya.
- e. Contoh masalah di dalam PTK:
 - 1) Bagaimana cara meningkatkan partisipasi siswa dalam kegiatan belajar-mengajar?
 - 2) Apabila penyampaian materi oleh guru sistematis dan menggunakan Lembar Kerja (LK), apakah partisipasi siswa dalam kegiatan belajar-mengajar dapat meningkat?

III. KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

A. Tujuan Pembelajaran

Modul ini disusun berdasarkan kompetensi profesional. Kompetensi tersebut dirangkum kedalam kompetensi inti, kompetensi guru dan indikator pencapaian kompetensi. Oleh karena itu penulisan pembelajaran 2 ini bertujuan untuk:

1. Memberikan pengetahuan tentang pengertian foraminifera besar.
2. Memberikan pengetahuan tentang bagaimana cara melakukan preparasi foraminifera besar.

B. Uraian Materi Pembelajaran

1. Pendahuluan

Preparasi adalah proses pemisahan fosil dari batuan dan material pengotor lainnya. Setiap jenis fosil memerlukan metode preparasi yang. Proses ini pada umumnya bertujuan untuk memisahkan mikrofosil yang terdapat dalam batuan dari material-material lempung (matrik) yang menyelimutinya.

2. Teknik Preparasi Foraminifera Besar

Di Indonesia foraminifera bentos besar sangat banyak ditemukan dan bisa digunakan untuk menentukan umur relatif batuan sedimen dengan menggunakan *zonasi* foraminifera bentos besar. Berdasarkan Adams (1970) dalam Noor (2012), untuk menganalisisnya dilakukan dengan mempergunakan sayatan tipis. Sayatan standar harus memenuhi persyaratan antara lain sebagai berikut (Noor, 2012):

- a. Tebal sayatan merata kurang lebih 0.05mm.
- b. Tidak rusak atau pecah sehingga fosil kelihatan utuh.
- c. Bersih, artinya bebas dari kotoran yang terselip selama proses pembuatan.
- d. Bebas dari gelembung gas.

Untuk pembuatan sayatan tipis diperlukan bahan berupa fosil lepas atau batuan yang berfosil. Untuk fosil lepas, maka harus dipilih sedemikian rupa sehingga fosil yang akan disayat harus utuh dan tidak lapuk. Alat yang diperlukan untuk pembuatan sayatan tipis antara lain:

- a. Mesin pemotong batuan.
- b. Mesin pengasah fosil.
- c. Serbuk karborundum yang halus 600 mesh dan kasar 200 mesh dan 400 mesh.
- d. Kaca pengasah.

- e. Lampu spiritus.
- f. Pinset sebagai alat penjepit fosil.
- g. Balsem kanada.
- h. Kaca obyek kaca penutup fosil.
- i. Kawat pengaduk balsem kanada.

Sedangkan prosedur kerjanya adalah sebagai berikut (Noor, 2012):

- a. Contoh batuan yang akan dianalisis disayat terlebih dahulu dengan mesin penyayat/gurinda. Arah sayatan diusahakan memotong struktur tubuh foraminifera besar yang ada didalamnya.
- b. Setelah mendapatkan arah sayatan yang dimaksud, contoh tersebut ditipiskan pada kedua sisinya menggunakan mesin pengasah fosil.
- c. Poleskan salah satu sisi contoh tersebut dengan mempergunakan bahan abrasif (serbuk karborondum) dan air.
- d. Setelah itu, tempel sisi tersebut pada objektif gelas (ukuran internasional 43 x 30 mm) dengan mempergunakan Balsam Kanada.
- e. Tipiskan kembali sisi lainnya hingga contoh tersebut menjadi transparan dan biasanya ketebalan sekitar 30-50 μm dengan kaca pengasah.
- f. Setelah ketebalan yang dimaksud tercapai, teteskan Balsam Kanada secukupnya dan kemudian ditutup dengan "cover glass". Beri label.
- g. Sampel siap dideterminasi.

3. Rangkuman

- a. Preparasi adalah proses pemisahan fosil dari batuan dan material pengotor lainnya.
- b. Foraminifera besar digunakan untuk menentukan umur relatif batuan sedimen dengan mempergunakan sayatan tipis dan bantuan mikroskop.
- c. Sayatan standar harus memenuhi persyaratan antara lain tebal sayatan ± 0.05 mm, tidak rusak, bersih dan bebas dari gelembung gas.

C. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang ada pada kegiatan pembelajaran mengenai kompetensi profesional ini adalah:

1. Mengamati

Peserta didik diharapkan mengamati pengajar (guru) pada saat proses belajar mengajar untuk materi mengenai teknik preparasi foraminifera besar.

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang landasan teori mengenai teknik preparasi foraminifera besar.

3. Mengumpulkan data

Mengumpulkan data yang berhubungan dengan materi teknik preparasi foraminifera besardan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan materi tersebut.

4. Mengasosiasi/ Mengolah Informasi

Mengkategorikan data yang berhubungan dengan materi teknik preparasi foraminifera besar dan mengkaitkan fungsinya ke dalam ilmu geologi, untuk selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang paling sederhana sampai pada yang lebih kompleks, sehingga tidak ada materi pembelajaran yang terlewatkan.

5. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptulisasi tentang teknik preparasi foraminifera besar dalam proses belajar mengajar secara lisan oleh pengajar ke peserta didik.

D. Umpan Balik

Untukmendapatkanumpanbalik setelah mempelajari modul pembelajaran 6 ini, guru-guru diminta untuk mengisi rubrik umpan balik ini dan memberikan masukan yang konstruktif yang disediakan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Rubrik Umpan Balik Isi Modul

No	Pokok Bahasan	Pertanyaan Umpan Balik	Jawaban Guru dan Tindak Lanjut
1	Sayatan Tipis	Apakah saudara dapat menjelaskan syarat-syarat untuk membuat sayatan tipis pada contoh batuan (C2)	
2	Prosedur Preparasi Foraminifera Besar	Apakah saudara mampu mempraktikkan Prosedur Preparasi Foraminifera Besar (P2)	

E. Latihan/Soal/Tugas

1. Soal Essey

- Jelaskan pengertian preparasi foraminifera/tujuannya?
- Bagaimanakah kriteria-kriteria pengambilan sampel pada preparasi foraminifera?

- c. Apakah kegunaan dari penganalisaan foraminifera besar dan metoda apa yang dipakai untuk menganalisisnya?
- d. Apakah persyaratan standar yang harus dipenuhi pada saat membuat sayatan pada batuan?
- e. Sebutkan peralatan yang diperlukan untuk pembuatan sayatan tipis?

F. Kunci Jawaban

1. Essey

- a. Preparasi adalah proses pemisahan fosil dari batuan dan material pengotor lainnya. Proses ini pada umumnya bertujuan untuk memisahkan mikrofosil yang terdapat dalam batuan dari material-material lempung (matrik) yang menyelimutinya.
- b. Kriteria-kriteria pengambilan sampel pada preparasi foraminifera:
 - 1) Pilih sampel batuan insitu dan bukan berasal dari talus.
 - 2) Pilih batuan yang berukuran butir halus karena lebih memungkinkan mengandung fosil dibandingkan batuan yang berbutir kasar yang tidak dapat mengawetkan fosil.
 - 3) Pilih batuan yang lunak, karena akan memudahkan dalam proses pemisahan fosil.
- c. Foraminifera bentos besar digunakan untuk menentukan umur relatif batuan sedimen dengan menggunakan *zonasi* foraminifera bentos besar. Metoda penganalisisannya dilakukan dengan mempergunakan sayatan tipis pada batuan yang mengandung fosil.
- d. Persyaratan standar yang harus dipenuhi pada saat membuat sayatan pada batuan:
 - 1) Tebal sayatan pada batuan merata kurang lebih 0.05mm.
 - 2) Batuan tidak boleh rusak atau pecah sehingga fosil kelihatan utuh.
 - 3) Batuan harus bersih, artinya bebas dari kotoran yang terselip selama proses pembuatan.
 - 4) Batuan harus bebas dari gelembung gas.
- e. Alat yang diperlukan untuk pembuatan sayatan tipis antara lain:
 - 1) Mesin pemotong batuan.
 - 2) Mesin pengasah fosil.

- 3) Serbuk karborundum yang halus 600 mesh dan kasar 200 mesh dan 400 mesh.
- 4) Kaca pengasah.
- 5) Lampu spiritus.
- 6) Pinset sebagai alat penjepit fosil.
- 7) Balsem kanada.
- 8) Kaca obyek kaca penutup fosil.
- 9) Kawat pengaduk balsem kanada.

IV. KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

A. Tujuan Pembelajaran

Modul ini disusun berdasarkan kompetensi pedagogik dan potensi profesional. Kedua kompetensi tersebut dirangkum kedalam kompetensi inti, kompetensi guru dan indikator pencapaian kompetensi. Oleh karena itu penulisan pembelajaran 3 ini bertujuan untuk:

1. Memberikan pengetahuan tentang Undang-Undang No. 1 tahun 1970 tentang keselamatan kerja dan hubungannya dengan penanggulangan kebakaran.
2. Memberikan pengetahuan tentang peraturan-peraturan di bawah undang-undang seperti keputusan menteri yang berhubungan penanggulangan kebakaran.
3. Memberikan pengetahuan tentang unsur-unsur penyebab kebakaran serta bahan-bahan apa saja yang mudah terbakar.
4. Menjelaskan bahaya kebakaran berdasarkan pada tingkat potensi bahaya dan penggolongan kelas-kelas kebakaran.
5. Memberikan pengetahuan tentang penggolongan kelas-kelas kebakaran, organisasi penanggulangan kebakaran serta menentukan tempat atau jalur-jalur evakuasi.

B. Uraian Materi Pembelajaran

1. Dasar Perundangan Penanggulangan Kebakaran

a. Undang-Undang No. 1 Tahun 1970

Keselamatan kerja yang ada hubungannya dengan kebakaran telah diatur dalam Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja pasal 3 ayat 1 mengenai syarat-syarat keselamatan kerja, disebutkan bahwa syarat-syarat keselamatan kerja adalah untuk mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran.

b. Kepmenaker No. Kep 186/ MEN/ 1999 1999

Mengatur tentang Unit Penanggulangan di Tempat Kerja yang menyatakan bahwa untuk menanggulangi kebakaran di tempat kerja, diperlukan adanya peralatan proteksi kebakaran yang memadai, petugas penanggulangan kebakaran yang ditunjuk khusus untuk itu, serta dilaksanakannya prosedur penanggulangan keadaan darurat.

c. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. Per. 04/ MEN/

1980 mengatur tentang Syarat-syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan yang menyatakan bahwa dalam rangka untuk

mensiap-siagakan pemberantasan pada mula terjadinya kebakaran, maka setiap alat pemadam api ringan harus memenuhi syarat-syarat keselamatan kerja.

d. SK Menaker R.I No. 158 Tahun 1972

SK Menaker R.I No. 158 Tahun 1972 berisi tentang Program Operasional Serentak, Singkat padat untuk Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran. Kebakaran dapat merupakan pangkal bencana yang dapat mempengaruhi stabilitas politik dan ekonomi serta dapat merupakan ancaman dan hambatan terhadap jalannya Pembangunan Nasional, oleh karena itu perlu diambil langkah-langkah yang efektif, baik secara preventif maupun secara represif untuk menanggulangi peristiwa kebakaran terutama di perusahaan-perusahaan/ tempat kerja.

2. Kebakaran

Kebakaran adalah reaksi kimia yang berlangsung cepat serta memancarkan panas dan sinar. Reaksi kimia yang timbul termasuk jenis reaksi oksidasi (Zaini 1998 dalam Santoso 2004). Sebenarnya kebakaran dapat terjadi apabila ada tiga unsur pada kondisi tertentu menjadi satu. Unsur-unsur tersebut adalah sumber panas, oksigen dan bahan mudah terbakar (Santoso, 2004).

a. Unsur-Unsur Penyebab Kebakaran

1) Bahan Mudah Terbakar

Menurut Suma'mur (1989) bahan mudah terbakar yang berpengaruh terhadap terjadinya kebakaran tergantung pada :

- a) Titik Nyala (*flash point*) :Titik nyala suatu zat cair yang mudah terbakar adalah suhu terendah dimana pada suhu tersebut zat cair itu menyebabkan cukup uap untuk membentuk campuran yang dapat menyala dengan udara didekat permukaan cairan atau bahan dalam menyala, makin besar bahaya zat cair tersebut cairan dengan titik nyala di bawah suhu kamar lebih berbahaya dari pada cairan dengan titik nyala yang lebih tinggi.
- b) Suhu Menyala Sendiri adalah suhu terendah yang padanya zat padat, cair dan gas akan menyala sendiri tanpa adanya bunga api atau nyala api.
- c) Sifat Pembakaran Oleh Karena Pemanasan Suhu menyala sendiri yang dipengaruhi oleh keadaan fisik dan cepatnya pemanasan. Uap beberapa zat cair menyala pada pemasangan oleh permukaan dengansuhu 260°C atau dibawahnya. Bahan lain seperti logam dalam

bentuk bubuk halus mengalami proses pemanasan sendiri dan menyala dengan zat asam di udara. Bahan seperti jerami dapat menjadi panas dan terbakar sebagai akibat fermentasi dan oksidasi.

- d) Berat Jenis dan Perbandingan Berat Uap terhadap Udara. Kebanyakan zat cair mudah terbakar akan terapung di atas permukaan air sehingga terus terbakar dan kebakaran meluas ke tempat lain. Zat-zat lain yang lebih berat dari udara akan mengendap dan nyala pun akan berhenti. Uap semua zat cair adalah lebih berat dari udara, sedang gas mudah terbakar lebih ringan dari udara.
 - e) Kemampuan Zat yang mudah menyala untuk bercampur dengan air. Hal ini sangat penting karena titik nyala akan naik bila air akan dicampur dengan zat tersebut. Seperti alkohol dan aseton dapat bercampur baik dengan air sehingga nyala tidak dapat terbakar dengan pengeceran air.
 - f) Keadaan Fisik Zat cair yang mudah menyala yang terdapat dalam wadah dalam jumlah yang besar tidak berbahaya karena permukaannya tidak cukup luas untuk atau tidak bersentuhan dengan udara. Tumpukan atau uap yang keluar dari wadah penyimpanannya, sangat membahayakan jika terbakar, api yang terjadi dapat membakar seluruh zat cair yang ada dalam wadah. Cairan dalam bentuk kabut atau embun di udara dapat menyala pada suhu yang lebih rendah dari titik nyalanya, asalkan kadar minimum telah terpenuhi.
- 2) Panas Elemen ini bisa diperlukan bahan mudah terbakar untuk mencapai titik nyalanya (apabila titik nyalanya di atas suhu udara) dan memicu uap agar terbakar. Menurut Suma'mur (1989) bahaya yang umumnya terjadi adalah karena merokok, zat cair mudah terbakar, nyala api terbuka, tatarumah tangga yang buruk, mesin-mesin yang tidak terawat dan menjadi panas, listrik statis, alat-alat las dan kabel-kabel listrik.
 - 3) Oksigen Merupakan unsur ketiga dari ketiga penyebab kebakaran atau peledakan. Bahan mudah terbakar memerlukan paling sedikit 15% oksigen untuk dapat terbakar. Dalam keadaan lebih dari 21%, oksigen dapat menyebabkan pembakaran lebih hebat dan dapat menjurus pada peledakan oksigen yang dihasilkan dari bahan kimia apabila terjadi proses pemanasan dan bahan ini lebih dikenal sebagai oksidator (Suma'mur, 1989).

b. Bahaya Kebakaran

Menurut Kepmenaker No. KEP. 186/ MEN/ 1999 klasifikasi tingkat potensi bahaya meliputi:

- 1) Klasifikasi tingkat resiko bahaya kebakaran ringan Adalah tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar rendah, dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas rendah, sehingga menjalarnya api lambat. Yang termasuk bahaya kebakaran ringan adalah tempat ibadah, gedung/ ruang pendidikan, gedung/ ruang perawatan, gedung/ ruang lembaga, gedung/ ruang perpustakaan, gedung/ ruang museum, gedung/ ruang perkantoran, gedung/ ruang perumahan, gedung/ ruang rumah makan, gedung/ ruang perhotelan, gedung/ ruang rumah sakit, gedung/ ruang penjara.
- 2) Klasifikasi tingkat resiko bahaya kebakaran sedang I Adalah tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang, menimbun bahan dengan tinggi tidak lebih dari 2,5 meter dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang, sehingga menjalarnya api sedang. Yang termasuk bahaya kebakaran sedang I adalah tempat parkir, pabrik elektronika, pabrik roti, pabrik barang gelas, pabrik minuman, pabrik permata, pabrik pengalengan, binatu, pabrik susu.
- 3) Klasifikasi tingkat resiko bahaya kebakaran sedang II Adalah tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang, menimbun bahan dengan lebih dari 4 meter, dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang, sehingga menjalarnya api sedang. Yang termasuk bahaya kebakaran sedang II adalah penggilingan padi, pabrik bahan makanan, percetakan dan penerbitan, bengkel mesin, gudang pendinginan, perakitan kayu, gudang perpustakaan, pabrik barang keramik, pabrik tembakau, pengolahan logam, penyulingan, pabrik barang kelontong, pabrik barang kulit, pabrik tekstil, perakitan kendaraan bermotor, pabrik kimia (bahan kimia dengan kemudahan terbakar sedang), pertokoan dengan pramuniaga kurang dari 50 orang.
- 4) Klasifikasi tingkat resiko bahaya kebakaran sedang III Adalah tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar tinggi, dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas tinggi, sehingga menjalarnya api cepat. Yang termasuk bahaya kebakaran sedang III adalah Ruang Pameran, Pabrik Permadani, Pabrik Makanan, Pabrik sikat, Pabrik ban, Pabrik karung, Bengkel mobil, Pabrik Sabun, Pabrik Tembakau, Pabrik lilin, Studio dan Pemancar, Pabrik barang plastic, pergudangan, pabrik

pesawat terbang, pertokoan dengan pramuniaga lebih dari 50 orang, penggergajian dan pengolahan kayu, pabrik makanan kering dari bahan tepung, pabrik minyak nabati, Pabrik tepung terigu, pabrik pakaian.

- 5) Klasifikasi tingkat resiko bahaya kebakaran berat Adalah tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar tinggi, menyimpan bahan cair, serat atau bahan lainnya dan apabila terjadi kebakaran apinya cepat membesar dengan melepaskan panas tinggi, sehingga menjalarnya api cepat. Yang termasuk bahaya kebakaran berat adalah pabrik kembang api, pabrik koren api, pabrik cat, pabrik bahan peledak, permintaan benang atau kain, penggergajian kayu dan penyelesaiannya menggunakan bahan mudah terbakar, studio film dan televisi, pabrik karet buatan, hanggar pesawat terbang, penyulingan minyak bumi, pabrik karet busa dan plastik busa

c. Penggolongan Kelas-Kelas Kebakaran

Di Indonesia menganut klasifikasi yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. Per. 04/ MEN/ 1980, yang pembagiannya sebagai berikut:

- 1) Kelas A Kebakaran yang disebabkan oleh benda-benda padat selain logam yang kebanyakan tidak dapat terbakar dengan sendirinya, misalnya kertas, kayu, plastik, karet, busa dan lain-lainnya. Kebakaran kelas A ini adalah akibat panas yang datang dari luar, molekul-molekul benda padat terurai dan membentuk gas dan gas inilah yang terbakar. Hasil kebakaran ini menimbulkan panas dan selanjutnya mengurai lebih banyak molekul-molekul dan menimbulkan gas yang terbakar. Sifat utama dari kebakaran benda padat adalah bahan bakarnya tidak mengalir dan sanggup menyimpan panas yang banyak sekali dalam bentuk bara.
- 2) Kelas B Kebakaran yang disebabkan oleh benda-benda mudah terbakar berupa cairan, misalnya bensin, solar, minyak tanah, spirtus, alkohol dan lain-lainnya. Di atas cairan pada umumnya terdapat gas dan gas ini yang dapat terbakar. Pada bahan cair ini suatu bunga api kecil sanggup mencetuskan api yang akan menimbulkan kebakaran. Sifat cairan ini adalah mudah mengalir dan menyalakan api ke tempat lain.
- 3) Kelas C Kebakaran pada aparat listrik yang bertegangan, yang mana sebenarnya kelas C ini tidak lain dari kebakarn kelas A dan B atau kombinasi dimana ada aliran listrik. Apabila aliran listrik diputuskan maka akan berubah apakah kebakaran kelas A atau B. Kelas C perlu diperhatikan dalam memilih jenis media pemadam yaitu yang tidak

menghantar listrik untuk melindungi orang yang memadamkan kebakaran dari aliran listrik.

- 4) Kelas DKebakaran yang disebabkan oleh benda-benda yang berupa benda logam, seperti magnesium, Natrium (sodium), calsium, kalium (potasium) dan lain-lain.

3. Pencegahan Kebakaran

Pencegahan kebakaran adalah segala daya upaya atau tindakan secara terencana untuk mencegah dan meniadakan sejauh mungkin timbulnya kebakaran. Karena itu pencegahan kebakaran dan pemadaman dalam tahap awal penyalaan sangat penting untuk dilakukan, baik dengan jalan meningkatkan ilmu pengetahuan maupun ketrampilan khususnya tentang kebakaran. (Sulaksmono, 1997).

Dalam pencegahan bahaya diperusahaan kadang-kadang tidak mungkin adanya suatu jaminan sepenuhnya bahwa timbulnya bahaya kebakaran tidak akan terjadi. Sedangkan sumber-sumber nyala terutama pada perusahaan-perusahaan besar sangat banyak dan beraneka ragam sehingga tidak mungkin pula menghilangkan keseluruhan daripadanya. Dalam hal ini perlu kewaspadaan dan tindakan untuk mencegah terjadinya kebakaran dengan melakukan identifikasi potensi bahaya kebakaran. (Suma'mur, 1996). pencegahan dalam menghadapi bahaya kebakaran dapat meliputi :

a. Perencanaan Darurat Kebakaran

Pencegahan kebakaran dimulai sejak perencanaan perusahaan dan pengaturan proses produksi. Suatu prinsip penting pada semua perencanaan adalah tidak meluasnya kebakaran yang terjadi dan dimungkinkan untuk penanggulangan kebakaran yang efektif. Pendekatannya dilakukan dengan penelahan secara cermat atas bangunan menurut kegunaannya dan penentuan lokasi yang diperlukannya. Bangunan-bangunan tersebut harus diatur letaknya sedemikian, sehingga aman dari kebakaran, dan cukup jarak diantara satu dengan yang lainnya. Perlengkapan penanggulangan kebakaran termasuk alat-alat pemadam kebakaran harus tersedia dengan memperhatikan ketentuan-ketentuan yang berlaku.(Suma'mur, 1996).

Manajemen puncak perlu menyadari pentingnya perencanaan dan persiapan keadaan darurat terutama masalah kebakaran. Untuk itu manajer keselamatan kerja perlu memberikan penjelasan serta mengupayakan agar rencana itu mendapat dukungan. Untuk menyusun rencana keadaan darurat terlebih dahulu perlu diidentifikasi dan di evaluasi jenis dan skala keadaan

darurat yang mungkin terjadi. Selanjutnya disiapkan suatu rencana kerja. Perencanaan tersebut harus dibuat oleh perusahaan, bila perlu dengan bantuan ahli dari pihak pemerintah atau konsultan. Rencana juga bisa disusun bersama perusahaan yang berada dalam satu awasan. (Syukri Sahab, 1997).

Rencana keadaan darurat harus praktis, sederhana dan mudah dimengerti. Rencana harus sudah mengantisipasi berbagai skenario keadaan darurat, meliputi bencana karena kesalahan operasi, bencana alam dan kemungkinan sabotase. Bila hal ini tidak diantisipasi dan tidak diambil langkah penanggulangan yang memadai akan dapat menimbulkan kerugian total, karena musnahnya seluruh aset perusahaan. Karena itu persiapan keadaan darurat kebakaran perlu dilakukan untuk mencegah kerugian yang besar baik harta, benda maupun jiwa manusia (Syukri Sahab, 1997).

b. Organisasi/Unit Penanggulangan Kebakaran.

Unit penanggulangan kebakaran ialah unit kerja yang dibentuk dan ditugasi untuk menangani masalah penanggulangan kebakaran di tempat kerja yang meliputi kegiatan administratif, identifikasi sumber-sumber bahaya, pemeriksaan, pemeliharaan dan perbaikan sistem proteksi kebakaran (Kepmenaker RI, No: KEP-186/MEN/1999).

Unit penanggulangan kebakaran terdiri dari :

1) Petugas Peran Penanggulangan Kebakaran.

Petugas peran penanggulangan kebakaran adalah petugas yang ditunjuk dan disertai tugas tambahan untuk mengidentifikasi sumber bahaya dan melaksanakan upaya penanggulangan kebakaran di unit kerjanya. (Kepmenaker RI, No: KEP-186/MEN/1999).

Tugas dari petugas peran kebakaran adalah :

- 1) Mengidentifikasi dan melaporkan tentang adanya faktor yang dapat menimbulkan bahaya kebakaran.
- 2) Memadamkan kebakaran pada tahap awal.
- 3) Mengarahkan evakuasi orang dan barang.
- 4) Mengadakan koordinasi dengan instansi terkait.
- 5) Mengamankan lokasi kebakaran. (Kepmenaker RI, No: KEP-186/MEN/1999)

2) Regu Penanggulan Kebakaran.

Regu penanggulan kebakaran ialah satuan satgas yang mempunyai tugas khusus fungsional di bidang penanggulangan kebakaran.

Tugas dari regu penanggulangan kebakaran adalah :

- a) Mengidentifikasi dan melaporkan tentang adanya faktor yang dapat menimbulkan bahaya kebakaran.
- b) Melakukan pemeliharaan sarana proteksi kebakaran.
- c) Memberikan penyuluhan tentang penanggulangan kebakaran pada tahap awal.
- d) Membantu menyusun buku rencana tanggap darurat penanggulangan kebakaran.
- e) Memadamkan kebakaran.
- f) Mengarahkan evakuasi orang dan barang.
- g) Mengadakan koordinasi dengan instansi terkait.
- h) Memberikan pertolongan pertama pada kecelakaan.
- i) Mengamankan seluruh lokasi tempat kerja.
- j) Melakukan koordinasi seluruh petugas peran kebakaran.
(Kepmenaker RI, No: KEP-186/MEN/1999)

3) Koordinator Unit Penanggulangan Kebakaran.

Koordinator unit penanggulangan kebakaran adalah ialah orang yang mempunyai tugas memimpin langsung suatu tempat kerja atau bagiannya yang berdiri sendiri.

Tugas dari koordinator unit penanggulangan kebakaran :

- a) Memimpin penanggulangan kebakaran sebelum mendapat dari instansi yang berwenang.
- b) Menyusun program kerja dan kegiatan tentang cara penanggulangan kebakaran.
- c) Mengusulkan anggaran, sarana dan fasilitas penanggulangan kebakaran kepada pengurus. (Kepmenaker RI, No: KEP-186/MEN/1999)

4) Ahli K3 spesialis penanggulangan kebakaran sebagai penanggung jawab teknis.

Ahli K3 spesialis penanggulangan kebakaran adalah tenaga teknis yang berkeahlian khusus dari Departemen Tenaga Kerja yang telah ditunjuk oleh Menteri Tenaga Kerja.

Tugas dari Ahli K3 spesialis penanggulangan kebakaran adalah :

- 1) Membantu mengawasi pelaksanaan peraturan perundang undangan bidang penanggulangan kebakaran.

- 2) Memberikan laporan kepada Menteri atau pejabat yang ditunjuk sesuai dengan peraturan perundangan berlaku.
- 3) Merahasiakan segala keterangan tentang rahasia perusahaan atau instansi yang di dapat berhubungan dengan jabatannya.
- 4) Memimpin penanggulangan kebakaran sebelum mendapat bantuan dari instansi yang berwenang.
- 5) Menyusun program kerja atau kegiatan penanggulangan kebakaran.
- 6) Mengusulkan anggaran, sarana dan fasilitas penanggulangan kepada pengurus.
- 7) Melakukan koordinasi dengan instansi terkait. (Kepmenaker RI, No: KEP-186/MEN/1999)

c. Jalur/Tempat Evakuasi

Secara ideal, semua bangunan harus memiliki sekurang-kurangnya dua jalan penyelamat diri pada dua arah yang bertentangan terhadap setiap kebakaran yang terjadi pada sembarangan tempat dalam bangunan tersebut, sehingga tak seorangpun bergerak kearah api untuk menyelamatkan diri. Jalan-jalan penyelamatan demikian harus dipelihara bersih, tidak terhalang oleh barangbarang, mudah terlihat dan di beri tanda tanda yang jelas. (Suma'mur, 1996).

Jauh maksimum jalan penyelamatan yang pada umumnya diterima adalah sekitar 40 m, sekalipun pada bangunan-bangunan yang resiko kebakarannya kecil atas dasar sifat tahan api jarak tersebut dapat diperbesar menjadi 50 m. Sebaliknya, manakala bahaya perembetan api sangat cepat, jarak tersebut harus dikurangi, katakanlah menjadi menjad 30 m atau kurang dari 30m. Jarak tersebut harus diperhitungkan menurut keadaan sebenarnya dan tidak menurut garis lurus sebagai akibat barang-barang atau hadangan yang ada. (Suma'mur, 1996).

Peta evakuasi yang terbaru harus dipersiapkan dan ditempatkan di beberapa lokasi pada tiap-tiap fasilitas di lokasi pabrik. Peta-peta ini harus menunjukkan pintu keluar terdekat, pintu keluar cadangan dan titik pertemuan. Disarankan bahwa peta evakuasi juga menunjukkan lokasi rencana gawat darurat, meja resepsionis, alat pemadaman kebakaran, pencuci mata, pancuran air, peralatan untuk menangani tumpahan bahan kimia, P3K dan elemen-elemen penting lainnya. Para pekerja harus diberitahu untuk mengingat rute utama dan rute cadangan bila jalan keluar utama tertutup.(Kuhre,1996)

d. Fasilitas dan Peralatan Dalam Kebakaran.

1) Sarana Komunikasi

Sarana komunikasi yang perlu dipersiapkan antara lain : alarm, radio panggil, telepon genggam dengan satuan khusus dan lain-lain. Karena fungsinya yang sangat penting maka sarana komunikasi harus selalu dirawat dan dijaga agar senantiasa berfungsi dengan baik dan dapat dipakai secara terus menerus dengan efektif. (Syukri Sahab, 1997)

2) Alat pelindung diri

Alat pelindung diri harus ditempatkan di lokasi yang strategis bagi tim *emergency*, tergantung pada bahan kimia yang ada tempat kerja sesuai dengan jenis kecelakaannya. Alat pelindung meliputi alat bantu pernafasan dan saluran oksigen, baju tahan bahan kimia dan tahan api, sarung tangan tahan api, sepatu boot. Alat pelindung tersebut selalu diperiksa dan di uji coba secara rutin sehingga dapat pada saat dibutuhkan selalu siap. Sebelum digunakan perlu dilakukan pengujian untuk mencoba peralatan tersebut sebelum keadaan darurat yang sebenarnya terjadi. (Kuhre, 1996)

3) Peralatan Pemadam Kebakaran

Peralatan pemadam kebakaran seperti *fire extinguisher* (Alat Pemadam Api Ringan/APAR), hidran, sprinkler, dan lain sebagainya harus tersedia di seluruh bagian pabrik dan harus dicek secara teratur (Kuhre, 1996).

Setiap satu atau kelompok alat pemadam api ringan harus ditempatkan pada posisi yang mudah dilihat dengan jelas, mudah dicapai dan diambil serta dilengkapi dengan pemberian tanda pemasangan. Pemberian tanda pemasangan yaitu segitiga sama sisi dengan warna dasar merah, ukuran sisi 35 cm, tinggi huruf 3 cm dan berwarna putih, serta tinggi tanda panah 7,5 cm warna putih. Tinggi pemberian tanda pemasangan adalah 125 cm dari dasar lantai tepat diatas satu atau kelompok alat pemadam api ringan bersangkutan. Penempatan harus sesuai dengan jenis dan penggolongan kebakarannya serta pemasangan antara alat pemadam api yang satu dengan lainnya atau kelompok satu dengan lainnya tidak boleh melebihi 15 meter, kecuali telah ditetapkan pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja (Permenakertrans No: Per-04/Men/1980).

Instalasi alarm kebakaran otomatis adalah sistem atau rangkaian alarm kebakaran yang menggunakan detektor panas, detektor asap,

detektor nyala api dan titik panggil secara manual serta perlengkapan lainnya yang dipasang pada sistem alarm kebakaran. Setiap perusahaan harus memiliki sistem alarm kebakaran baik secara otomatis maupun manual untuk memperingatkan semua tenaga kerja (Permenaker No: PER/02/MEN/1983).

4) Peralatan medis

Tim *emergency* harus dilengkapi dengan peralatan medik untuk pertolongan darurat seperti oksigen, alat resusitasi jantung dan paru, pembalut dan obat-obatan (Syukri Sahab, 1997).

5) Alat transportasi

Jika terdapat suatu keadaan darurat maka peralatan transportasi juga memegang peranan tidak kalah pentingnya. Alat transportasi dibutuhkan untuk memindahkan pekerja keluar dari lokasi, mengangkut bantuan yang diperlukan dan membawa korban yang ada. Untuk itu ambulans, mobil, bus, truk dan lainlain harus tersedia untuk keperluan evakuasi (Kuhre, 1996).

6) Pembinaan dan Pelatihan.

Petugas pemadam kebakaran tidak dipilih atas dasar pengalaman semata-mata, melainkan dibentuk dan dibina melalui program latihan yang meliputi pendidikan teori, latihan jasmani, praktek tentang dan pengalaman-pengalaman yang benar-benar di dapat dari pemadaman kebakaran. Maka percobaan sebaiknya diadakan, agar seseorang diberi kesempatan untuk memperlihatkan kesanggupannya dan untuk mengambil keputusan secara tepat tentang pekerjaan yang dipilihnya. Latihan-latihan secara bertingkat meliputi fase-fase pendidikan teori, latihan jasmani dan praktek pemadam kebakaran. Dalam latihan, harus ditekankan bahwa cara yang tepat dan dilaksanakan secara benar adalah teraman dan paling efisien (Suma'mur, 1996).

Dalam pendidikan teori, diberikan teori tentang terjadinya peristiwa kebakaran, perambatan panas, bahaya-bahaya kebakaran, pencegahan kebakaran, konstruksi bangunan, dasar-dasar pompa air, isyarat-isyarat dan komunikasi yang di pakai pada dinas pemadam kebakaran, penggunaan alat pemadam kebakaran, sistem sprinkler dan pemakaian serta keterbatasan-keterbatasan alat proteksi diri (Suma'mur, 1996).

Selama latihan, siswa petugas pemadam kebakaran harus mengembangkan kesegaran jasmaninya dan kemampuan fisik bagian-

bagian tubuh yang penting dalam menghadapi kebakaran seperti kekuatan lengan, kaki, paha serta kekuatan rohaninya (Suma'mur, 1996).

Pelatihan tersebut meliputi :

- a) Praktek ikat-mengikat dengan tali untuk kegiatan pemadaman kebakaran.
- b) Penggunaan alat-alat dan perlengkapan dinas pemadam kebakaran.
- c) Perawatan, penyimpanan dan pencegahan kerusakan slang-slang untuk pemadaman kebakaran.
- d) Pengenalan cara-cara pemadaman kebakaran dan pemilihan secara tepat caracara yang harus dipakai.
- e) Pengenalan dan praktek untuk mendapatkan sumber air untuk pemadaman kebakaran.
- f) Pengenalan dan praktek memasuki dbangunan secara paksa seta pengetahuan tentang tingkat efektifnya.
- g) Praktek tentang tata cara pemadaman kebakaran yang bersifat rutin dan standar, yang meliputi pemasangan slang-slang penyemprotan air, pemasangan slangslang keatas atau lantai atas melalui bagian luar bangunan, penggantian slang tyang pecah, pemasangan slang melalui jalan penyelamatan diri, penggunaan nozzle kabut, penyemprotan air dengan pompa-pompa, penyemprotan dari air saluran, pemadaman kebakaran dengan busa, pemasangan dan penggunaan tangga-tangga keatap, pemakaian tangga-tangga gantung untuk penyelamatan korban-korban dan penurunan orang-orang dengan tali dari atas kebawah.
- h) Latihan menghadapi asap, agar pada saatnya bisa tabah menghadapi api dan asap serta tau pasti sifat pekerjaan yang dipilihnya.
- i) Praktek upaya-upaya untuk terjaminnya ventilasi dan penyelamatan korban.
- j) Praktek tentang cara-cara pemadaman kebakaran yang menyebabkan sesedikit-sedikitnya kerusakan harta benda.
- k) Latihan tentang P3K.
- l) Praktek penggunaan
- m) alat proteksi diri untuk perlindungan pernafasan. (Suma'mur, 1996)

4. Penanggulangan Kebakaran

Penanggulangan Kebakaran Menurut Kepmenaker No. KEP. 186/ MEN/ 1999 tentang Unit Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja, bahwa yang

dimaksud dengan penanggulangan kebakaran adalah segala upaya untuk mencegah timbulnya kebakaran dengan berbagai upaya pengendalian setiap perwujudan energi, pengadaan sarana proteksi kebakaran dan sarana penyelamatan serta pembentukan organisasi tanggap darurat untuk memberantas kebakaran. Berdasarkan Kepmenaker R.I No. Kep. 186/ MEN/ 1999, Pengurus atau pengusaha wajib mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran, latihan penanggulangan kebakaran di tempat kerja. Upaya-upaya tersebut meliputi:

- a. Pengendalian setiap bentuk energi,
- b. Penyediaansarana deteksi, alarm, pemadam kebakaran dan sarana evakuasi.
- c. Pengendalian penyebaran asap, panas dan gas.
- d. Pembentukan unit penanggulangan kebakaran di tempat kerja.
- e. Penyelenggaraan latihan dan gladi penanggulangan kebakaran secara berkala.
- f. Memiliki buku rencana penanggulangan keadaan darurat kebakaran dan sarana evakuasi serta pengendalian penyebaran asap, panas dan gas.

Penanggulangan kebakaran semua tindakan yang berhubungan dengan pencegahan, pangamatan dan pemadaman kebakaran dan meliputi perlindungan jiwa dan keselamatan manusia serta perlindungan harta kekayaan. Dengan meningkatnya penggunaan bahan-bahan yang mudah terbakar, pengintensifan pencegahan dan penanggulangan terhadap kebakaran harus di tingkatkan, agar kerugian-kerugian menjadi sekecil mungkin. Pencegahan kebakaran lebih ditekankan pada usaha-usaha yang memindahkan atau mengurangi terjadinya kebakaran. Penanggulangan lebih ditekankan kepada tindakan-tindakan terhadap kejadian kebakaran, agar korban menjadi sesedikit mungkin (Suma'mur, 1996).

Untuk mengurangi dampak dari peristiwa terjadinya kebakaran, dibutuhkan mekanisme penanganan atau penanggulangan kebakaran yang di antaranya di bagi dalam beberapa point penting di bawah ini :

a. Sistem tanda kebakaran dalam perusahaan.

Sistem pendukung keselamatan dalam kebakaran harus terpasang seperti alat deteksi dan alarm untuk kebocoran gas dan kebakaran, sprinkler, hidran, penyemprot air instalasi tetap (fixed monitor) dan lain-lain. Media pemadaman kebakaran harus di sesuaikan dengan klasifikasi kebakaran yang dapat terjadi di suatu area (Syukri Sahab, 1997).

Sistem tanda bahaya kebakaran harus bekerja dengan baik dan memberikan tanda secara tepat tentang terjadinya kebakaran. Adapun dua jenis sistem tanda kebakaran di antaranya :

- 1) Sistem tak otomatis yang memungkinkan seseorang menyatakan tanda-tanda bahaya dengan segera secara memijit atau menekan tombol dengan tangan.
- 2) Sistem otomatis yang dapat menemukan/mendeteksi kebakaran dan kemudian memberikan tanda peringatan dengan sendirinya tanpa di kendalikan oleh orang (Suma'mur, 1996).

Kedua sistem tersebut sangat berguna sebagai bagian-bagian dari cara pencegahan terhadap kebakaran dalam perusahaan. Namun sangat baik lagi bila suatu perusahaan dilindungi pula oleh alat pembangkit percikan air secara otomatis, jika terjadi kebakaran. (Suma'mur, 1996)

b. Pemadaman Api

Teknik-teknik cara pemadaman api berdasarkan pembagian atau penggolongan api dapat dibagi menjadi:

- 1) Api kelas A, yang mana api berasal dari bahan-bahan yang mudah terbakar seperti: kayu, pakaian, kertas, dan bahan-bahan yang dipak. Memadamkan api kelas A paling efektif menggunakan air atau plastik jika jauh dari sumber listrik.
- 2) Api kelas B, api kelas ini berasal dari cairan yang mudah terbakar seperti: petrol, minyak tanah, minyak pelumas, cat, tinner, alkohol maupun bensin. Cara memadamkan api kelas ini paling baik dan efektif dengan cara menggunakan alat pemadam CO₂ atau dengan penekanan api untuk mengeluarkan oksigen. Dan untuk diperhatikan juga, jangan memadamkan api dengan air dikarenakan dapat menyebarkan cairan yang terbakar sehingga meluasnya area kebakaran.
- 3) Api kelas C, api kelas ini berasal dari kebakaran yang di timbulkan oleh peralatan listrik seperti: motor listrik, generator, kabel-kabel, saklar, dan peralatan elektronik. Cara penanganan kebakaran dari api kelas ini yaitu: tutup sumber kebakaran sewaktu api masih kecil, penekanan dan penyelimutan api untuk mengeluarkan oksigen, gunakan alat pemadam kebakaran yang berjenis BCF (Bromochlorodifluoromethan), dry chemical dan CO₂. Petugas pemadam kebakaran harus menggunakan non konduktor dari elektrik untuk menghindari tersengatnya listrik (shock listrik). (Buchori,2007).

c. Evakuasi Korban dan Lokalisir Tempat

Untuk menyelamatkan diri jika terjadi kebakaran adalah kita harus sadar akan adanya api dan berusaha mengetahui bagaimana cara menguasainya dan mempelajari lokasi, petunjuk-petunjuk api, tanda peringatan kebakaran, telepon dan pintu keluar darurat. Ketika api sudah berkobar lebih besar, hendaknya kita putuskan arus listrik untuk menyelamatkan diri, agar proses evakuasi korban kebakaran dapat lebih efektif. Sebaiknya cepat meninggalkan tempat kebakaran secepat mungkin jika :

- 1) Api muncul diluar control.
- 2) Api mengancam tempat penyelamatan.
- 3) Asap yang mengepul mengancam tempat pemadaman (Buchori, 2007).

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menyelamatkan diri waktu terjadi kebakaran adalah :

- 1) Setelah ditinggalkan, bukalah pintu dengan hati-hati untuk mencegah asap yang mengepul atau nyala api.
- 2) Hati-hatilah akan asap dan gas yang dihasilkan oleh api.
- 3) Pada area yang berasap, lakukanlah posisi merendah untuk menjaga mulut dan hidung sedekat mungkin ke lantai.
- 4) Jangan sekali-kali kembali dan berhenti untuk segala sesuatu jika sudah diancam api.
- 5) Ketika meninggalkan gedung hendaklah ditutup pintu di belakang anda.
- 6) Jangan memasuki gedung yang telah terbakar (SNI-03-7011-2004).

d. Pengendalian untuk membatasi kerusakan sebagai akibat dan tindakan pemadamannya

Adanya standart-standart pencegahan dan penanggulangan kebakaran serta pengawasan adalah sangat penting. Standart-standart tersebut harus pula berkembang sesuai dengan penemuan dan penerapan teknologi baru. Maka selain pengawas, pendidikan kepada masyarakat industri perundang-undangan juga sangat diperlukan (Suma'mur, 1996).

Dengan peraturan-perundangan telah ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja untuk mencegah, mengurangi peledakan dan memadamkan kebakaran. Maka pengurus perusahaan wajib membina K3 penanggulangan kebakaran sebagai bentuk upaya pengendalian penyebaran asap, gas dan suhu yang merupakan efek dari kebakaran. Hal ini telah ada pada peraturan dan standar teknis K3 penanggulangan kebakaran (Lena Kurniawati, 2009).

e. Penanggulangan Setelah Terjadi Kebakaran

Investigasi kecelakaan kerja merupakan bagian dari program keselamatan dan Kesehatan Kerja secara keseluruhan di tempat kerja. Investigasi kecelakaan merupakan suatu kegiatan inspeksi tempat kerja secara khusus, yang dilakukan setelah terjadinya peristiwa kecelakaan atau insiden yang menimbulkan penderitaan kepada manusia serta mengakibatkan kerugian dan kerusakan terhadap property atau harta benda dan aset perusahaan lainnya. Suatu sistem investigasi atau pemeriksaan kecelakaan kerja dan pelaporan yang efektif akan dapat menghasilkan informasi penting dan krusial untuk pihak manajemen dan pihak-pihak lain yang terkait (Tarwaka, 2008).

Analisis timbulnya kebakaran bertujuan untuk mengenali atau mengidentifikasi dan mencatat sumber-sumber bahaya kebakaran yang ada pada setiap tahapan proses kerja. Dari identifikasi potensi bahaya ini, akan dapat diketahui berbagai jenis potensi bahaya yang mungkin timbul dan beresiko terjadinya kebakaran. (Lena Kurniawati, 2009)

Rekomendasi diberikan kepada badan terkait dalam penanggulangan kebakaran sehingga kejadian kebakaran tidak akan terulang untuk yang kedua kalinya dan diperoleh informasi tentang hasil penyelidikan kebakaran yang telah disosialisasikan. (Lena Kurniawati, 2009)

5. APAR (Alat Pemadam Api Ringan)

APAR (Alat Pemadam Api Ringan) adalah alat pemadam api berbentuk tabung (berat maksimal 16 kg) yang mudah dilayani/ dioperasikan oleh satu orang untuk pemadam api pada awal terjadi kebakaran (APAR, Petrokimia, 1988). APAR (Alat Pemadam Api Ringan) sebagai alat untuk memutuskan atau memisahkan rantai tiga unsur (sumber panas, udara dan bahan bakar). Dengan terpisahnya tiga unsur tersebut, kebakaran dapat dihentikan (Gempur Santoso, 2004).

Alat pemadam api ringan memiliki dua tipe konstruksi (Depnaker, 1995), antara lain:

a. Tipe Tabung Gas (Gas Container Type)

Merupakan suatu pemadam yang bahan pemadamnya di dorong keluar oleh gas bertekanan yang dilepas dari tabung gas.

b. Tipe Tabung bertekanan tetap (Stored Pressure Type)

Merupakan suatu pemadam yang bahan pemadamnya didorong keluar gas kering tanpa bahan kimia aktif atau udara kering yang disimpan bersama dengan tepung pemadamnya dalam keadaan bertekanan.

APAR (Alat Pemadam Api Ringan) menurut PT. Petrokimia Gresik, 2002 terdiri dari beberapa jenis, antara lain:

a) Jenis Air (Water)

Sejak dulu air digunakan untuk memadamkan kebakaran dengan hasil yang memuaskan (efektif dan ekonomis) karena harganya relatif murah, pada umumnya mudah diperoleh, aman dipakai, mudah disimpan dan dipindahkan APAR jenis air terdapat dalam bentuk stored pressure type (tersimpan bertekanan) dan gas cartridge type (tabung gas). Sangat baik digunakan untuk pemadaman kebakaran kelas A.

b) Jenis Busa (Foam)

Jenis busa adalah bahan pemadam api yang efektif untuk kebakaran awal minyak. Biasanya digunakan dari bahan tepung aluminium sulfat dan natrium bicarbonat yang keduanya dilarutkan dalam air. Hasilnya adalah busa yang volumenya mencapai 10 kali lipat. Pemadaman api oleh busa merupakan sistem isolasi, yaitu untuk mencegah oksigen untuk tidak ikut dalam reaksi.

c) Jenis Tepung Kimia Kering (Dry Chemical Powder)

Bahan pemadam api serbuk kimia kering (Dry Chemical Powder) efektif untuk kebakaran B dan C bisa juga untuk kelas A. Tepung serbuk kimia kering berisi dua macam bahan kimia, yaitu:

- 1) Sodium Bicarbonate dan Natrium Bicarbonate.
- 2) Gas CO₂ atau Nitrogen sebagai pendorong

Khusus untuk pemadaman kelas D (logam) seperti magnesium, titanium, zirconium, dan lain-lain digunakan metal-dry-powder yaitu campuran dari Sodium, Potasium dan Barium Chloride.

d) Jenis Halon

APAR (Alat Pemadam Api Ringan) jenis Halon efektif untuk menanggulangi kebakaran jenis cairan mudah terbakar dan peralatan listrik bertegangan (kebakaran kelas B dan C). Bahan pemadaman api gas Halon biasanya terdiri dari unsur-unsur kimia seperti : chlorine, flourine, bromide dan iodine.

Macam-macam Halon antara lain:

1) Halon 1211

Terdiri dari unsur Carbon (C), Fluorine (F), Chlorine (Cl), Bromide (Br). Halon 1211 biasa disebut Bromochlorodifluormethane dan lebih populer dengan nama BCF. Biasanya APAR Alat Pemadam Api Ringan) jenis BCF dipasang di bangunan gedung, pabrik dll (Petrokimia Gresik, 1988).

2) Halon 1301

Terdiri dari unsur Carbon (C), Fluorine (F) dan Bromide (Br) sehingga Halon 1301 juga disebut Bromotrifluormethane atau BTM.

3) Gas Pasca Halon

Setelah ditemukannya lubang pada lapisan Ozone atmosfer bumi oleh The British Arctic Survey Team (1982), dimana salah satu unsur yang merusak Ozone tersebut adalah gas Halon, maka sesuai perjanjian Montreal (Montreal Protocol – Canada) gas halon tidak boleh diproduksi terhitung 1 Januari 1994. Halon 1301 memiliki potensi merusak lapisan Ozone sebesar 16%. Adapun selain merusak lapisan Ozone, beberapa dampak negatif dari unsur pembentuk Halon antara lain :

a) Fluorine

Non – metal sangat reaktif dan mudah bereaksi dengan elemen lain.

b) Chlorine

(1) Gas sangat beracun

(2) Bila bercampur dengan air membentuk acid dan hydrochloric.

(3) Berupa elemen yang sangat reaktif serta bersifat oksidator.

(4) Dapat menimbulkan bahaya peledakan bila tercampur turpentine, ether, gas amonia, hydrocarbon, hydrogen dan bubuk metal.

(5) Bila bereaksi dengan acetylene menimbulkan akibat yang sangat hebat.

c) Bromide

(1) Unsur ini pada temperatur ruang bisa melepas uap berbahaya.

(2) Cairannya bisa menimbulkan bahaya terbakar bila kontak langsung dengan kulit.

(3) Bersifat oksidator dan dapat menimbulkan bahaya kebakaran pada bahanbahan terbakar bila terjadi kontak.

d) Iodine

(1) Berwarna violet gelap, bentuk padatan akan menyublim dengan cepat serta melepas uap beracun dan dapat bereaksi dengan bahan oksidator.

(2) Tidak dapat larut dalam air, tetapi larut dalam alkohol sebagai obat

(3) Antiseptik.

Pemasangan dan Pemeliharaan APAR (Alat Pemadam Api Ringan):

a. Pemasangan APAR (Alat Pemadam Api Ringan)

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. Per. 04/MEN/ 1980, ketentuan-ketentuan pemasangan APAR adalah sebagai berikut :

- 1) Setiap satu kelompok alat pemadam api ringan harus ditempatkan pada posisi yang mudah dilihat dengan jelas, mudah dicapai dan diambil serta dilengkapi dengan pemberian tanda pemasangan.
- 2) Tinggi pemberian tanda pemasangan tersebut adalah 125 cm dari dasar lantai tepat di atas satu atau kelompok alat pemadam api ringan yang bersangkutan.
- 3) Pemasangan dan penempatan alat pemadam api ringan harus sesuai dengan jenis dan penggolongan kebakaran.
- 4) Penempatan antara alat pemadam api yang satu dengan lainnya atau kelompok satu dengan lainnya tidak boleh melebihi 15 meter, kecuali ditetapkan lain oleh pegawai pengawas atau ahli keselamatan kerja.
- 5) Semua tabung alat pemadam api ringan sebaiknya berwarna merah.
- 6) Dilarang memasang dan menggunakan alat pemadam api ringan yang didapati sudah berlubang-lubang atau cacat karena karat.
- 7) Setiap alat pemadam api ringan harus dipasang (ditempatkan) menggantung pada dinding dengan penguatan sengkang atau dengan konstruksi penguat lainnya atau ditempatkan dalam lemari atau peti (box) yang tidak dikunci.
- 8) Lemari atau peti (box) dapat dikunci dengan syarat bagian depannya harus diberi kaca aman (safety glass) dengan tebal maximum 2 mm.
- 9) Sengkang atau konstruksi penguat lainnya tidak boleh dikunci atau digembok atau diikat mati.
- 10) Ukuran panjang dan lebar bingkai kaca aman (safety glass) harus disesuaikan dengan besarnya alat pemadam api ringan yang ada dalam lemari atau peti (box) sehingga mudah dikeluarkan.
- 11) Pemasangan alat pemadam api ringan harus sedemikian rupa sehingga bagian paling atas (puncaknya) berada pada ketinggian 1,2 m dari permukaan lantai kecuali jenis CO₂ dan tepung kering (dry chemical) dapat ditempatkan lebih rendah dengan syarat, jarak antara dasar alat pemadam api ringan tidak kurang dari 15 cm dari permukaan lantai.
- 12) Alat pemadam api ringan tidak boleh dipasang dalam ruangan atau tempat dimana suhu melebihi 49°C atau turun sampai 4°C kecuali apabila alat pemadam api ringan tersebut dibuat khusus untuk suhu diluar batas tersebut.

- 13) Alat pemadam api ringan yang ditempatkan di alam terbuka harus dilindungi dengan tutup pengaman.

b. Pemeliharaan APAR

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. Per. 04/MEN/ 1980 setiap APAR harus diperiksa 2 (dua) kali dalam setahun, yaitu:

1) Pemeriksaan dalam jangka 6 (enam) bulan., pemeriksaan tersebut meliputi:

- a) Berisi atau tidaknya tabung, berkurang atau tidaknya tekanan dalam tabung, rusak atau tidaknya segi pengaman cartridge atau tabung bertekanan mekanik penembus segel.
- b) Bagian-bagian luar dari tabung tidak boleh cacat termasuk handel dan label harus selalu dalam keadaan baik.
- c) Mulut pancar tidak boleh tersumbat dan pipa pancar yang terpasang tidak boleh retak atau menunjukkan tanda-tanda rusak.
- d) Untuk alat pemadam api ringan cairan atau asam soda, diperiksa dengan cara mencampur sedikit larutan sodium bicarbonat dan asam keras di luar tabung, apabila reaksi cukup kuat, maka APAR tersebut dapat dipasang kembali.
- e) Untuk APAR jenis busa dapat diperiksa dengan mencampur sedikit larutan sodium bicarbonat dan aluminium sulfat di luar tabung, bila sudah cukup kuat maka APAR tersebut dapat dipasang kembali.
- f) Untuk APAR jenis CO₂ harus diperiksa dengan cara menimbang serta mencocokkan dengan berat yang tertera pada APAR tersebut, bila kekurangan berat 10 % tabung APAR tersebut harus diisi kembali sesuai dengan berat yang ditentukan.

2) Pemeriksaan Dalam Jangka 12 Bulan.

Untuk pemeriksaan dalam jangka 12 bulan sekali dilakukan seperti pemeriksaan jangka 6 bulan namun ada beberapa tambahan pemeriksaan sebagai berikut :

- a) Isi alat pemadam api harus sampai batas permukaan yang telah ditentukan.
- b) Pipa pelepas isi yang berada dalam tabung dan saringan tidak boleh tersumbat atau buntu.
- c) Ulir tutup kepala tidak boleh cacat atau rusak, dan saluran penyemprotan tidak boleh tersumbat.

- d) Peralatan yang bergerak tidak boleh rusak, dapat bergerak dengan bebas, mempunyai rusuk atau sisi yang tajam dan bak gesket atau paking harus masih dalam keadaan baik.
- e) Gelang tutup kepala harus masih dalam keadaan baik.
- f) Bagian dalam dari alat pemadam api tidak boleh berlubang atau cacat karena karat.
- g) Untuk jenis cairan busa yang dicampur sebelum dimasukkan larutannya harus dalam keadaan baik.
- h) Untuk jenis cairan busa dalam tabung yang dilak, tabung harus masih dilak dengan baik.
- i) Lapisan pelindung diri tabung gas bertekanan, harus dalam keadaan baik.
- j) Tabung gas bertekanan harus terisi penuh sesuai dengan kapasitasnya.

6. Hydran

Menurut Depnaker, 1995 yang dimaksud dengan instalasi hydrant kebakaran adalah suatu system pemadam kebakaran tetap yang menggunakan media pemadam air bertekanan, yang dialirkan melalui pipa-pipa dan slang kebakaran. System ini terdiri dari system penyediaan air pompa, pemipaan, kopleng outlet dan inlet serta slang dan nozzle.

Komponen instalasi hydrant dan perlengkapannya adalah:

- a. Sumber air
- b. Sistem pompa
- c. Sistem pemipaan
- d. Kotak hydrant, lengkap dengan slang, kopleng penyambung, nozzle dan sisir untuk tempat slang
- e. Pillar hydrant dan kunci (khusus hydrant halaman)

Berikut penjelasan khusus mengenai Hydran:

a. Klasifikasi hydrant

- 1) Berdasarkan jenis dan lokasi penempatan hydrant adalah hydrant kota, hydrant gedung dan hydrant halaman.
- 2) Berdasarkan ukuran pipa hydrant yang dipakai menurut NFPA:
 - a) Hydrant kelas I, hydrant yang menggunakan ukuran diameter slang 6,25 cm (2,5 inch).

- b) Hydrant kelas II, hydrant yang menggunakan ukuran diameter slang 3,75 cm (1,5 inch).
- c) Hydrant kelas III, hydrant yang menggunakan ukuran system gabungan kelas I dan kelas II.

b. Peletakan hydrant berdasarkan luas lantai, klasifikasi bangunan dan jumlah lantai bangunan

Tabel 4. Peletakan hydrant berdasarkan luas lantai, klasifikasi bangunan dan jumlah lantai bangunan.

Klasifikasi Bangunan	Ruang Tertutup Jumlah/luas lantai	Ruang Tertutup dan Terpisah jumlah/luas lantai
A	1 Buah per 1000m ²	2 Buah per 1000m ²
B	1 Buah per 1000m ²	2 Buah per 1000m ²
C	1 Buah per 1000m ²	2 Buah per 1000m ²
D	1 Buah per 800m ²	2 Buah per 800m ²
E	1 Buah per 800m ²	2 Buah per 800m ²

c. Sistem Persediaan Air

- 1) Sumber air berasal dari PDAM atau sumur dalam (artesis).
- 2) Reservoir mempunyai daya tampung 30.000 liter.

d. Sistem Pompa

- 1) Pompa hydrant terdiri dari:
 - a) 1 buah pompa hydrant listrik sebagai pompa utama (Main Pump)
 - b) 1 buah pompa hydrant diesel sebagai cadangan (Diesel Pump)
 - c) 1 buah pompa picu (Jockey Pump)
- 2) Sumber tenaga listrik untuk motor penggerak pompa berasal dari PLN sebagai sumber daya utama dan mempunyai sumber daya listrik dan diesel genset sebagai cadangan/ darurat yang bekerja secara otomatis dalam waktu kurang dari 10 detik bila sumber utama mati.

e. Sistem Pemipaan

- 1) Diameter pipa induk minimum 15 cm (6 inch) dan diameter pipa cabang minimum 10 cm (4 inch).
- 2) Tidak boleh digabungkan dengan instalasi lainnya.

- 3) Pipa berdiameter sampai 6,25 (2,5 inch) harus menggunakan sambungan ulir.
- 4) Pipa berdiameter lebih besar dari 6,25 cm (2,5 inch) harus menggunakan sambungan las.

f. Slang dan Nozzle

1) Slang air

- a) Harus kuat menahan tekanan air yang tinggi
- b) Tahan gesekan
- c) Tahan pengaruh zat kimia
- d) Mempunyai sifat yang kuat, ringan dan elastis.
- e) Panjang slang air 30 meter dengan 1,5 inch sampai dengan 2,5 inch.
- f) Dilengkapi dengan Kopling dan Nozzle sesuai ukuran

2) Nozzle

- a) Nozzle dengan semprotan jet (semprotan lurus) untuk tujuan semprotan jarak jauh.
- b) Nozzle kombinasi yang dapat diatur dengan bentuk pancaran spray. Pancaran spray bertujuan sebagai perisai untuk mendekat ke daerah kebakaran.

g. Hydrant Gedung dan Hydrant Halaman

1) Hydrant gedung

- a) Diameter slang maksimum 1,5 inch.
- b) Diameter pipa tegak lurus harus memenuhi ketentuan:
 - (1) Untuk bangunan diameter pipa tegak 2 inch
 - (2) Untuk bangunan tinggi kelas A, diameter pipa tegak 2,5 inch
 - (3) Untuk bangunan tinggi kelas B, diameter pipa tegak 4 inch
- c) Tekanan maksimum pada titik terberat adalah 7 kg/cm² dan pada titik terlemah adalah 4,5 kg/cm²
- d) Dilengkapi dengan katup pengeluaran berukuran 2,5 inch

h. Hydrant halaman

- 1) Hydrant halaman dilengkapi/pillar hydrant yang mempunyai satu atau dua kopling pengeluaran dengan diameter 2,5 inch.
- 2) Tekanan maksimum pada titik terberat adalah 7 kg/cm² dan tekanan pada titik terlemah adalah 4,5 kg/cm²
- 3) Diameter slang hydrant halaman 2,5 inch atau 6,5 cm

- 4) Pilar hydrant harus dipasang pada jarak tidak kurang dari 6 meter dari tepi bangunan
- 5) Pada system hydrant halaman harus ada sambungan kembar siam (seamese connection)

7. Pengawasan Terhadap Kemungkinan Kebakaran

Pada banyak perusahaan, tugas untuk menemukan dan melaporkan bahaya-bahaya kebakaran dipercayakan pada panitia keselamatan kerja atau sub panitia-panitianya yang khusus. Fungsi dari panitia yang dimaksud adalah meneliti sebab-sebab umum bagi timbulnya kebakaran, seperti ketatarumahtangaan yang buruk, penyimpanan yang tidak memenuhi syarat terhadap bahan-bahan yang mudah terbakar, pelanggaran terhadap larangan merokok, tertimbunnya debu atau bahan-bahan yang mudah terbakar secara berlebihan, peralatan listrik yang tidak sempurna, dan lain-lain. Pemeriksaan harus meliputi sistem penemuan awal terhadap kebakaran sistem tanda bahaya, pengumuman-pengumuman bersifat peringatan terhadap bahaya-bahaya kebakaran, perlengkapan penanggulangan kebakaran dan pengaturan penerangan darurat (Suma'mur, 1996).

Pengawas, petugas kebakaran, atau lainnya yang bertugas dalam pencegahan dan perlindungan terhadap kebakaran harus memiliki daftar-daftar perincian permasalahan yang harus di periksa secara teratur. Jika anggota regu pemadam kebakaran untuk maksud tersebut, ia harus mendapat penjelasan tentang perincian permasalahan tersebut terlebih dahulu. Pengawasan sebaiknya tidak terus menerus dilakukan oleh satu orang, melainkan secara bergantian, agar hal-hal yang perlu diperbaiki dapat ditemukan. Dalam hal yang sangat berbahaya ditinjau dari sudut kebakaran, pengawasan perlu di lakukan setiap hari (Suma'mur, 1996).

8. Rangkuman

- a. Kebakaran adalah reaksi kimia yang berlangsung cepat serta memancarkan panas dan sinar.
- b. Unsur-unsur penyebab kebakaran, yaitubahan mudah terbakar, panas elemen dan jumlah kandungan oksigen.
- c. Pencegahan kebakaran adalah segala daya upaya atau tindakan secara terencana untuk mencegah dan meniadakan sejauh mungkin timbulnya kebakaran.
- d. Pencegahan dalam menghadapi bahaya kebakaran, yaitu meliputi perencanaan darurat kebakaran, organisasi/unit penanggulangan kebakaran,

penyediaan jalur/tempat evakuasi dan penyediaan fasilitas dan peralatan dalam kebakaran.

- e. Penanggulangan kebakaran, yaitu meliputi sistem tanda kebakaran dalam perusahaan, pemadaman api, evakuasi korban dan lokalisasi tempat, pengendalian untuk membatasi kerusakan sebagai akibat dan tindakan pemadamannya dan penanggulangan setelah terjadi kebakaran.
- f. APAR (Alat Pemadam Api Ringan) adalah alat pemadam api berbentuk tabung (berat maksimal 16 kg) yang mudah dilayani/ dioperasikan oleh satu orang untuk pemadam api pada awal terjadi kebakaran.
- g. Instalasi Hydrant kebakaran adalah suatu system pemadam kebakaran tetap yang menggunakan media pemadam air bertekanan, yang dialirkan melalui pipa-pipa dan slang kebakaran.

C. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang ada pada kegiatan pembelajaran mengenai kompetensi profesional ini adalah:

1. Mengamati

Peserta didik diharapkan mengamati pengajar (guru) pada saat proses belajar mengajar untuk materi mengenai tata cara penanggulangan kebakaran.

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang landasan teori mengenai tata cara penanggulangan kebakaran.

3. Mengumpulkan data

Mengumpulkan data yang berhubungan dengan materi tata cara penanggulangan kebakaran dan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan materi tersebut.

4. Mengasosiasi/ Mengolah Informasi

Mengkategorikan data yang berhubungan dengan materi tata cara penanggulangan kebakaran dan mengkaitkan fungsinya ke dalam ilmu K3LH, untuk selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang paling sederhana sampai pada yang lebih kompleks, sehingga tidak ada materi pembelajaran yang terlewatkan.

5. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang tata cara penanggulangan kebakaran dalam proses belajar mengajar secara lisan oleh pengajar ke peserta didik.

D. Umpan Balik

Untuk mendapatkan umpan balik setelah mempelajari modul pembelajaran 3 ini, guru-guru diminta untuk mengisi rubrik umpan balik ini dan memberikan masukan yang konstruktif yang disediakan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rubrik Umpan Balik Isi Modul

No	Pokok Bahasan	Pertanyaan Umpan Balik	Jawaban Guru dan Tindak Lanjut
1	Bahaya kebakaran	Apakah saudara mampu mengkatagorikan bahaya kebakaran berdasarkan resiko yang ditimbulkan (C2)	
2	Pencegahan kebakaran	Bisakah saudara mengidentifikasi bahaya-bahaya kebakaran dengan tujuan pencegahan kebakaran (C2)	
3	Penanggulangan kebakaran	Apakah saudara paham cara menjabarkan langkah-langkah yang dibutuhkan dalam menanggulangi kebakaran di suatu perusahaan/tempat lainnya (C2)	
4	APAR	Apakah saudara mampu menjelaskan fungsi APAR, tempat pemasangan APAR dan pemeliharaan APAR (C2)	
5	Hydran	Apakah saudara mampu menjelaskan kegunaan hydran dan klasifikasi hydran (C2)	

E. Latihan/Soal/Tugas

- Sebutkan contoh tempat yang dikategorikan ke dalam kebakaran berat?
- Apakah yang dimaksud dengan kebakaran sedang II?
- Uraikan tugas dari petugas peran kebakaran ?
- Uraikan 4 tugas dari Ahli K3 spesialis penanggulangan kebakaran?
- Apakah yang dimaksud dengan hydran?

F. Kunci Jawaban

- Pabrik kembang api, pabrik koren api, pabrik cat, pabrik bahan peledak, permintaan benang atau kain, penggergajian kayu dan penyelesaiannya

menggunakan bahan mudah terbakar, studio film dan televisi, pabrik karet buatan, hanggar pesawat terbang, penyulingan minyak bumi, pabrik karet busa dan plastik busa.

- b. Kebakaran tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang, menimbun bahan dengan lebih dari 4 meter, dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang, sehingga menjalarnya api sedang.
- c. Tugas dari petugas peran kebakaran adalah :
 - 1) Mengidentifikasi dan melaporkan tentang adanya faktor yang dapat menimbulkan bahaya kebakaran.
 - 2) Memadamkan kebakaran pada tahap awal.
 - 3) Mengarahkan evakuasi orang dan barang.
 - 4) Mengadakan koordinasi dengan instansi terkait.
 - 5) Mengamankan lokasi kebakaran
- d. Tugas dari Ahli K3 spesialis penanggulangan kebakaran adalah :
 - 1) Membantu mengawasi pelaksanaan peraturan perundang undangan bidang penanggulangan kebakaran.
 - 2) Memberikan laporan kepada Menteri atau pejabat yang ditunjuk sesuai dengan peraturan perundangan berlaku.
 - 3) Merahasiakan segala keterangan tentang rahasia perusahaan atau instansi yang di dapat berhubungan dengan jabatannya.
 - 4) Memimpin penanggulangan kebakaran sebelum mendapat bantuan dari instansi yang berwenang.
- e. Hydran adalah suatu system pemadam kebakaran tetap yang menggunakan media pemadam air bertekanan, yang dialirkan melalui pipa-pipa dan slang kebakaran.

V. KEGIATAN PEMBELAJARAN 4

A. Tujuan Pembelajaran

Modul ini disusun berdasarkan kompetensi pedagogik dan potensi profesional. Kedua kompetensi tersebut dirangkum kedalam kompetensi inti, kompetensi guru dan indikator pencapaian kompetensi. Oleh karena itu penulisan pembelajaran 4 ini bertujuan untuk:

1. Memberikan pengetahuan tentang pola pengeboran pada tambang terbuka.
2. Memberikan pengetahuan kepada guru tentang bagaimana menentukan diameter lubang ledak.
3. Melakukan evaluasi kemudian menentukan tinggi jenjang dan fragmentasi hasil peledakan.
4. Memberikan pengetahuan tentang bagaimana cara menentukan geometri peledakan pada jenjang.

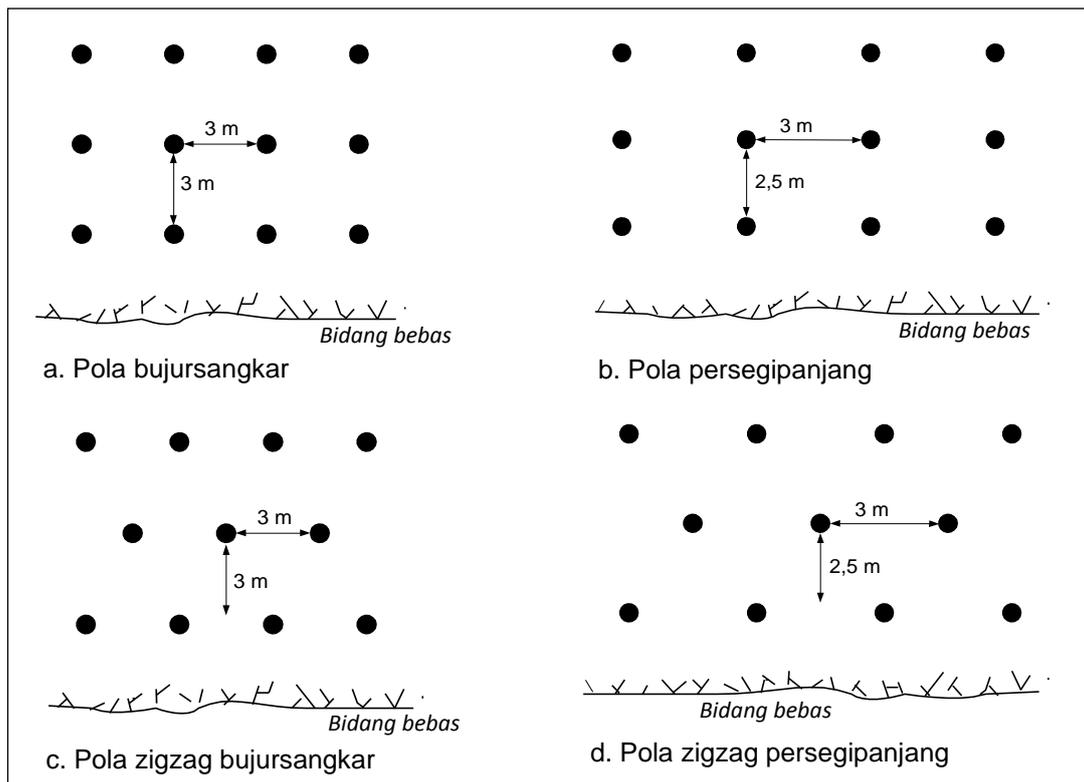
B. Uraian Materi Pembelajaran

1. Pola Pengeboran pada Tambang Terbuka

Keberhasilan suatu peledakan salah satunya terletak pada ketersediaan bidang bebas yang mencukupi. Minimal dua bidang bebas yang harus ada. Peledakan dengan hanya satu bidang bebas, disebut *crater blasting*, akan menghasilkan kawah dengan lemparan fragmentasi ke atas dan tidak terkontrol. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, maka pada tambang terbuka selalu dibuat minimal dua bidang bebas, yaitu (1) dinding bidang bebas dan (2) puncak jenjang (*top bench*). Selanjutnya terdapat tiga pola pengeboran yang mungkin dibuat secara teratur, yaitu (lihat **Gambar 3**):

- a. Pola bujursangkar (*square pattern*), yaitu jarak burden dan spasi sama
- b. Pola persegi panjang (*rectangular pattern*), yaitu jarak spasi dalam satu baris lebih besar dibanding burden
- c. Pola zigzag (*staggered pattern*), yaitu antar lubang bor dibuat zigzag yang berasal dari pola bujursangkar maupun persegi panjang.

Gambar 1.1 memperlihatkan sketsa pola pengeboran pada tambang terbuka.



Gambar 3 Sketsa Pola Pengeboran pada Tambang Terbuka

2. Diameter Lubang Ledak

Pemilihan diameter lubang ledak dipengaruhi oleh besarnya laju produksi yang direncanakan. Makin besar diameter lubang akan diperoleh laju produksi yang besar pula dengan persyaratan alat bor dan kondisi batuan yang sama. Faktor yang membatasi diameter lubang ledak adalah:

- Ukuran fragmentasi hasil peledakan
- Isian bahan peledak utama harus dikurangi atau lebih kecil dari perhitungan teknis karena pertimbangan vibrasi bumi atau ekonomi
- Keperluan penggalian batuan secara selektif.

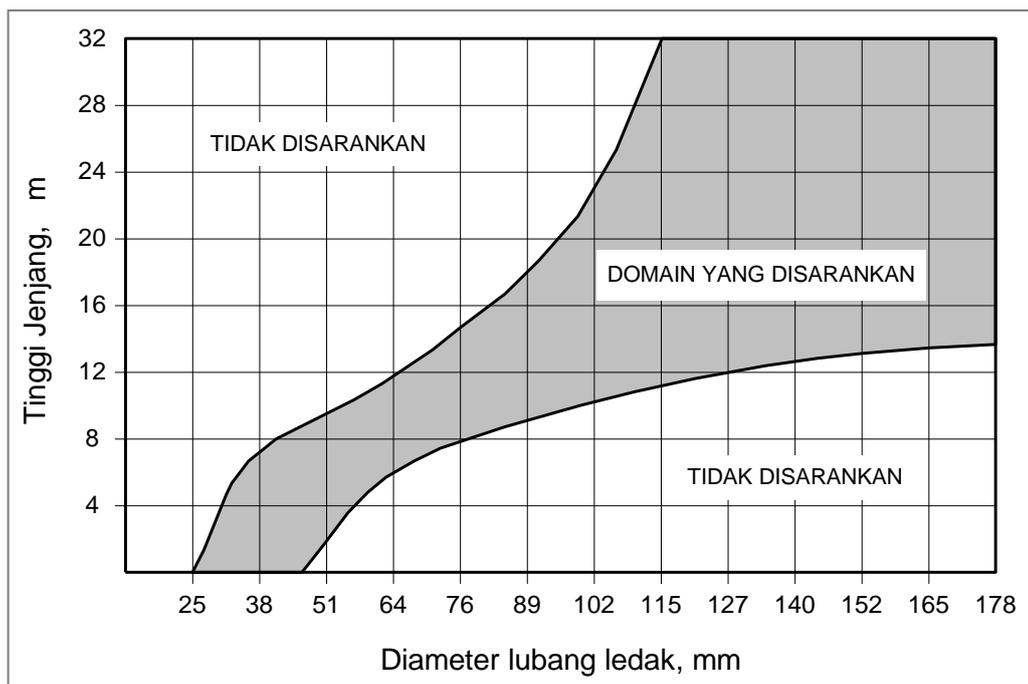
Pada kondisi batuan yang solid, ukuran fragmentasi batuan cenderung meningkat apabila perbandingan kedalaman lubang ledak dan diameter kurang dari 60. Oleh sebab itu, upayakan hasil perbandingan tersebut melebihi 60 atau

$\frac{L}{d} \geq 60$. Misalnya digunakan diameter lubang 4 inci, maka:

- $\frac{L}{4} \geq 60 \rightarrow L \geq (60 \times 4) = 240$ inci atau 6 m.
- Jadi kedalaman lubang ledak seharusnya dibuat di atas 6 m.

3. Tinggi Jenjang

Tinggi jenjang berhubungan erat dengan parameter geometri peledakan lainnya dan ditentukan terlebih dahulu atau terkadang ditentukan kemudian setelah parameter serta aspek lainnya diketahui. Tinggi jenjang maksimum biasanya dipengaruhi oleh kemampuan alat bor dan ukuran mangkok (*bucket*) serta tinggi jangkauan alat muat. Umumnya pada peledakan di quarry dan tambang terbuka dengan diameter lubang besar, tinggi jenjang berkisar antara 10 – 15 m. Pertimbangan lain yang harus diperhatikan adalah kestabilan jenjang jangan sampai runtuh, baik karena daya dukungnya lemah atau akibat getaran peledakan. Singkat kata, dapat disimpulkan bahwa jenjang yang pendek memerlukan diameter lubang yang kecil, sementara untuk diameter lubang besar dapat diterapkan pada jenjang yang lebih tinggi. **Gambar 4** memperlihatkan hubungan antara variasi diameter lubang ledak dengan tinggi jenjang yang hasil berupa batasan terbawah dan teratas untuk setiap diameter lubang ledak.



Gambar 4. Hubungan variasi diameter lubang ledak dengan tinggi jenjang (Tamrock, 1988)

4. Fragmentasi

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau *boulder* diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang (*barrier*) ditepi jalan tambang. Namun kebanyakan diinginkan ukuran fragmentasi yang kecil karena penanganan

selanjutnya akan lebih mudah. Ukuran fragmentasi terbesar biasanya dibatasi oleh dimensi mangkok alat gali (*excavator* atau *shovel*) yang akan memuatnya ke dalam truck dan oleh ukuran *gap* bukaan crusher.

Beberapa ketentuan umum tentang hubungan fragmentasi dengan lubang ledak:

- a. Ukuran lubang ledak yang besar akan menghasilkan bongkahan fragmentasi, oleh sebab itu harus dikurangi dengan menggunakan bahan peledak yang lebih kuat
- b. Perlu diperhatikan bahwa dengan menambah bahan peledak akan menghasilkan lemparan yang jauh
- c. Pada batuan dengan intensitas retakan tinggi dan jumlah bahan peledak sedikit dikombinasikan dengan jarak spasi pendek akan menghasilkan fragmentasi kecil.

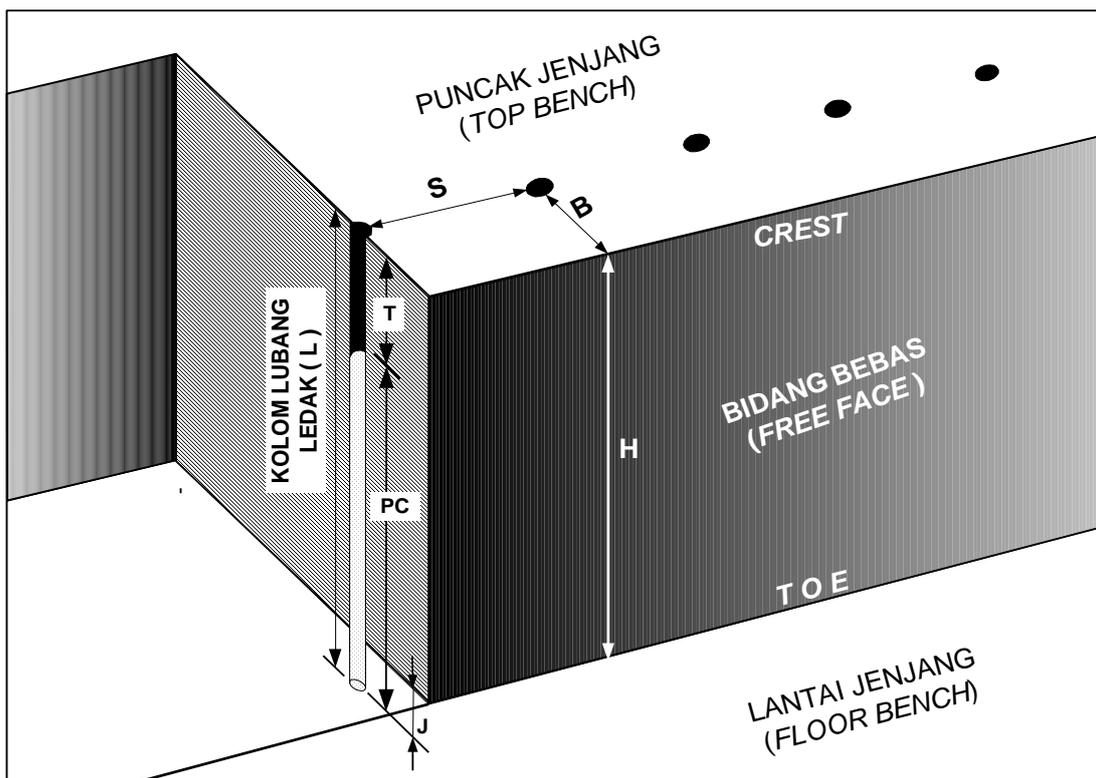
Penyimpangan dari ketentuan umum tentang ukuran fragmentasi di atas dapat terjadi karena perbedaan yang spesifik dari kualitas batuan dan bahan peledak. Untuk itu, sekali lagi, percobaan pengeboran dan peledakan harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimum.

5. Geometri Peledakan Jenjang

Kondisi batuan dari suatu tempat ketempat yang lain akan berbeda walaupun mungkin jenisnya sama. Hal ini disebabkan oleh proses genesa batuan yang akan mempengaruhi karakteristik massa batuan secara fisik maupun mekanik. Perlu diamati pula kenampakan struktur geologi, misalnya retakan atau rekahan, sisipan (*fissure*) dari lempung, bidang diskontinuitas dan sebagainya. Kondisi geologi semacam itu akan mempengaruhi kemampuan-ledakan (*blastability*). Tentunya pada batuan yang relatif kompak dan tanpa didominasi struktur geologi seperti tersebut di atas, jumlah bahan peledak yang diperlukan akan lebih banyak –untuk jumlah produksi tertentu– dibanding batuan yang sudah ada rekahannya. Jumlah bahan peledak tersebut dinamakan *specific charge* atau *Powder Factor* (PF) yaitu jumlah bahan peledak yang dipakai untuk setiap hasil peledakan (kg/m^3 atau kg/ton).

Terdapat beberapa cara untuk menghitung geometri peledakan yang telah diperkenalkan oleh para ahli, antara lain: Anderson (1952), Pearse (1955), R.L. Ash (1963), Langefors (1978), Konya (1972), Foldesi (1980), Olofsson (1990), Rustan (1990) dan lainnya. Cara-cara tersebut menyajikan batasan konstanta untuk menentukan dan menghitung geometri peledakan, terutama menentukan ukuran burden berdasarkan diameter lubang tembak, kondisi batuan setempat dan jenis

bahan peledak. Disamping itu produsen bahan peledak memberikan cara coba-coba (*rule of thumb*) untuk menentukan geometri peledakan, diantaranya *ICI Explosive*, *Dyno Wesfarmer Explosives*, *Atlas Powder Company*, *Sasol SMX Explosives Engineers Field Guide* dan lain-lain. Dengan memahami sejumlah rumus baik yang diberikan oleh para ahli maupun cara coba-coba akan menambah keyakinan bahwa percobaan untuk mendapatkan geometri peledakan yang tepat pada suatu lokasi perlu dilakukan. Karena berbagai rumus yang diperkenalkan oleh para ahli tersebut merupakan rumus empiris yang berdasar-kan pendekatan suatu model.



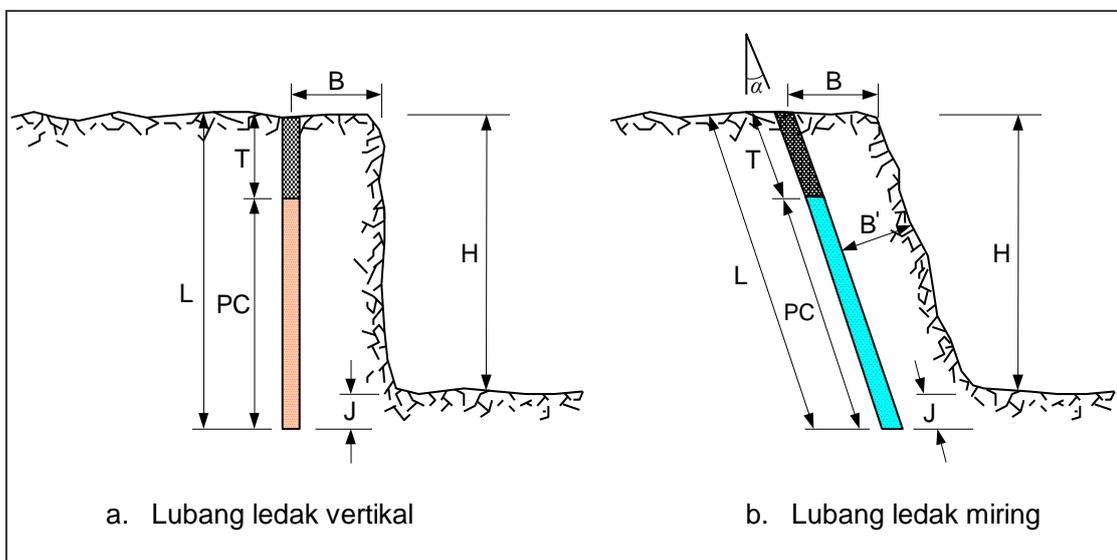
Gambar 5. Terminologi dan Simbul Geometri Peledakan

Terminologi dan simbul yang digunakan pada geometri peledakan seperti terlihat pada **Gambar 5** yang artinya sebagai berikut:

B	=	burden
L	=	kedalaman kolom lubang ledak
S	=	spasi;
T	=	penyumbat (<i>stemming</i>)
H	=	tinggi jenjang
PC	=	isian utama (<i>primary charge</i> atau <i>powder column</i>)
J	=	<i>subdrilling</i>

Lubang ledak tidak hanya vertikal, tetapi dapat juga dibuat miring, sehingga terdapat parameter kemiringan lubang ledak. Kemiringan lubang ledak akan memberikan hasil berbeda, baik dilihat dari ukuran fragmentasi maupun arah lemparannya. Untuk memperoleh kecermatan perhitungan perlu ditinjau adanya tambahan parameter geometri pada lubang ledak miring, yaitu (lihat **Gambar 6**):

- B = burden sebenarnya (*true burden*)
- B' = burden semu (*apparent burden*)
- α = Sudut kemiringan kolom lubang ledak



Gambar 6. Lubang ledak vertikal dan miring

6. Rangkuman

- Pekerjaan pengeboran lubang ledak harus mempertimbangkan tiga aspek penting, yaitu aspek teknis yang berkenaan dengan target atau laju produksi, aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dan aspek lingkungan yang berkaitan dengan kemungkinan adanya dampak negatif terhadap masyarakat sekitar.
- Faktor teknis yang menentukan keberhasilan peledakan terutama ditentukan oleh diameter lubang ledak, ketinggian jenjang dan fragmentasi hasil peledakan
- Geometri peledakan terdiri dari sejumlah parameter jarak atau panjang yang terdiri dari spasi, burden, tinggi jenjang, kedalaman kolom lubang ledak, penyumbat (*stemming*), panjang kolom isian bahan peledak utama, dan *subdrilling*.

C. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang ada pada kegiatan pembelajaran mengenai kompetensi profesional ini adalah:

1. Mengamati

Peserta didik diharapkan mengamati pengajar (guru) pada saat proses belajar mengajar untuk materi mengenai disain geometri pemboran.

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang landasan teori mengenai disain geometri pemboran.

3. Mengumpulkan data

Mengumpulkan data yang berhubungan dengan materi disain geometri pemboran dan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan materi tersebut.

4. Mengasosiasi/ Mengolah Informasi

Mengkategorikan data yang berhubungan dengan materi disain geometri pemboran dan mengkaitkan fungsinya ke dalam ilmu peledakan, untuk selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang paling sederhana sampai pada yang lebih kompleks, sehingga tidak ada materi pembelajaran yang terlewatkan.

5. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang disain geometri pemboran dalam proses belajar mengajar secara lisan oleh pengajar ke peserta didik.

D. Umpan Balik

Untuk mendapatkan umpan balik setelah mempelajari modul pembelajaran 4 ini, guru-guru diminta untuk mengisi rubrik umpan balik ini dan memberikan masukan yang konstruktif yang disediakan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Rubrik Umpan Balik Isi Modul

No	Pokok Bahasan	Pertanyaan Umpan Balik	Jawaban Guru dan Tindak Lanjut
1	Pola pemboran	Apakah saudara mampu mendesain suatu contoh pola pemboran lubang ledak (P5)	
2	Diameter lubang ledak	Bisakah Saudara mampu menghitung diameter lubang ledak untuk suatu kasus dilapangan (C2)	

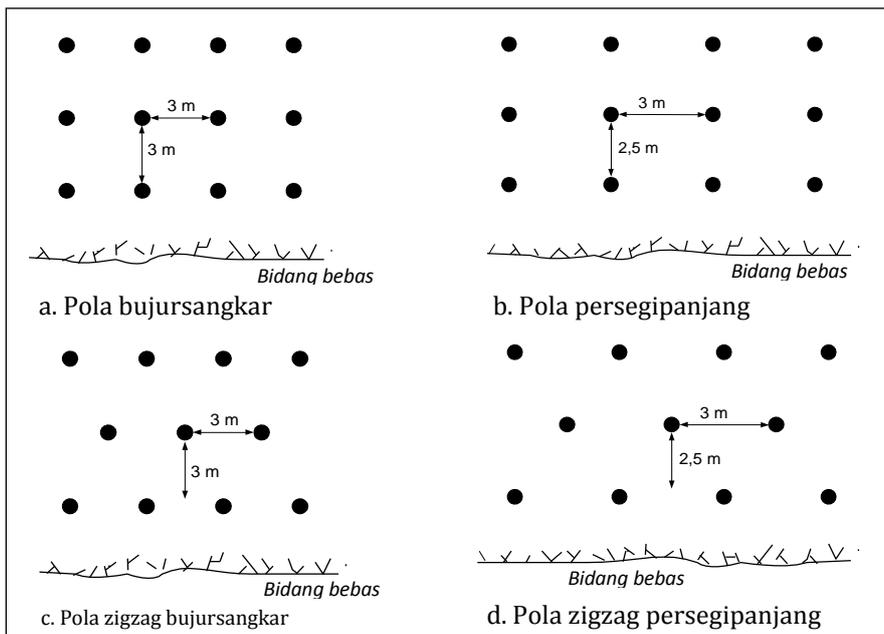
3	Tinggi jenjang	Bisakah Saudara mampu menghitung tinggi jenjang untuk suatu kasus dilapangan (C2)	
4	Geometri peledakan	Apakah saudara mampu mendesain suatu contoh geometri peledakan berdasarkan lubang ledak yang tersedia (P5)	

E. Latihan/Soal/Tugas

- Gambarkan pola pemboran bujur sangkar, persegi panjang dan zigzag ?
- Uraikan 3 faktor yang membatasi diameter lubang ledak?
- Apakah yang mempengaruhi tinggi jenjang?
- Uraikan hubungan antara fragmentasi dengan ketersediaan lubang ledak?
- Sebutkan 5 terminologi dan simbol untuk geometri jenjang?

F. Kunci Jawaban

- Gambar pola pemboran:



- Faktor yang membatasi diameter lubang ledak adalah:
 - Ukuran fragmentasi hasil peledakan
 - Isian bahan peledak utama harus dikurangi atau lebih kecil dari perhitungan teknis karena pertimbangan vibrasi bumi atau ekonomi.
 - Keperluan penggalian batuan secara selektif.
- Tinggi jenjang maksimum biasanya dipengaruhi oleh kemampuan alat bor dan ukuran mangkok (*bucket*) serta tinggi jangkauan alat muat.
- Hubungan antara fragmentasi dengan ketersediaan lubang ledak:

- 1) Ukuran lubang ledak yang besar akan menghasilkan bongkahan fragmentasi, oleh sebab itu harus dikurangi dengan menggunakan bahan peledak yang lebih kuat
- 2) Perlu diperhatikan bahwa dengan menambah bahan peledak akan menghasilkan lemparan yang jauh.
- 3) Pada batuan dengan intensitas retakan tinggi dan jumlah bahan peledak sedikit dikombinasikan dengan jarak spasi pendek akan menghasilkan fragmentasi kecil.

e. Terminologi dan simbol untuk geometri peledakan:

- 1) B = Burden
- 2) L = Kedalaman Kolom Lubang Ledak
- 3) S = Spasi
- 4) T = Penyumbat (*Stemming*)
- 5) H = Tinggi Jenjang
- 6) PC = Isian Utama (*Primary Charge* Atau *Powder Column*)
- 7) J = *Subdrilling*

VI. KEGIATAN PEMBELAJARAN 5

A. Tujuan Pembelajaran

Modul ini disusun berdasarkan kompetensi pedagogik dan potensi profesional. Kedua kompetensi tersebut dirangkum kedalam kompetensi inti, kompetensi guru dan indikator pencapaian kompetensi. Oleh karena itu penulisan pembelajaran 5 ini bertujuan untuk:

1. Memberikan pengetahuan tentang bagaimana memisahkan mineral berharga dari pengotornya dengan menggunakan alat Shaking Table.
2. Memberikan pengetahuan kepada guru tentang penyusunan kisi-kisi yang dikembangkan sesuai dengan tujuan penilaian.
3. Menyusun prosedur percobaan dengan menggunakan alat shaking table dan Jigging.
4. Menyusun prosedur percobaan dengan alat hydrocyclone dan menentukan ratio of concentration mineral berharga.
5. Menjelaskan bagaimana melakukan percobaan dengan Magnetic Sparator, electrostatic sparator, flotasi, Humprey Spiral untuk memisahkan mineral-mineral berharga dari pengotornya.

B. Uraian Materi Pembelajaran

1. Shaking Table

a. Tujuan Percobaan

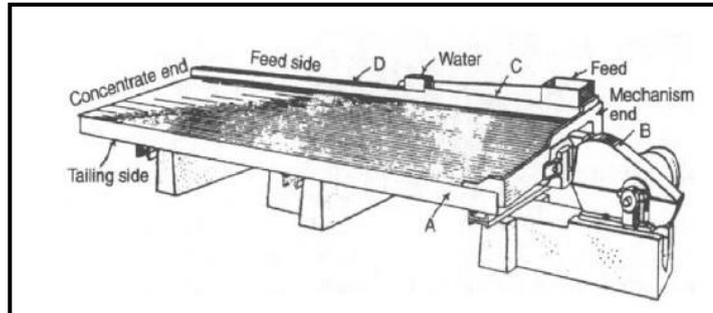
- 1) Memisahkan mineral-mineral berharga dari pengotornya dengan alat Shaking-Table yang berdasarkan perbedaan berat jenisnya.
- 2) Menentukan recovery (perolehan) mineral berharga dengan alat shaking table.
- 3) menentukan ratio of concentration mineral berharga dengan menggunakan alat shaking table.

b. Teori Dasar

Shaking table adalah salah satu alat yang digunakan dalam proses konsentrasi gravitasi. Alat ini bekerja menggunakan aliran fluida tipis serta gesekan partikel terhadap permukaan table. Ketika partikel mineral dimasukkan ke dalam aliran tipis ini, maka partikel mineral yang lebih kecil ukurannya akan lebih lambat bergerak turun, dan partikel yang lebih besar berat jenisnya juga lebih lambat laju gerakannya.

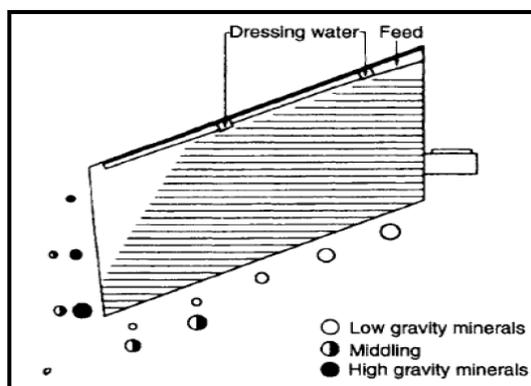
Hal ini kemudian akan menyebabkan terjadinya stratifikasi. Aliran tipis dari fluida akan memisahkan partikel mineral ringan yang kasar dari partikel mineral berat yang kecil. Alat ini merupakan alat konsentrasi gravitasi yang lebih efisien dibandingkan konsentrator gravitasi yang lain.

c. Sketsa Alat



Gambar 7. Shaking Table

Huruf A pada gambar di atas menunjukkan kemiringan dari dek yang bisa diatur sedemikian rupa. Umpan dimasukkan melalui bagian C yang kemudian akan diairkan juga air dari bagian *launder*. Meja kemudian bergoyang secara longitudinal dengan kecepatan stroke tertentu yang menyebabkan partikel mineral bergerak pelan di sepanjang dek. Partikel mineral akan mengalami dua gaya, yaitu gaya dorong air dan gaya gerak meja. Kedua gaya ini akan menghasilkan sebuah resultan gaya yang diagonal terhadap dua gaya tersebut. Di akhir proses akan terbentuk suatu pola konsentrat. Partikel mineral yang ringan akan terakumulasi di bagian bawah awal hingga akhir meja, yang kemudian akan masuk ke *tailing launder*. Partikel mineral yang berat akan terakumulasi di bagian akhir meja. Adapun, posisi akumulasi mineral dapat dideskripsikan dengan gambar di bawah ini.



Gambar 8. Distribusi Pemisahan Partikel Mineral

Dalam *shaking table* ini terdapat *riffle* yang berfungsi untuk membantu stratifikasi, dengan cara menangkap mineral yang berat.

Adapun variabel yang berpengaruh selama operasi menggunakan *shaking table* adalah:

- 1) Riffle
- 2) Material pelapis dek
- 3) Mekanisme *head motion*
- 4) Cara pengumpanan
- 5) Frekuensi
- 6) Variabel yang bisa diatur seperti kemiringan dek, %solid umpan, dan posisi produk

Kapasitas alat ini bergantung pada ukuran umpan dan kriteria konsentrat yang diinginkan. Untuk meningkatkan kapasitas, fleksibilitas dan kontrol dikembangkanlah *multi-deck shaking table*.

d. Alat dan Bahan

1) Alat

- a) Shaking table
- b) Timbangan atau neraca
- c) Stopwatch
- d) Ember
- e) Pemanas

2) Bahan

Bijih kasiterit (SnO_2) sebanyak 300 gram pada berbagai ukuran.

e. Prosedur Percobaan

Percobaan yang dilakukan adalah proses konsentrasi gravitasi menggunakan Shaking Table. Adapun prosedur percobaan yang dilakukan selama praktikum tabling ini adalah sebagai berikut,

- 1) Menetapkan dan mengukur variabel alat seperti kemiringan meja, panjang stabe dan frekuensi. Kemiringan meja diatur sebesar $2^\circ - 5^\circ$.
- 2) Menyiapkan contoh .
- 3) Mempelajari gerakan *head motion* (dengan membuka dan menutup *head motion*) dan menggerakkan meja.
- 4) Memasukkan umpan dengan laju kira-kira 0,5 kg/menit.
- 5) Memperhatikan gerakan partikel di atas meja dan arah gerakannya.
- 6) Atur kecepatan air sampai feed habis semuanya.
- 7) Matikan motor jig
- 8) Ambil konsentrat, kemudian saring.

- 9) Masukkan ke pan pemanas dan keringkan pada suhu 100°C sampai 105°C sampai airnya hilang.

2. Jigging

a. Tujuan Percobaan

- 1) Memisahkan mineral-mineral berharga dari pengotornya dengan Jig berdasarkan perbedaan berat jenisnya.
- 2) Menentukan Recovery (perolehan) mineral berharga dengan Jig.
- 3) Menentukan Ratio of Concentration mineral berharga dengan Jig.

b. Teori Dasar

Prinsip dasar dari Jig dapat dengan sederhana diilustrasikan dengan percobaan pengayakan di dalam air, terhadap mineral heterogen berukuran sekitar 1 cm. Lalu, ayakan tersebut digoyangkan naik-turun sedemikian rupa dalam air. Hasil akhirnya akan berupa terkumpulnya dua macam partikel mineral. Partikel mineral yang memiliki densiti lebih besar akan terkumpul di bagian bawah air, sedangkan partikel mineral yang memiliki densiti lebih kecil akan terakumulasi di bagian atas.

Konsep dasar ini digunakan untuk mengembangkan Jig secara komersial dalam skala pengolahan yang besar. Namun, di zaman sekarang ini, Jig telah dimodifikasi pada bagian ayakannya. Ayakan Jig yang umum kita jumpai sifatnya adalah statik di bagian atas alat, untuk memisahkan partikel mineral tidak lagi dengan cara menggerakkan ayakan melainkan dengan memberikan pulsion pada fluida sehingga terjadi pergerakan partikel mineral.

Dalam Jigging digunakan gaya hidrolis kedua jurusan yaitu bergantian aliran air keatas (pulsion) dan aliran air kebawah (suction) melalui satu lapisan partikel "semistationary Bed" yang bertindak sebagai media pemisah dan ditahan oleh suatu screen.

Pada saat terjadi pulsion dan suction maka partikel mengalami gaya yang berbeda-beda disebabkan oleh :

1) Hindered Settling

Pada saat Pulsion maka partikel akan terangkat dan arena campuran solid liquid disini sangat kental maka partikel tersebut mengatur dirinya hindered settling.

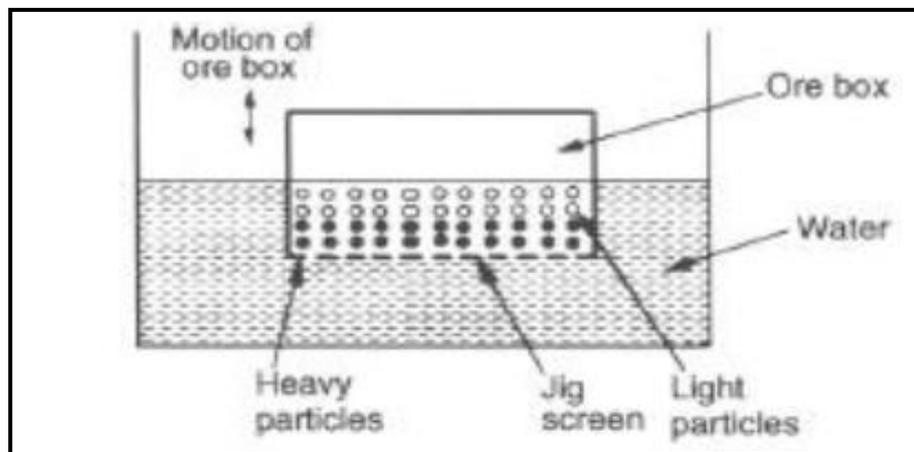
2) Diferential Acceleration.

Pada proses Jigging bergerak selama period akselerasi. Jadi sebelum terminal velocity dicapai.

3) Consolidation Trickling.

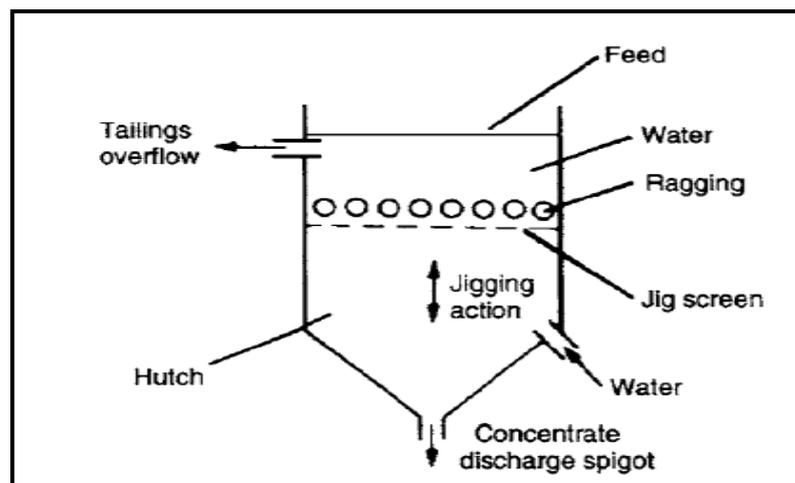
Pada saat suction, maka partikel kecil kalau mungkin akan lebih bebas dapat bergerak diantara partikel besar sedangkan partikel besar sendiri lebih banyak mengalami hambatan sesamanya sehingga seolah-olah jarak tempuhnya diperpanjang.

Pemisahan mineral yang berbeda densitinya pada jig diawali dengan adanya stratifikasi oleh gelombang fluida. Gelombang fluida dihasilkan oleh gerakan stroke. Ketika terjadi pulsion, alas jig naik ke atas lalu partikel mineral turun. Kemudian saat terjadi suction, partikel mineral yang lebih berat turun lebih cepat dari partikel mineral yang lebih ringan. Hal ini dapat diperagakan dengan menggunakan hand-jig.



Gambar 9. Hand Jigging

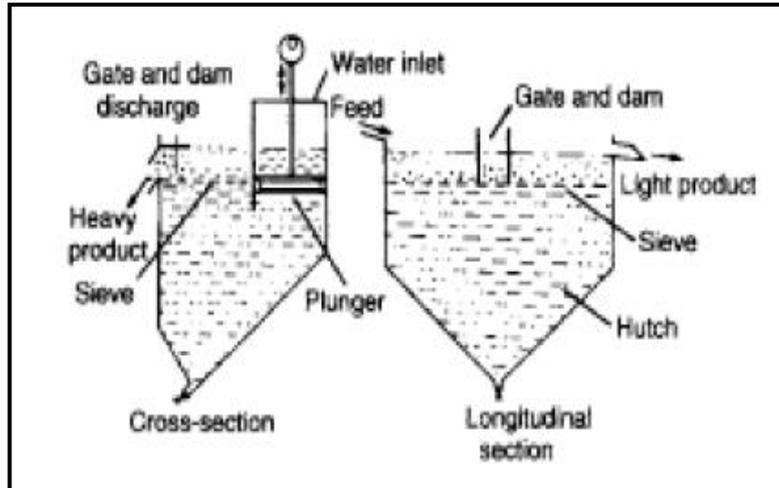
c. Sketsa Alat



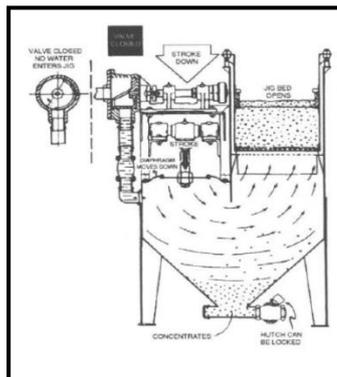
Gambar 10. Bagian Alat Jigging

Ada beberapa jenis jig yang biasa digunakan, yaitu Harz jig, Denver mineral jig, circular jig, IHC modular radial jig, Inline Pressure jig, Baum jig dan Batac jig.

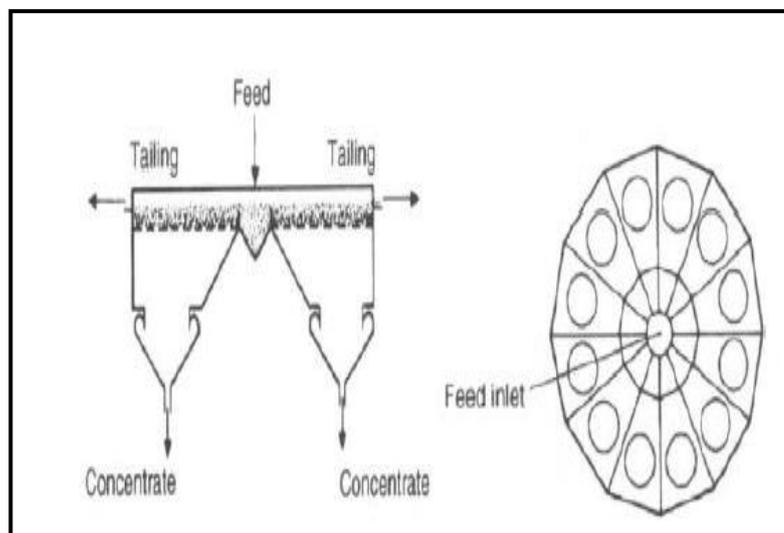
Perbedaan yang dapat dilihat dari ketujuh alat jig yang telah disebutkan adalah bentuk, kapasitas dan pengoperasiannya.



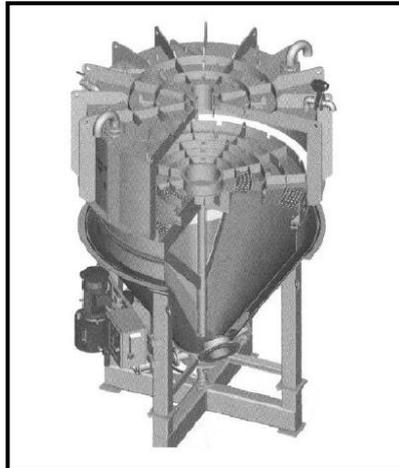
Gambar 11. Harz Jig



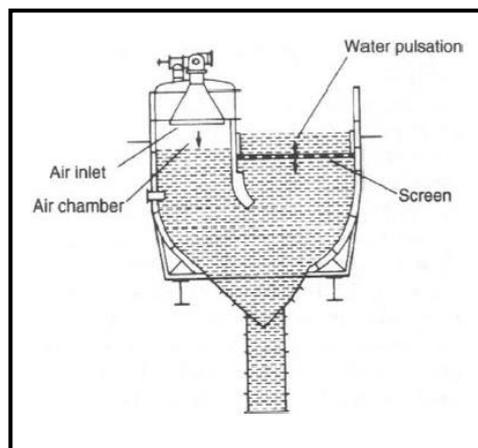
Gambar 12. Denver Mineral Jig



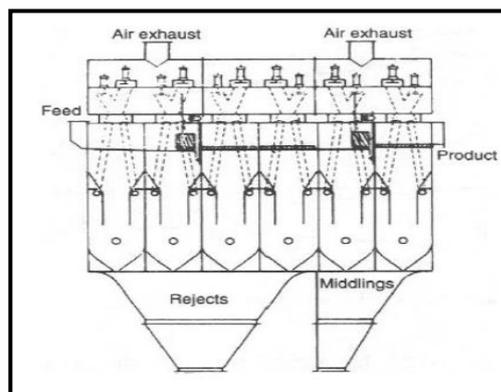
Gambar 13. Radial Jig



Gambar 14. Inline Pressure Jig



Gambar 15. Baum jig



Gambar 16. Batac Jig

d. Alat dan Bahan

1) Alat

- a) Hand Jigging
- b) Timbangan atau neraca
- c) Ember

2) Bahan

Bijih kasiterit (SnO_2) sebanyak 300 gram pada berbagai ukuran.

e. Prosedur Percobaan

Adapun prosedur percobaan yang dilakukan selama praktikum jigging ini adalah sebagai berikut,

- 1) Menjalankan jig, dan memeriksa dilasi dari alas jig yang harus mengembang dan merapat dengan baik.
- 2) Melakukan pengumpanan ke dalam alat jig dengan umpan berusa pulp, ke kompartemen pengumpan dengan laju yang konstan.
- 3) Mengamati pemisahan mineral yang terjadi, yaitu mineral yang overflow di bagian atas dan mineral yang underflow di bagian hutch dan ditampung dengan gelas.
- 4) Meneruskan proses pengumpanan hingga didapatkan konsentrat dalam jumlah cukup banyak, kemudian menampung masing-masing mineral overflow dan underflow.
- 5) Mengambil contoh overflow, underflow dan umpan lalu mengamati dalam mikroskop untuk dihitung kandungan kasiterit dan recovery percobaan.
- 6) Mengulangi langkah ke-1 sampai ke-6 dalam percobaan.

3. Hydrocyclone

a. Tujuan Percobaan

- 1) Memisahkan mineral-mineral berharga dari pengotornya dengan Hydrocyclone berdasarkan perbedaan berat jenisnya.
- 2) Menentukan Recovery (perolehan) mineral berharga dengan hydrocyclone.
- 3) Menentukan Ratio of Concentration mineral berharga dengan hydrocyclone.

b. Dasar Teori

Hydrocyclone adalah perangkat untuk mengklasifikasikan atau memisahkan partikel dalam suspensi cair berdasarkan pada kepadatan atau ukuran partikel. *Hydrocyclones* banyak digunakan dalam industri, terutama dalam pengolahan mineral dan kimia, karena kesederhanaan mereka dalam desain, kapasitas tinggi, pemeliharaan rendah dan biaya operasional, dan ukuran fisik kecil (Bradley, 1965).

Pada intinya, *hydrocyclone* adalah instrumen penting dalam pemisahan partikel berdasarkan berat jenis. Industri mineral khususnya dalam penanganan

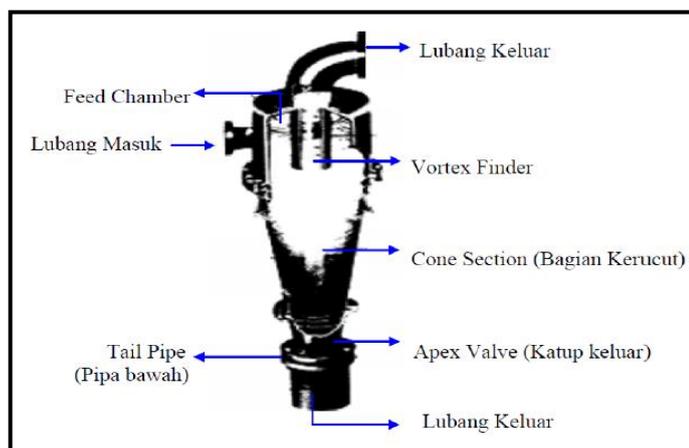
tumpukan pasir mineral berat, seperti ilmenite, rutile, zircon, dan dalam pemurnian batubara sering menggunakan *hydrocyclone* sebagai *classifier*.

Hydrocyclone atau *Humphrey spiral* dirancang dan dibuat oleh Ira B. Humphrey di Denver USA dan mendapat hak paten pada tahun 1943. Pada mulanya *Humphrey spiral* dibuat dengan tinggi 3 meter dengan 5-6 spiral didalamnya dan mampu memproses 0.8 – 12 ton/hari konsentrat tergantung desain *channel* dan ukuran material.

Hydrocyclone bertahun-tahun digunakan untuk berbagai aplikasi dalam pemrosesan mineral, khususnya dalam penanganan tumpukan pasir mineral berat, seperti ilmenite, rutile, zircon, dan dalam pemurnian batu bara. Untuk jenis *hydrocyclone* yang ada sekarang, material masukan harus memiliki berat input antara 15 - 45% berat padatan dan dengan ukuran 3 mm sampai 75 μm dimasukkan dari atas spiral dan mengalir ke bawah spiral. Kapasitas alat ini mencapai 1 – 2 ton/jam dengan umpan pada 25% - 50% solid dengan ukuran normal 20#. Pada spiral ini juga memerlukan adanya air sebagai media pemisah konsentrat.

c. Sketsa Alat

Secara umum bagian-bagian dari *hydrocyclone* dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar 17. Bagian-Bagian Hydrocyclone

1) Lubang Masuk (*Inlet Area*)

Ada beberapa tipe dari lubang masuk (*inlet area*), yaitu lubang masuk tipe *involute*, lubang masuk tipe *ramp* dan lubang masuk tipe *scroll*. Berbagai tipe tersebut dimaksudkan untuk lebih memaksimalkan kinerja dari *hydrocyclone*. Dengan konstruksi lubang masuk dengan tipe *involute*, lubang masuk tipe *ramp* dan lubang masuk tipe *scroll* dapat mengurangi

efek dari turbulensi yang terjadi disekitar dinding lubang masuk dan daerah antara lubang masuk dengan *cylinder section*.

2) **Cylindrical Section**

Pada dasarnya diameter dari *cylindrical section* sama besar dengan diameter *hydrocyclone*. Konstruksi dari *cylindrical section* yang panjang dimaksudkan untuk memperbesar kapasitas dan mengurangi kecepatan tangensial. Besar kecilnya konstruksi *cylindrical section* dapat mempengaruhi besarnya tekanan.

3) **Vortex Finder**

Pada umumnya besar dari *vortex finder* 20 - 45% dari diameter *hydrocyclone*. Besar dari *vortex finder* dapat kualitas pemisahan yang dihisap.

4) **Cone Section**

Besar sudut pada *cone section* didasarkan pada jenis pemakaiannya. *Cone section* bersudut 20° merupakan standar pemakaian pada industry pertambangan mineral. Sedangkan untuk *hydrocyclone* yang memiliki bagian bawah datar diperuntukan untuk pemisahan material-material berstruktur kasar.

d. **Alat dan Bahan**

1) **Alat**

- a) Timbangan (neraca)
- b) Spliter.
- c) Alas plastik/ karpet.
- d) Sendok
- e) Nampan
- f) Kantong plastik.
- g) Mikroskop/ loop
- h) Corong
- i) Papan grain counting
- j) Pan pemanas
- k) Pemanas (oven)
- l) Ember
- m) Gelas ukur
- n) Stop Watch
- o) Hydrocyclone

2) Bahan

Bijih kasiterit (SnO_2), sebanyak 300 gr dengan berbagai ukuran.

e. Prosedur Percobaan

- 1) Lakukan mixing bijih kasiterit sebanyak 20 kali.
- 2) Lakukan korning dan kuartening
- 3) Tentukan kadar feed dengan grain counting.
- 4) Ukur debit air yang di gunakan
- 5) Campur kasiterit dengan kuarsa di atas dengan air dan kuarsa di atas dengan air dan aduk dampai merata.
- 6) Atur penggunaan Hydrocyclone,sesuaikan dengan debit air yang masuk.
- 7) Hidupkan motorHydrocyclone (dalam hal ini buka kran air dengan ukuran debit tertentu)
- 8) Masukkan feed di atas pada feeder Hydrocyclonesetiap 15 detik.
- 9) Atur kecepatan air sampai feed habis seluruhnya.
- 10) Matikan motor hydrocolyne (kran air)
- 11) Ambil konsentrat, kemudian saring.
- 12) Masukkan ke pan pemanas dan keringkan pasa suhu 100 sampai 105 °C sampai airnya hilang.
- 13) Timbang berat konsentrat.

4. Magnetic Separator

a. Tujuan Percobaan

- 1) Memisahkan mineral-mineral berharga dari pengotornya dengan magnetic separator, yang berdasarkan perbedaan sifat magnetnya.
- 2) Menentukan Recovery (perolehan) mineral berharga d engan alat magnetic separator.
- 3) Menentukan Ratio of concentrationmineral berharga dengan alat magnetic separator.

b. Dasar Teori

Magnetic separator memanfaatkan perbedaan sifat kemagnetan antaramineral-mineral bijih. Magnetic separator digunakan untuk memisahkan mineral berharga dari *gangue* mineral yang bersifat non-magnetik, contohnya adalah magnetite dari kuarsa. Selain itu, bisa juga untuk memisahkan kontaminan magnetik atau mineral berharga lain dari material non-magnetik, seperti cassiterite yang biasanya berasosiasi dengan magnetite atau wolframite yang bisa dibuang dengan magnetic separator.

Semua material akan terkena suatu dampak apabila didekatkan pada medan magnet, meskipun efek yang ditimbulkan sangat lemah dan sulit untuk dideteksi. Menurut pengaruh yang diberikan oleh medan magnet, material dapat dikelompokkan dalam 3 golongan besar, yaitu:

1) Ferromagnetik

Material yang tertarik kuat oleh magnet. Contohnya adalah mineral besi (Fe) dan magnetite (Fe_3O_4).

2) Paramagnetik

Material yang tertarik lemah oleh magnet. Contohnya adalah mineral hematite (Fe_2O_3), ilmenite (FeTiO_3), dan pyrrhotite (FeS).

3) Diamagnetik

Material yang ditolak oleh magnet. Contohnya adalah mineral kuarsa (SiO_2) dan feldspar (KAlSi_3O_8).

Alat magnetic separator ini dibagi ke dalam 2 kelompok besar, yaitu high-intensity magnetic separator dan low-intensity magnetic separator.

Adapun gaya-gaya yang bekerja pada magnetic separator adalah kombinasi dari:

- 1) Gaya magnetik,
- 2) Gaya gravitasi, sentrifugal, friksi, atau inersia, dan
- 3) Gaya atraktif atau repulsif antar partikel.

Sifat kemagnetan diatas merupakan salah satu dari faktor – faktor dalam pemilihan alat. Selain sifat kemagnetan kekuatan medan magnet, ukuran butir, dan diameter drum magnetic sangatlah diperlukan. Karena memiliki pengaruh yang penting dalam proses kerja pada magnetic separator. Contoh lain dari mineral yang mempunyai sifat kemagnetan adalah:

1) Sifat Kematengan Tinggi

- a) Magnetit
- b) Franklinite
- c) ilminit

2) Sifat Kematengan Lemah

- a) Hematit
- b) Zikron
- c) Corrundundum
- d) Pyrolusit

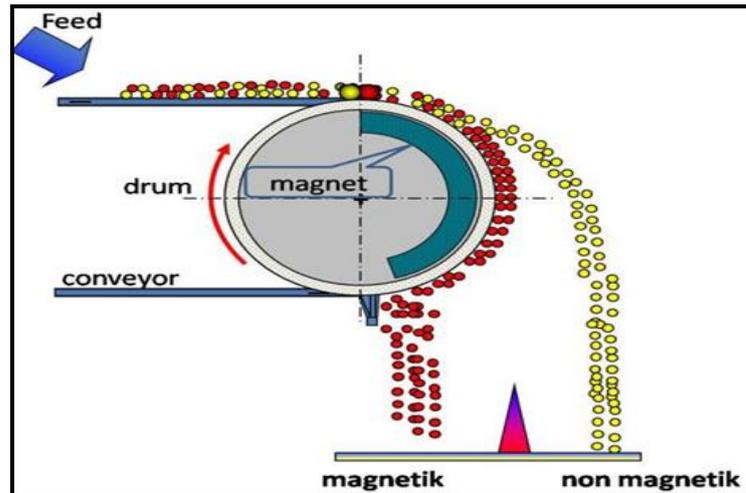
3) Tidak Punya Sifat Magnet

- a) Kuarsa
- b) Spalerit

- c) Galena
- d) Pyrit

c. Sketsa Alat

Secara umum, prinsip kerja magnetik separator adalah dengan melewati suatu material feed pada suatu bagian pada magnetic separator yang diberi medan magnetik, maka padatan logam akan menempel (tertarik) sehingga padatan logam akan terpisah dari campurannya. Seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 18. Magnetik Separator

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa magnetik separator membantu pemisahan mineral. Jadi, mineral yang magnetik dan non magnetik dapat tidak tercampur sama sekali hingga mempermudah dalam pemisahan mineral. Magnetik separator ini terbagi atas 2 yaitu :

1) Low Intensity Magnetic Separator

Jenis Low Intensity Magnetic Separator biasanya digunakan mineral yang bersifat Ferromagnetic. Low Intensity Magnetic Separator terdiri dari tiga tipe-model atau jenis :

a) Tipe Concurrent

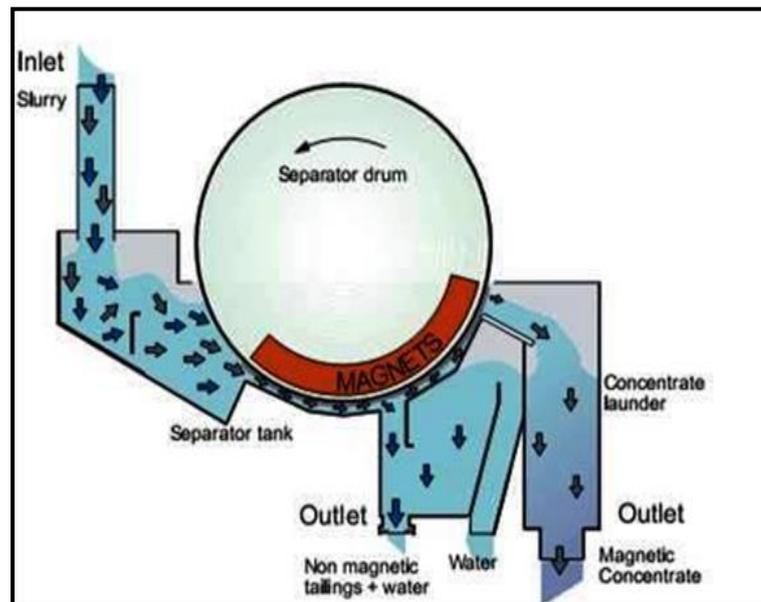
Tipe Concurrent digunakan untuk bijih yang biasanya kurang dari 10 mm dengan ukuran halus.

Kelebihan dari tipe ini adalah;

- (1) Menggunakan daya magnet rendah
- (2) Biaya Penggunaan alat relatif lebih murah

Kekurangan dari tipe ini adalah :

- (1) Mineral magnetic yang di dapat lebih sedikit
- (2) Beberapa Mineral gangue ikut dalam tailing



Gambar 19. Tipe Concurrent

b) Tipe Countercurrent

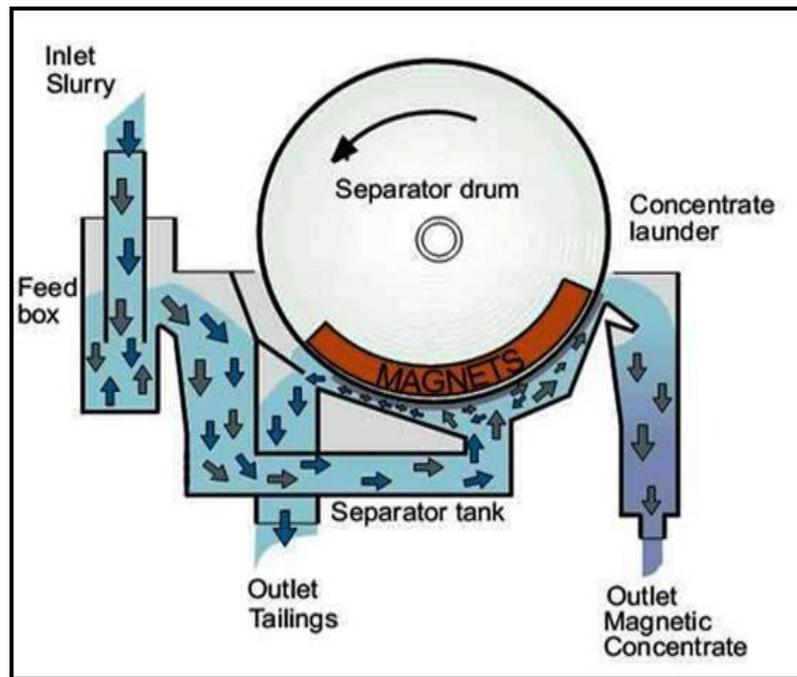
Tipe countercurrent digunakan untuk bijih yang berukuran kurang dari satu millimeter dengan ukuran halus.

Kelebihan dari tipe ini adalah :

- (1) Daya magnet digunakan rendah
- (2) Semua mineral bersentuhan dengan drum
- (3) Tidak terjadi terendapkan / stratifikasi

Kekurangan dari tipe ini adalah:

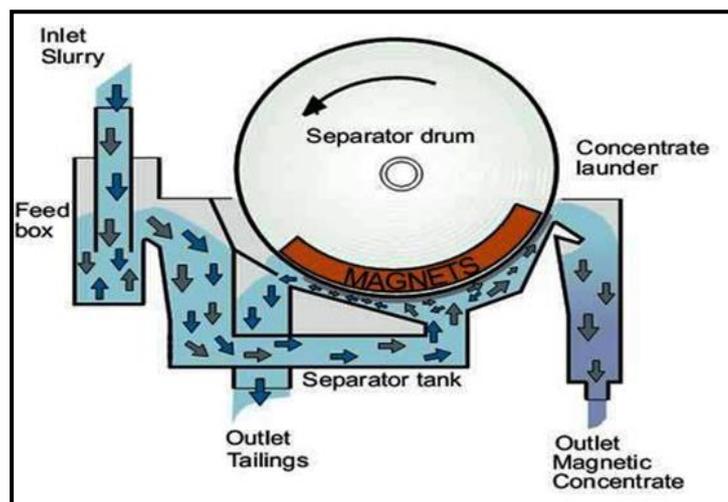
- (1) Mineral gangue dapat masuk dalam konsentrat
- (2) Jika dorongan fluida rendah maka akan ada mineral yang tertinggal pada dasar dalam tangki, sedang jika terlalu besar maka mineral halus akan masuk ke dalam tailing



Gambar 20. Kerja Dari Tipe Countercurrent

c) Tipe Counter-Rotation

Tipe counter-rotation digunakan untuk pemisahan bijih yang berukuran kurang dari 8 mm, dengan ukuran halus. Keuntungan dari tipe ini adalah memiliki daya magnet rendah dan Kekurangan dari tipe ini adalah Jika aliran fluida cukup besar, maka mineral gangue yang terperangkap di antara mineral magnetic akan langsung masuk dalam aliran konsentrat.

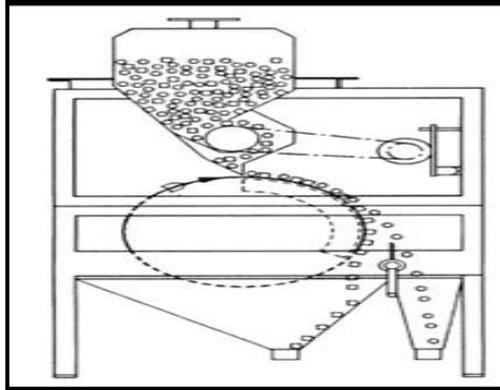


Gambar 21. Tipe Counter Rotation

2) High Intensity Magnetic Separator

Separator ini digunakan untuk mengambil mineral-mineral yang memiliki kemagnetan rendah, atau mineral paramagnetic. Kelebihan dari high

intensity magnetic separator ini antara lain adalah dapat meningkatkan kadar mineral dan dapat dipergunakan untuk mineral yang bersifat paramagnetik. Sedangkan kelemahannya antara lain karena harganya yang mahal dan memerlukan daya magnet yang sangat besar.



Gambar 22. High Intensity Magnetic

d. Alat dan Bahan

1) Alat

Peralatan magnetic separator terdiri dari dua jenis, yaitu:

- a) Dry Magnetic Separator (Magnet listrik)
- b) Wet Magnetic Separator(magnet tetap dengan kekuatan magnetnya kurang lebih 4.000 gauss

2) Bahan

- a) Pasir kuarsa (SiO_2). Sebanyak 4500 gr, ukuran -60+ 100 mesh
- b) Pasir besi, dengan ukuran -60 sampai dengan +100 mesh sebanyak 500 gr.

e. Prosedur Percobaan

Berikut ini adalah prosedur yang dilakukan dalam percobaan:

- 1) Menimbang 500 gram bijih besi dan mencampurkannya dengan 4500 gram pasir silika.
- 2) Mengisi ember dengan air dan menuangkan campuran pasir besi dan pasir silika kedalamnya lalu mengaduk hingga campuran terdistribusi merata, membuang benda atau debu yang mengapung (*desliming*).
- 3) Menuangkan campuran ke dalam alat pencampur dari HMS dan menggerakkan pengaduknya.
- 4) Menjalankan ban pada alat magnetic separator dan menghubungkan aliran listrik yang melalui magnetic.

- 5) Menampung produkta-produkta yang dihasilkan pada dua buah ember, setelah mengalirkan pulp ke dalam magnetic separator.
- 6) Mengeringkan konsentrat dan tailing yang diperoleh, kemudian menimbangnya.

5. Elektrostatic Separator

a. Tujuan Percobaan

- 1) Memisahkan mineral-mineral berharga dari pengotornya dengan magnetic separator, yang berdasarkan perbedaan sifat kelistrikannya.
- 2) Menentukan Recovery (perolehan) mineral berharga dengan alat electrostatic separator.
- 3) Menentukan Ratio of concentration mineral berharga dengan alat electrostatik separator.

b. Dasar Teori

Electrostatic separator memanfaatkan perbedaan sifat konduktivitas material terhadap listrik. Partikel dapat diberikan muatan dengan tiga cara, yaitu:

1) Mengontakkan dengan Partikel Lain

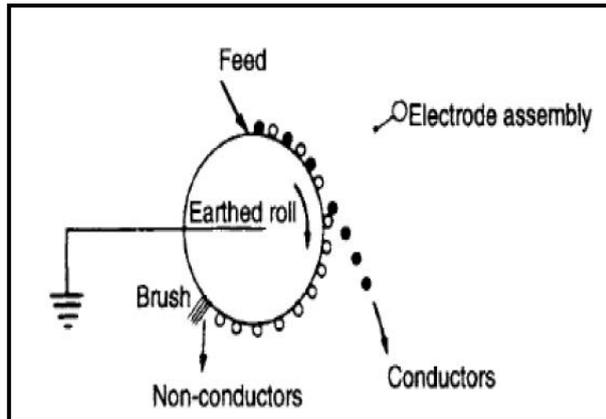
Apabila kita mendekatkan dan menyentuhkan dua permukaan partikel yang berbeda, maka akan terjadi pertukaran elektron ketika dijauhkan kembali. Area kontak yang terjadi antar kedua partikel sangatlah kecil, sehingga diperlukan perulangan berkali-kali agar partikel menjadi bermuatan.

2) Ion Bombardment

Gas merupakan suatu insulator, namun apabila beda potensial dari kedua elektroda meningkat sangat tinggi akan terjadi pemecahan partikel gas (*gas discharge*). Pelepasan muatan gas ini disebut juga corona. Apabila partikel mineral melewati corona maka mineral akan dihentikan oleh elektron. Kemudian hal ini akan menyebabkan padatan menjadi bermuatan.

3) Induksi

Apabila partikel diletakkan dalam konduktor yang dihubungkan ke tanah dan ada medan listrik, partikel akan menjadi bermuatan karena adanya induksi. Setiap mekanisme di atas berbeda satu sama lain, namun dalam proses pemisahan, mekanisme di atas bisa terjadi seluruhnya.



Gambar 23. Proses Elektrostatik Separator

Pemisahan yang terjadi dalam alat electrostatic separator dihasilkan oleh kombinasi gaya listrik, sentrifugal dan gravitasi.

Contoh dari mineral yang mempunyai sifat listrik(konduktor) dan konduktor, dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Sifat Listrik pada Mineral

no	mineral konduktor	mineral non-konduktor
1	magnetit	mozanit
2	ilmenit	siderit
3	hematit	garnet
4	franklinit	mika biotit
5	galena	korundum
6	kasiterite	kalsit

c. Sketsa Alat



Gambar 24. Bagian dari Electrostatic Separator

Adapun bagian bagian dari alat electrostatic separator antara lain :

- 1) Feeder : menampung feed dan memberikan muatan pada mineral.

- 2) Earthed Roll (Pin Elektrode) : untuk mengangkat partikel yang memiliki muatan yang sesuai (non konduktor)
- 3) Electrode Assembly (Lift Electrode) : Electrode yang berfungsi untuk menciptakan medan magnet sehingga konduktor bisa meloncat.
- 4) Brush : Untuk menyapu mineral yang tertarik pin electrode sehingga jatuh ke tailing outlet.
- 5) Tailing Outlet : Tempat keluarnya tailing
- 6) Middling Outlet : Tempat keluarnya partikel yang mengandung konsentrat dan tailing
- 7) Konsentrat Outlet : Tempat Keluarnya konsentrat
- 8) Scrapper : Membatasi antara feed dan konsentrat serta midling.

d. Alat dan Bahan

1) Alat

Peralatan yang di gunakan adalah Rapid Electrostratic Separator atau lebih di kenal dengan high Tention Saparator. Alat ini mempunyai beda potensial sangat tinggi, yaitu sekitar 50.000 Volt DC.

2) Bahan

- a) Pasir kuarsa (SiO_2), sebanyak 4500 gr.
- b) Pasir besi, dengan ukuran -60 sampai dengan +mesh, sebanyak 500 gr.

e. Prosedur Percobaan

Berikut ini adalah prosedur yang dilakukan dalam percobaan:

- 1) Menimbang 500 gram bijih besi dan mencampurkannya dengan 4500 gram pasir silika.
- 2) Mengaduk campuran hingga terdistribusi merata ke seluruh bagian.
- 3) Meghubungkan electrostatic separator dengan arus listrik bertegangan 110 V untuk menyalakan alat.
- 4) Menuangkan sedikit demi sedikit campuran ke dalam *feed hopper* dari electrostatic separator.
- 5) Mengatur kecepatan putaran roller dan membuka sekat perlahan-lahan.
- 6) Menampung konsentrat dan tailing yang dihasilkan lalu menimbanginya.
- 7) Setelah feed habis semuanya, maka akan di peroleh hasil berupa konsentrat(konduktor) dan tailing(non konduktor)
- 8) Matikan mesinya.

6. Flotasi

a. Tujuan Percobaan

- 1) Memisahkan mineral-mineral berharga dari pengotornya dengan menggunakan alat Flotasi yang berdasarkan pada perbedaan ukurannya.
- 2) Menentukan Recovery (perolehan) mineral berharga dengan alat flotasi
- 3) Menentukan Ratio of concentration mineral berharga dengan alat flotasi.

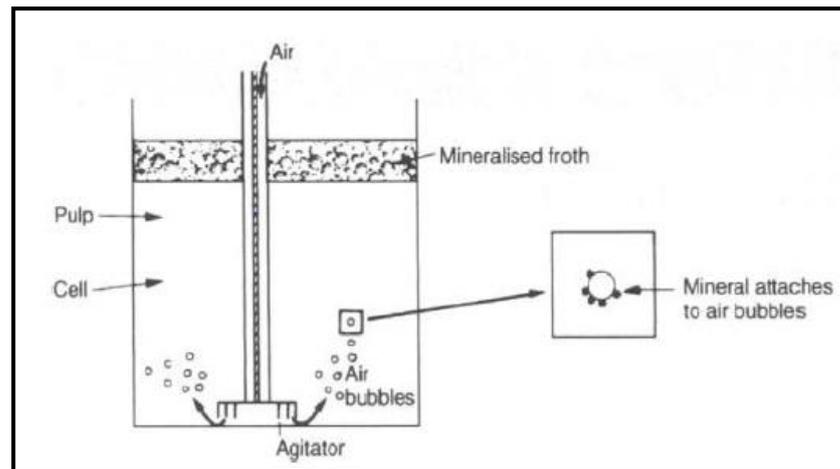
b. Dasar Teori

Flotasi adalah salah satu teknik pengolahan yang digunakan untuk memproses bijih berkadar rendah, badan bijih kompleks, serta digolongkan sebagai material tidak ekonomis. Proses ini merupakan proses yang memiliki karakteristik tertentu dan selektif. Tujuan dari proses flotasi mineral sulfida ini adalah untuk memperoleh mineral yang diinginkan dalam suatu campuran kompleks. Dalam satu kali proses flotasi, bisa dipisahkan banyak mineral dengan menambahkan reagent, seperti *collector* dan *frother*. *Collector* digunakan untuk mengubah sifat permukaan mineral sulfida, sedangkan *frother* digunakan untuk menurunkan tegangan permukaan air.

Flotasi adalah proses pemisahan fisika-kimia yang menggunakan perbedaan sifat permukaan dari mineral berharga dan pengotornya. Teori dari flotasi sangat rumit, melingkupi tiga fasa (padat, cair, dan buih) dengan banyak sub-proses dan interaksi, yang tidak seluruhnya dapat dipahami. Material yang didapatkan dari proses flotasi terdiri dari tiga mekanisme, yaitu:

- 1) Penambahan selektif terhadap gelembung udara (disebut juga flotasi sebenarnya).
- 2) Pertukaran di dalam air yang melewati buih.
- 3) Perangkap fisik antara partikel di dalam buih yang ditambahkan ke gelembung udara (disebut juga agregasi).

Penambahan mineral berharga ke gelembung udara adalah mekanisme paling penting dan merepresentasikan mayoritas partikel yang didapatkan atau menjadi konsentrat. Meskipun demikian, efisiensi pemisahan antara mineral berharga dengan pengotornya juga bergantung pada derajat pertukaran dan perangkap fisik. Kedua tahapan ini tidak seperti tahap flotasi sebenarnya, yang secara kimiawi selektif terhadap sifat permukaan mineral, mineral berharga dan pengotor dapat diperoleh dari pertukaran dan pemerangkapan.



Gambar 25. Prinsip Dasar Flotasi

Penambahan reagent berfungsi untuk mengubah beberapa sifat dasar dari material, seperti sifat permukaan material dan tegangan permukaan air. Gelembung udara harus mampu mengambil partikel, dan menaikannya ke atas permukaan air. Agitator menimbulkan turbulensi dalam pulp dan menyebabkan terjadinya tumbukan antara partikel dan gelembung, yang kemudian gelembung akan mengikat mineral berharga ke permukaan air.

Proses ini hanya dapat digunakan untuk partikel yang cukup halus, karena apabila terlalu besar ukurannya maka adhesi antara partikel dan gelembung akan semakin kecil. Sehingga, jumlah partikel yang terangkut akan semakin sedikit jumlahnya, atau dengan kata lain recovery semakin kecil. Dalam teori lain disebutkan bahwa ada selang ukuran tertentu dari partikel yang optimal dalam flotasi, yaitu 10 – 70 μm .

Agar proses flotasi dapat berlangsung maka diperlukan reagen flotasi. Penggunaan reagen flotasi ini tidak dimaksudkan untuk mengubah sifat – sifat kimia dari partikel tersebut tetapi hanya mengubah sifat permukaan dengan menyerap (adsorpsi) reagen flotasi tersebut. Keberhasilan pemisahan mineral secara flotasi ditentukan oleh ketepatan penentuan reagen kimia yang digunakan. Secara garis besarnya reagen yang digunakan dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu : kolektor, modifier dan frother.

1) Kolektor

Kolektor adalah senyawa organik yang ditambahkan kedalam pulp untuk mengubah permukaan mineral dari hidropilik menjadi hidropobik dengan proses penyerapan (adsorpsi). Klasifikasi dari kolektor berdasarkan sifat ionnya, yaitu kationik dan anionic umumnya kolektor dari golongan ini dipakai pada pekerjaan flotasi sulfide. Tetapi ini juga memungkinkan dipakai dalam pekerjaan flotasi mineral non sulfida .

Sedangkan kolektor kationic untuk flotasi non sulfide. Dalam pemakaian harus diperhatikan mengenai jumlah kolektor. Kolektor yang digunakan bila digunakan terlalu sedikit tidak dapat mengapungkan mineral secara selektif, sedangkan bila terlalu banyak akan menghasilkan flotasi yang tidak terlalu baik.

2) Modifier

Modifier adalah reagen kimia yang diperlukan dalam proses flotasi untuk mengintensifkan selektifitas dari pekerjaan kolektor. Efek yang umum dihasilkan adalah menaikkan dan menurunkan hidropobitas dari suatu permukaan partikel tertentu. Jenis modifier ini adalah PH regulator (pengatur pH), activator, depresan dan dispersan. PH regulator adalah media yang digunakan untuk mengatur pH. Pengaturan pH dari pulp ini dilakukan dengan penabahan kapur, sodium karbonat, sodium hidroksida atau ammonium untuk menaikkannya dengan penambahan sulfuric, sulfuros tau asam klorida.

Aktivator adalah suatu reagen yang digunakan dalam flotasi untuk meningkatkan kerja dari kolektor pada permukaan partikel mineral. Ini berarti bahwa reagen activator membantu untuk mengapungkan mineral pada saat proses flotasi. Depresan juga merupakan reagen kimia yang dipakai untuk melemahkan kerja dari kolektor terhadap permukaan partikel mineral dengan cara menyelimuti permukaan partikel sehingga tidak menempel pada gelembung udara. Dengan kata lain depresan adalah reagen flotasi yang membantu untuk menenggelamkan partikel mineral.

3) Frother

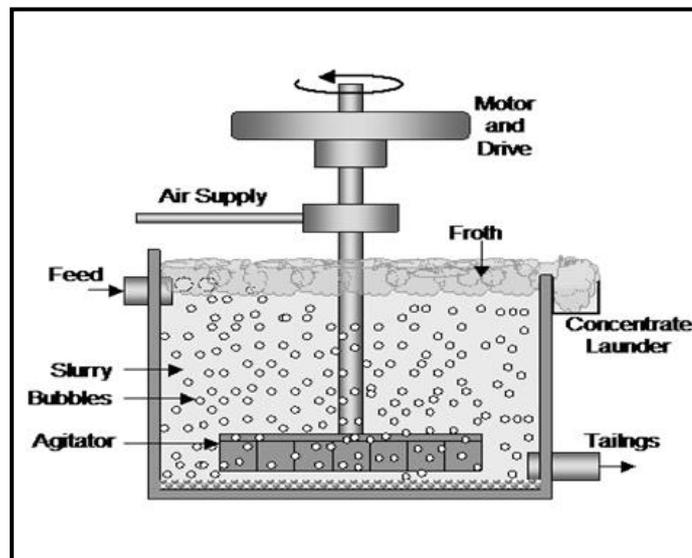
Frother (pembuih) akan terkonsentrasi pada antar muka udara dan air. Kehadiran froter pada fasa cair pada larutan reagen kimia yang dipakai dalam flotasi untuk membentuk buih atau busa. Reagen ini mempunyai permukaan yang aktif dan biasanya pada flotasi berguna untuk meningkatkan gelembung udara dan menolong supaya gelembung menyebar. Ini berarti memperbaiki kondisi penempelan partikel mineral dan menaikkan stabilitas busa.

Kontak antar mineral udara dan air dikenal dengan kontak tiga fasa dan sudut yang terbentuk antara mineral dengan antar muka udara-air yang diukur pada fasa air disebut dengan sudut kontak. Sudut kontak = 0, berarti permukaan padatan diselimuti air (hidropilik) dan sudut kontak = 180⁰ udara menutupi padatan. Sudut kontak sering digunakan sebagai ukuran kehidropobikan permukaan mineral.

Pemakaian frother pada proses flotasi sangat penting dilihat dari fungsinya yaitu :

- a) Frother mencegah perpaduan gelembung udara dan menjaga kestabilan gelembung untuk selama periode waktu yang cukup lama.
- b) Lapisan frother pada kulit gelembung udara menaikkan ketahanan gelembung terhadap bermacam – macam ketahanan dari luar.
- c) Lapisan frother pada gelembung mengurangi kecepatan gelembung didalam pulp, sehingga kontak gelembung dengan mineral – mineral akan menimbulkan kondisi yang lebih baik yang menguntungkan proses flotasi.

c. Sketsa Alat



Gambar 26. Prinsip Flotasi Buih

Operasi atau proses flotasi sebenarnya terdiri dari dua tahap, yaitu :

1) Conditioning

Conditioning merupakan tahapan dari flotasi dimana permukaan mineral yang berada dalam *pulp* diolah dengan reagen kimia sedemikian rupa sehingga apabila diberi udara maka mineral tertentu akan mengapung dan mineral lainnya akan tenggelam agar proses flotasi berlangsung dengan baik. Proses *conditioning* dilakukan dalam alat yang disebut *conditioner*. Mekanisme yang diperlukan pada *conditioning* yaitu :

- a) Pengadukan
- b) Reagen terdispersi (tersebar) ke seluruh *pulp*.
- c) Kontak berulang-ulang antara molekul-molekul reagen dengan partikel-partikel mineral.

d) harus cukup waktu kontak agar interaksi reagen dengan partikel berlangsung baik. Waktu yang diperlukan di sini disebut waktu *conditioning*.

e) Tidak ada udara yang masuk

2) Proses Aerasi

Proses aerasi merupakan tahapan proses flotasi dengan memasukkan aliran udara ke dalam *pulp* yang telah mengalami *conditioning*, sehingga timbul gelembung-gelembung udara dalam *pulp*. Pada proses aerasi ini partikel-partikel mineral yang bersifat hidrofobik (suka udara) akan menempel pada gelembung udara kemudian naik ke atas dan keluar bersama-sama. Apungan ini selanjutnya ditampung, gelembung udara pecah dan tinggal padatannya. Partikel-partikel mineral yang bersifat hidrofilik (suka air) akan tetap tenggelam dan menjadi produkta berupa endapan. Dengan demikian dapat dipisahkan antara apungan (*froth*) dan endapan (*sink*).

Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses flotasi adalah sebagai berikut:

1) Ukuran partikel

Ukuran partikel sangat berpengaruh dalam proses flotasi. Jika ukuran partikel terlalu besar maka partikel sulit untuk tertempel dan terbawa ke atas oleh gelembung udara, sedangkan kalau partikel terlalu halus maka sifat permukaan memberikan efek atau pengaruh yang hampir sama antara partikel yang akan diapungkan dan partikel yang tidak diapungkan. Dengan demikian jika ukuran partikel mineral terlalu besar atau terlalu kecil maka *recovery* (perolehan) akan lebih kecil. Ukuran partikel untuk proses flotasi biasanya lebih kecil dari 65 mesh tetapi lebih besar dari 10 mm, kecuali untuk batubara ukuran terkecilnya bisa sampai 20 mesh.

2) Persen padatan

Persen padatan *pulp* yang optimum untuk flotasi mineral umumnya adalah 25%. Untuk flotasi batubara persen padatan sebesar 25% ini terlalu tinggi. Umumnya persen padatan untuk flotasi batubara berkisar antara 3-20%, dengan rata-rata sekitar 7%. Bilamana ukuran partikel lebih kasar maka persen padatan juga tinggi, dan sebaliknya jika ukuran partikel lebih halus maka persen padatan juga harus lebih rendah.

3) Derajat oksidasi

Derajat oksidasi mineral akan mempengaruhi sifat keterapungan mineral tersebut. Sifat keterapungan akan menurun dengan adanya pengaruh oksidasi pada permukaan mineral. Tingkat oksidasi akan semakin besar dengan semakin meningkatnya dan lamanya mineral berada di udara terbuka.

4) PH *pulp* dan Karakteristik Air

Secara umum nilai pH *pulp* dan jumlah garam terlarut dalam air yang digunakan pada proses flotasi merupakan faktor yang penting. Sifat permukaan mineral bisa berbeda pada harga pH yang berbeda sehingga sangat mempengaruhi perolehan dari proses flotasi. Adanya lempung atau *slimes* dalam air dapat mencegah pengapungan mineral. Hal ini dapat dikendalikan dengan penggunaan reagen kimia yang cocok sehingga *slime* tersebut dapat digumpalkan kemudian dikeluarkan, atau dengan penggunaan air bersih dalam sirkit flotasi.

5) Reagen flotasi

Reagen flotasi baik jenis maupun jumlah (dosisnya) seperti telah dijelaskan sebelumnya akan sangat mempengaruhi keberhasilan proses flotasi. Jenis maupun jumlah reagen flotasi baik itu kolektor, frother, maupun *modifier* harus betul-betul sesuai penggunaannya untuk mendapatkan hasil yang optimal.

6) Kecepatan putaran pengaduk dan laju pengaliran udara

Kecepatan putaran pengaduk dan laju pengaliran udara pada proses flotasi akan optimal pada harga-harga tertentu.

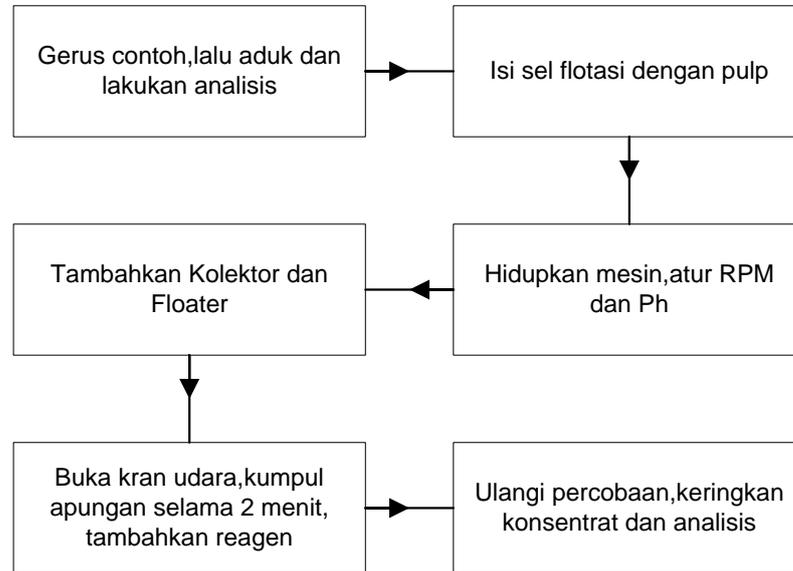
d. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan untuk percobaan flotasi ini antara lain;

- 1) Bijih sulfide
- 2) Tabung ukur
- 3) Jarr Mill
- 4) Penampung Froth dan tailing
- 5) Amyl xanthate, aero froth 65
- 6) Lime
- 7) Laboratory flotation cell

e. Prosedur Percobaan

Dalam percobaan flotasi mineral sulfida ini dibutuhkan bahan-bahan serta peralatan seperti bijih sulfida (dalam hal ini PbS), tabung ukur, jarr mill, penampung *froth* dan *tailing*, reagent, lime dan sel flotasi.



Gambar 27. Prosedur Praktek Flotasi

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam percobaan adalah sebagai berikut:

- 1) Menggerus contoh bijih sehingga terbentuk slime dengan jumlah minimum.
- 2) Melakukan pengayakan untuk mendapatkan umpan berukuran -65 mesh.
- 3) Mengaduk contoh bijih dengan baik dan mengambil contoh umpan untuk dianalisis kandungannya.
- 4) Mengisi sel flotasi sampai 2,5 cm di bawah bibir *overflow* dan ukur volumenya dengan bantuan tabung ukur.
- 5) Menghitung umpan yang dibutuhkan untuk menghasilkan pulp 30%.
- 6) Memasukkan pulp ke dalam sel flotasi.
- 7) Menghidupkan sel flotasi.
- 8) Menambahkan *collector* sebanyak 0,03 kg/ton setiap 2 menit.
- 9) Menambahkan *frother* sebanyak 0,03 kg/ton setiap 2 menit.
- 10) Membuka kran udara selama 2 menit dan mengumpulkan konsentrat.
- 11) Mengulangi proses ke 8-10.
- 12) Mengeringkan konsentrat untuk kemudian dianalisis kandungannya.

7. Humprey Spiral

a. Tujuan Percobaan

- 1) Memisahkan mineral-mineral berharga dari pengotornya dengan menggunakan alat Hydrocyclone yang berdasarkan perbedaan berat jenisnya.
- 2) Menentukan Recovery (perolehan) mineral berharga dengan alat Hydrocyclone.
- 3) Menentukan Ratio of concentration mineral berharga dengan alat humprey spiral

b. Teori Dasar

Humprey Spiral termasuk dalam gravity concentration yang menggunakan water impulse, yang terdiri dari spiral curved bottom launder dengan diameter spiral yang sama mengelilingi satu sumbu vertikal. Spiral ini terbuat dari besi cor yang terdiri dari beberapa putaran (turun) yang dapat di sambung sambung, jumlah putaran dari spiral ini tergantung pada material yang di kerjakan, biasanya 3 sampai 6 putaran.

Feed berupa campuran partikel mineral beserta air di masukkan ke dalam feed box di bagian atas spiral. Karena daya dorong dari air. Maka partikel ikut terbawa mengalir ke bawah mengikuti saluran spiral.

Gaya-gaya yang bekerja terhadap partikel:

- 1) Gaya berat
- 2) Gaya dorongan air
- 3) Gesekan partikel dengan spiral

Gaya-gaya tersebut di pengaruhi oleh beberapa faktor yang melibatkan terjadinya pemisahan dari partikel-partikel:

- 1) Perbedaan berat jenis
- 2) Gaya sentrifugal
- 3) Besar butiran
- 4) Kemiringan dari spiral
- 5) Jumlah feed
- 6) Roughness of spiral

Akibat semua gaya-gaya yang berlaku terhadap partikel, mengakibatkan pemisahan antara partikel berat akan mengalir sebelah dalam dari spiral launder dan di keluarkan melalui lubang port di salurkan ke konsentrat, partikel-partikel ringan mengalir sebelah luar dari spiral launder dan di tampung pada ujung bawah dari spiral launder dari tailing.

c. Alat dan Bahan

1) Alat

- a) Timbangan neraca
- b) Splitter
- c) Alas plastik/ karpet
- d) Sendok
- e) Nampan
- f) Kantong plastik
- g) Mikroskop/ loop
- h) Clorong.
- i) Papan grain counting
- j) Pemanas
- k) Ember
- l) Gelas ukur
- m) Stop watch
- n) Humprey spiral

2) Bahan

Bijih kasiterit(SnO_2) sebanyak 300 gram dengan berbagai ukuran.

d. Prosedur Percobaan

- 1) Lakukan mixing bijih kasiterit sebanyak 20 kali.
- 2) Lakukan coning dan quartering
- 3) Tentukan kadar feed dengan grain counting.
- 4) Ukur debit air yang di gunakan .
- 5) Campur bijih kasiterit dan kuarsa di atas dengan air dan aduk sampai merata.
- 6) Atur penggunaan humprey spiral, sesuaikan penggunaan debit air yang masuk.
- 7) Hidupkan motor humprey spiral (dalam hal ini buka kran air denga ukuran debit tertentu)
- 8) Masukkan feed di atas pada feeder humprey spiral setiap 15 detik.
- 9) Atur kecepatan air sampai feed habis seluruhnya.
- 10) Matikan motor hydrocolyne (kran air)
- 11) Ambil konsentrat, kemudian saring.
- 12) Masukkan ke pan pemanas dan keringkan pasa suhu 100 sampai 105 °C sampai airnya hilang.
- 13) Tambang berat konsentrat.

8. Rangkuman

- a. Shaking table : Bekerja menggunakan aliran fluida tipis serta gesekan partikel terhadap permukaan table. Ketika partikel mineral dimasukkan ke dalam aliran tipis ini, maka partikel mineral yang lebih kecil ukurannya akan lebih lambat bergerak turun, dan partikel yang lebih besar berat jenisnya juga lebih lambat laju gerakannya.
- b. Jigging : Pemisahan mineral yang berbeda densitinya pada jig diawali dengan adanya stratifikasi oleh gelombang fluida. Gelombang fluida dihasilkan oleh gerakan stroke. Ketika terjadi pulsion, alas jig naik ke atas lalu partikel mineral turun. Kemudian saat terjadi suction, partikel mineral yang lebih berat turun lebih cepat dari partikel mineral yang lebih ringan.
- c. *Hydrocyclone*:Pemisahan partikel dalam suspensi cair berdasarkan pada kepadatan/berat jenis dan ukuran partikel.
- d. Magnetic separator : Pemisahan dengan konsep perbedaan sifat kemagnetan mineral berharga dari *gangue* yang bersifat non-magnetik.
- e. Elektrostatic Separator : Pemisahan dengan konsep perbedaan sifat konduktivitas material terhadap listrik. Pemisahan yang terjadi dalam alat electrostatic separator dihasilkan oleh kombinasi gaya listrik, sentrifugal dan gravitasi.
- f. Flotasi : Pemisahan banyak mineral dengan menambahkan reagent, seperti *collector* dan *frother*. *Collector* digunakan untuk mengubah sifat permukaan mineral sulfida, sedangkan *frother* digunakan untuk menurunkan tegangan permukaan air.
- g. Humprey Spiral : Feed berupa campuran partikel mineral beserta air di masukkan ke dalam *feed box* di bagian atas spiral. Karena daya dorong dari air, maka partikel ikut terbawa mengalir ke bawah mengikuti saluran spiral.

C. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang ada pada kegiatan pembelajaran mengenai kompetensi profesional ini adalah:

1. Mengamati

Peserta didik diharapkan mengamati pengajar (guru) pada saat proses belajar mengajar untuk materi mengenai teknik penggunaan alat pada pemisahan mineral berharga dengan pengotonya dan pada penentuan *recovery* serta *ratio of concentration* dari mineral berharga.

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang landasan teori mengenai teknik penggunaan alat pada pemisahan mineral berharga dengan pengotonya.

3. Mengumpulkan data

Mengumpulkan data yang berhubungan dengan materi teknik penggunaan alat pada pemisahan mineral berharga dengan pengotonya dan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan materi tersebut.

4. Mengasosiasi/ Mengolah Informasi

Mengkategorikan data yang berhubungan dengan materi teknik penggunaan alat pada pemisahan mineral berharga dengan pengotonya dan pada penentuan *recovery* serta *ratio of concentration* dari mineral berharga, untuk selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang paling sederhana sampai pada yang lebih kompleks, sehingga tidak ada materi pembelajaran yang terlewatkan.

5. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang teknik penggunaan alat pada pemisahan mineral berharga dengan pengotonya dalam proses belajar mengajar secara lisan oleh pengajar ke peserta didik.

D. Umpan Balik

Untuk mendapatkan umpan balik setelah mempelajari modul pembelajaran 5 ini, guru-guru diminta untuk mengisi rubrik umpan balik ini dan memberikan masukan yang konstruktif yang disediakan pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Rubrik Umpan Balik Isi Modul

No	Pokok Bahasan	Pertanyaan Umpan Balik	Jawaban Guru dan Tindak Lanjut
1	Shaking Table	Mampukah Saudara menjelaskan fungsi dan cara kerja dari Shaking Table (C2)	
2	Jigging	Mampukah Saudara menjelaskan fungsi dan cara kerja dari Jigging (C2)	
3	Hydrocyclone	Mampukah Saudara menjelaskan fungsi dan cara kerja dari Hydrocyclone (C2)	
4	Magnetic Separator	Mampukah Saudara menjelaskan fungsi dan cara kerja dari Magnetic Separator (C2)	

5	Elektrostatic Separator	Mampukah Saudara menjelaskan fungsi dan cara kerja dari Elektrostatic Separator (C2)	
6	Flotasi	Mampukah Saudara menjelaskan fungsi dan cara kerja dari Flotasi (C2)	
7	Humprey Spiral	Mampukah Saudara menjelaskan fungsi dan cara kerja dari Humprey Spiral (C2)	

E. Latihan/Soal/Tugas

- a. Bagaimanakah cara Shaking Table bekerja?
- b. Bagaimanakah cara Jigging bekerja?
- c. Apakah fungsi dari Hydrocyclone?
- d. Jelaskan 3 material menurut pengaruh yang diberikan oleh medan magnet?
- e. Jelaskan perbedaaan *Collector* dan *frother* dari Flotasi?

F. Kunci Jawaban

- a. Shaking Table bekerja menggunakan aliran fluida tipis serta gesekan partikel terhadap permukaan table. Ketika partikel mineral dimasukkan ke dalam aliran tipis ini, maka partikel mineral yang lebih kecil ukurannya akan lebih lambat bergerak turun, dan partikel yang lebih besar berat jenisnya juga lebih lambat laju gerakannya. Hal ini kemudian akan menyebabkan terjadinya stratifikasi. Aliran tipis dari fluida akan memisahkan partikel mineral ringan yang kasar dari partikel mineral berat yang kecil.
- b. Dalam Jigging digunakan gaya hidrolis kedua jurusan yaitu bergantian aliran air keatas (pulsion) dan aliran air kebawah (suction) melalui satu lapisan partikel "*semistationary Bed*" yang bertindak sebagai media pemisah dan ditahan oleh suatu screen
- c. *Hydrocyclones* banyak digunakan dalam industri khususnya dalam penanganan tumpukan pasir mineral berat, seperti ilmenite, rutile, zircon, dan dalam pemurnian batubara.
- d. Menurut pengaruh yang diberikan oleh medan magnet, material dapat dikelompokkan dalam 3 golongan besar, yaitu:
 - 1) Ferromagnetik
Material yang tertarik kuat oleh magnet. Contohnya adalah mineral besi (Fe) dan magnetite (Fe₃O₄).
 - 2) Paramagnetik

Material yang tertarik lemah oleh magnet. Contohnya adalah mineral hematite (Fe_2O_3), ilmenite (FeTiO_3), dan pyrrhotite (FeS).

3) Diamagnetik

Material yang ditolak oleh magnet. Contohnya adalah mineral kuarsa (SiO_2) dan feldspar (KAlSi_3O_8).

- e. *Collector* digunakan untuk mengubah sifat permukaan mineral sulfida, sedangkan *frother* digunakan untuk menurunkan tegangan permukaan air.

VII. KEGIATAN PEMBELAJARAN 6

A. Tujuan Pembelajaran

Modul ini disusun berdasarkan kompetensi pedagogik dan potensi profesional. Kedua kompetensi tersebut dirangkum kedalam kompetensi inti, kompetensi guru dan indikator pencapaian kompetensi. Oleh karena itu penulisan pembelajaran 6 ini bertujuan untuk:

1. Memberikan pengetahuan tentang kaidah pengembangan instrumen penilaian dan evaluasi proses hasil belajar.
2. Memberikan pengetahuan kepada guru tentang dasar-dasar hukum serta upaya pengendalian dampak negatif kegiatan pertambangan.
3. Melakukan evaluasi terhadap perencanaan reklamasi dan pelaksanaan reklamasi.
4. Memberikan pengetahuan untuk persiapan lahan, pengaturan dan penempatan low grade.
5. Menjelaskan tentang pelaksanaan reklamasi, pengendalian erosi dan sedimentasi.
6. Menjelaskan bagaimana pengelolaan tanah pucuk, proses revegetasi dan pengadaan bibit untuk persemaian.
7. Menjelaskan bagaimana melakukan reklamasi laut dan pelabuhan kapal tongkang.

B. Uraian Materi Pembelajaran

1. Prinsip – Prinsip Dasar Reklamasi Laut

a. Pendahuluan

Indonesia adalah Negara yang sangat kaya akan kekayaan alam. Sumber daya alam yang meliputi vegetasi, tanah, air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya merupakan salah satu modal dasar dalam pembangunan nasional, oleh karena itu harus dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk kepentingan rakyat dan kepentingan pembangunan nasional dengan memperhatikan kelestariannya.

Salah satu kegiatan dalam memanfaatkan sumberdaya alam tersebut adalah kegiatan pertambangan bahan galian yang hingga saat ini merupakan salah satu sektor penyumbang devisa negara yang terbesar. Akan tetapi kegiatan pertambangan apabila tidak dilaksanakan secara tepat dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan yang cukup besar. Dampak negative itu antara lain berupa :

- 1) Penurunan produktivitas tanah.
- 2) Terjadinya erosi dan sedimentasi.

- 3) Terjadinya gerakan tanah / longsoran.
- 4) Gangguan terhadap flora dan fauna.
- 5) Perubahan iklim mikro.
- 6) Permasalahan sosial.

Dampak negatif usaha pertambangan terhadap lingkungan tersebut perlu dikendalikan untuk mencegah kerusakan lingkungan di luar batas kewajaran. Maka mengingat akan dampak negative tersebut, perlu dilakukannya kegiatan reklamasi agar lahan yang menjadi bekas tambang tersebut berfungsi seperti saat sebelum dilakukan penambangan.

Prinsip dasar kegiatan reklamasi adalah bahwa :

- 1) Kegiatan reklamasi harus dianggap sebagai kesatuan yang utuh ("*holistic*") dari kegiatan penambangan.
- 2) Kegiatan reklamasi harus dilakukan sedini mungkin dan tidak harus menunggu proses penambangan secara keseluruhan selesai dilakukan.

b. Definisi

- 1) Penambangan adalah sebuah rangkaian kegiatan dalam mencari, menemukan, mengambil, mengangkut serta memasarkan bahan galian yang dilakukan baik secara manual maupun mekanis yang kegiatannya diawali dengan tahap penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, penambangan, pengangkutan, pemasaran dan reklamasi.
- 2) Tambang terbuka adalah usaha penambangan dan penggalian bahan galian yang kegiatannya dilakukan langsung berhubungan dengan udara terbuka.
- 3) Reklamasi adalah usaha memperbaiki (memulihkan kembali) lahan yang rusak sebagai akibat kegiatan usaha pertambangan, agar dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan kemampuan.
- 4) Restorasi lahan bekas tambang adalah upaya mengembalikan fungsi lahan bekas tambang menjadi seperti keadaan semula.
- 5) Rehabilitas lahan adalah usaha memperbaiki, memulihkan kembali dan meningkatkan kondisi lahan yang rusak (kritis), agar dapat berfungsi secara optimal, baik sebagai unsur produksi, media pengatur tata air, maupun sebagai unsur perlindungan alam lingkungan.
- 6) Rehabilitas lahan dan konservasi tanah (RLKT) adalah usaha memperbaiki (memulihkan), meningkatkan dan mempertahankan kondisi lahan agar dapat berfungsi secara optimal, baik sebagai unsur produksi, media pengatur tata air maupun sebagai unsur perlindungan alam lingkungan.

- 7) Batuan limbah adalah batuan yang tergalikan dalam proses penambangan tetapi tidak diolah karena tidak atau sedikit mengandung mineral yang dikehendaki.
- 8) Tailing adalah bahan hasil dari proses pengolahan bahan galian yang tidak mengandung nilai ekonomis lagi.
- 9) Bahan pembentuk asam adalah bahan yang jika berhubungan dengan air dan udara dapat membentuk asam.
- 10) Revegetasi adalah usaha /kegiatan penanaman kembali pada lahan bekas tambang.
- 11) Kerusakan lingkungan adalah penurunan kualitas lingkungan sebagai akibat kegiatan yang memanfaatkan sumberdaya alam, melebihi kemampuan tanpa memperhatikan kelestariannya.
- 12) Pencemaran lingkungan adalah perubahan kualitas lingkungan sebagai akibat adanya zat beracun baik berupa bahan padat, cair maupun gas.

2. Dasar Hukum

Upaya pengendalian dampak negatif kegiatan pertambangan terhadap lingkungan hidup dilakukan berdasarkan peraturan perundang-undangan sebagai berikut :

- a. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 1967 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pertambangan.
- b. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengolahan Lingkungan Hidup.
- c. Undang-Undang No. 24 Tahun 1992 tentang Penataan Ruang.
- d. Mijl Politie Reglement (MPR Stbl 1930 No. 341).
- e. Peraturan Pemerintah Nomor 51 Tahun 1993 tentang Analisa Mengenai Dampak Lingkungan.
- f. Peraturan Pemerintah Nomor 51 Tahun 1993 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan.
- g. Intruksi Presiden R.I No. 1 Tahun 1976 tentang Sinkronisasi Pelaksanaan Tugas Bidang Keagrariaan dengan Bidang Kehutanan, Pertambangan, Transmigrasi dan Pekerjaan Umum.
- h. SKB Menteri Pertambangan dan Energi dan Menteri kehutanan Nomor : 996/K/05/M. PE/1969 tentang Pedoman Pengaturan Pelaksanaan Undang-undang No. 429/K.pts. II/1939 Pertambangan dan Energi dalam Kawasan Hutan.
- i. SKB menteri Pertambangan dan Energi dan Menteri Kehutanan Nomor : 1101. K/702/M. PE/1991 tentang Pembentukan Team koordinasi 36/Kpts.II/1991 Tetap Departemen Pertambangan dan Energi dan Departemen

Kehutanan dan perubahan Tatacara Pengajuan Izin Usaha Pertambangan dan Energi dalam Kawasan Hutan.

- j. Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No.0185.K/008/M.PE/1988 tentang Pedomanan Teknis Penyusunan Penyajian Informasi Lingkungan, Analisis Dampak Lingkungan untuk Kegiatan di Bidang Pertambangan Umum dan Bidang Pertambangan Minyak dan Gas Bumi dan Sumberdaya Panas Bumi.
- k. Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1158.K/008/M.PE/1989 tentang Ketentuan Pelaksanaan Analisis Dampak Lingkungan dalam Usaha Pertambangan dan Energi.
- l. Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No. 1211.K/008/M/PE/1995 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Kerusakan dan Pencemaran Lingkungan pada Kegiatan Usaha Pertambangan Umum.

3. Perencanaan Reklamasi

a. Tahap Perencanaan

Untuk melaksanakan reklamasi diperlukan perencanaan yang baik, agar dalam pelaksanaannya dapat tercapai sasaran sesuai yang dikehendaki. Dalam hal ini reklamasi harus disesuaikan dengan tata ruang. Perencanaan reklamasi harus sudah disiapkan sebelum melakukan operasi penambangan dan merupakan program yang terpadu dalam kegiatan operasi penambangan. Hal-hal yang harus diperhatikan di dalam perencanaan reklamasi adalah sebagai berikut :

- 1) Mempersiapkan rencana reklamasi sebelum pelaksanaan penambangan.
- 2) Luas areal yang direklamasi sama dengan luas areal penambangan.
- 3) Memindahkan dan menempatkan tanah pucuk pada tempat tertentu dan mengatur sedemikian rupa untuk keperluan vegetasi.
- 4) Mengembalikan/memperbaiki kandungan (kadar) bahan beracun sampai tingkat yang aman sebelum dapat dibuang ke suatu tempat pembuangan.
- 5) Mengembalikan lahan seperti keadaan semula dan/atau sesuai dengan tujuan penggunaannya.
- 6) Memperkecil erosi selama dan setelah proses reklamasi.
- 7) Memindahkan semua peralatan yang tidak digunakan lagi dalam aktivitas penambangan.
- 8) Permukaan yang padat harus digemburkan namun bila tidak memungkinkan untuk agar ditanami dengan tanaman pionir yang akarnya mampu menembus tanah yang keras.

- 9) Setelah penambangan maka pada lahan bekas tambang yang diperuntukan bagi vegetasi, segera dilakukan penanaman kembali dengan jenis tanaman yang sesuai dengan rencana rehabilitasi.
- 10) Mencegah masuknya hama dan gulma berbahaya, dan
- 11) Memantau dan mengelola areal reklamasi sesuai dengan kondisi yang diharapkan.

b. Pemerian Lahan

Pemerian lahan pertambangan merupakan hal yang terpenting untuk merencanakan jenis perlakuan dalam kegiatan reklamasi. Jenis perlakuan reklamasi dipengaruhi oleh berbagai faktor utama :

- 1) Kondisi Iklim,
- 2) Geologi,
- 3) Jenis Tanah,
- 4) Bentuk Alam,
- 5) Air permukaan dan air tanah,
- 6) Flora dan Fauna,
- 7) Penggunaan lahan,
- 8) Tata ruang dan lain-lain.

Untuk memperoleh data dimaksud diperlukan suatu penelitian lapangan. Dari berbagai faktor tersebut di atas, kondisi iklim terutama curah hujan dan jenis tanah merupakan faktor yang terpenting.

c. Pemetaan

Rencana operasi penambangan yang sudah memperhatikan upaya reklamasi atau sebaliknya dengan sendirinya akan saling mendukung dalam pelaksanaan kedua kegiatan tersebut. Rencana (tahapan pelaksanaan) tapak reklamasi ditetapkan sesuai dengan kondisi setempat dan rencana kemajuan penambangan. Rencana tahap reklamasi tersebut dilengkapi dengan peta skala 1:1000 atau skala lainnya yang disetujui, disertai gambar-gambar teknis bangunan reklamasi. Selanjutnya peta tersebut dilengkapi dengan peta indeks dengan skala memadai.

Di dalam peta tersebut digambarkan situasi penambangan dan lingkungan, misalnya kemajuan penambangan, timbunan tanah penutup, timbunan terak (slag), penyimpanan sementara tanah pucuk, kolam pengendap, kolam persediaan air, pemukiman, sungai jembatan, jalan, revegetasi, dan sebagainya serta mencantumkan tanggal situasi/ pembuatannya.

d. Peralatan yang Digunakan

Untuk menunjang kegiatan reklamasi biasanya digunakan peralatan dan sarana prasarana, antara lain : "Dump Truck", Bulldozer, excavator, traktor, tugal, back hoe, sekop, cangkul, bangunan pengendali erosi antara lain : susunan karung pasir, tanggul, susunan jerami, bronjong, pagar keliling, beton pelat baja untuk menghindari kecelakaan dan lain-lain.

4. Pelaksanaan Reklamasi

Kegiatan pelaksanaan reklamasi harus segera dimulai sesuai dengan rencana tahunan pengelolaan lingkungan (RTKL) yang telah disetujui dan harus sudah selesai pada waktu yang telah ditetapkan. Dalam melaksanakan kegiatan reklamasi, perusahaan pertambangan bertanggung jawab sampai kondisi/rona akhir yang telah disepakati tercapai.

Setiap lokasi penambangan mempunyai kondisi tertentu yang mempengaruhi pelaksanaan reklamasi. Pelaksanaan reklamasi umumnya merupakan gabungan dari pekerjaan teknik sipil dan teknik vegetasi. Pekerjaan teknik sipil meliputi : pembuatan teras, saluran pembuangan akhir (SPA), bangunan pengendali lereng, check dam, penangkap oli bekas ("oil cather") dan lain-lain yang disesuaikan dengan kondisi setempat. Pekerjaan teknik vegetasi meliputi : pola tanam, sistem penanaman ("*monokultur, multiple cropping*"), jenis tanaman yang disesuaikan kondisi setempat, "cover crop" (tanaman penutup) dan lain-lain.

Pelaksanaan reklamasi lahan meliputi kegiatan sebagai berikut :

- a. Persiapan lahan yang berupa pengamanan lahan bekas tambang, pengaturan bentuk tambang ("*landscaping*"), pengaturan/penempatan bahan tambang kadar rendah ("*low Grade*") yang belum dimanfaatkan.
- b. Pengendalian erosi dan sedimentasi.
- c. Pengelolaan tanah pucuk ("*top soil*").
- d. Revegetasi (penanaman kembali) dan/atau pemanfaatan lahan bekas tambang untuk tujuan lainnya.

Mengingat sifat lahannya dan keterkaitannya yang memerlukan penjelasan rinci, maka kegiatan pelaksanaan reklamasi di atas, dalam Bab III ini juga dijelaskan mengenai pelaksanaan reklamasi khusus, reklamasi pada infrastruktur dan reklamasi lahan bekas tambang.

a. Persiapan lahan

1) Pengamatan Lahan Bekas Tambang

Kegiatan ini meliputi :

- a) Pemindahan/pembersihan seluruh peralatan dan prasarana yang tidak digunakan di lahan yang akan direklamasi.
- b) Perencanaan secara tepat lokasi pembuangan sampah/limbah beracun dan berbahaya dengan perlakuan khusus agar tidak mencemari lingkungan,
- c) Pembuangan atau penguburan potongan beton dan “scrap” pada tempat khusus,
- d) Penutupan lubang bukaan tambang secara aman dan permanen,
- e) Melarang atau menutup jalan masuk ke lahan bekas tambang yang akan direklamasi.

2) Pengaturan Bentuk Lahan

Pengaturan bentuk lahan disesuaikan dengan kondisi topografi dan hidrologi setempat. Kegiatan ini meliputi :

a) Pengaturan Bentuk Lereng

Pengaturan bentuk lereng dimaksud untuk mengurangi kecepatan air limpasan (*run off*), erosi dan sedimentasi serta longsor, Lereng jangan terlalu tinggi atau terjal dan dibentuk berteras-teras.

b) Pengaturan Saluran Pembuangan Air

(1) Pengaturan saluran pembuangan air (SPA) dimaksudkan untuk mengatur air agar mengalir pada tempat tertentu dan dapat mengurangi kerusakan lahan akibat erosi.

(2) Jumlah/kerapatan dan bentuk SPA tergantung dari bentuk lahan (topografi) dan luas areal yang direklamasi.

3) Pengaturan / Penempatan *Low Grade*

Maksud pengaturan dan penempatan “low garde” (bahan tambang yang mempunyai nilai ekonomis rendah) adalah agar bahan tambang tersebut tidak tererosi/hilang apabila ditimbun dalam waktu yang lama karena dapat dimanfaatkan.

b. Pengendalian Erosi Dan Sedimentasi

Pengendalian erosi meruoakan hal yang mutlak dilakukan selama kegiatan penambangan dan setelah penambangan. Erosi dapat mengakibatkan berkurangnya kesuburan tanah, terjadinya endapan lumpur dan sedimentasi di alur-alur sungai. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya erosi oleh air adalah : curah hujan, kemiringan lereng (topografi), jenis tanah, tata guna tanah (perlakuan terhadap tanah) dan tanaman penutup tanah.

Beberapa cara untuk mengendalikan erosi dan air limpasan adalah sebagai berikut :

1) Meminimalkan Areal Terganggu dengan ;

- a) Membuat rencana detail kegiatan penambangan dan reklamasi,
- b) Membuat batas-batas yang jelas areal tahapan penambangan,
- c) Penebangan pohon sebatas areal yang akan dilakukan penambangan,
- d) Pengawasan yang ketat pada pelaksanaan penebangan pepohonan

2) Membatasi/Mengurangi Kecepatan Air Limpasan dengan :

- a) Pembuatan teras-teras
- b) Pembuatan saluran diversif (pengelak)
- c) Pembuatan SP
- d) Dam pengendali

3) Meningkatkan Infiltrasi (Peresapan Air Tanah)

- a) Dengan penggaruan tanah searah kontur,
- b) Akibat penggaruan, tanah menjadi gembur dan volume tanah meningkat sebagai media perakaran tanah,
- c) Pembuatan lubang-lubang tanaman, pendangiran, dll.

4) Pengelolaan Air yang Keluar Dari Lokasi Penambangan

- a) Penyaluran air dari lokasi tambang ke perairan umum harus sesuai dengan perlakuan yang berlaku dan harus di dalam wilayah Kuasa Tambang,
- b) Membuat bendungan sedimen untuk menampung air yang banyak mengandung sedimen,
- c) Bila curah hujan tinggi perlu dibuat bendungan yang kuat dan permanen yang dilengkapi dengan saluran pengelak,
- d) Letak bendungan ditempatkan sedemikian sehingga aliran air mudah ditampung dan dibelokkan serta kemiringan saluran air (SPA) jangan terlalu curam,
- e) Bila endapan sedimen telah mencapai setengah dari badan bendungan sebaiknya sedimen dikeruk dan dapat dipakai sebagai lapisan atas tanah,
- f) Dalam membuat bendungan permanen harus dilengkapi dengan saluran pelimpah ("Spillways") untuk menangani keadaan darurat dan saluran pembuatan ("decant", "syohon"), dan lainnya yang dianggap perlu,

- g) Kurangi kecepatan aliran permukaan dengan membuat teras, check dam dari beton, kayu atau dalam bentuk lain.

c. Pengelolaan Tanah Pucuk

Maksud dari pengelolaan ini untuk mengatur dan memisahkan tanah pucuk dengan lapisan tanah lain. Hal ini karena tanah pucuk merupakan media tumbuh bagi tanaman dan merupakan salah satu faktor penting untuk keberhasilan pertumbuhan tanaman pada kegiatan reklamasi.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan tanah pucuk adalah :

- 1) Penggunaan profil tanah dan identifikasi pelapisan tanah tersebut sampai endapan bahan galian,
- 2) Pengupasan tanah berdasarkan atas lapisan-lapisan tanah dan ditempatkan pada tempat tertentu sesuai tingkat lapisannya dan timbunan tanah pucuk tidak melebihi dari 2 meter,
- 3) Pembentukan lahan sesuai dengan susunan lapisan tanah semula dengan tanah pucuk ditempatkan paling atas dengan ketebalan minimal 0.15 m,
- 4) Ketebalan timbunan tanah pucuk pada tanah yang mengandung racun dianjurkan lebih tebal dari yang tidak beracun atau dilakukan perlakuan khusus dengan cara mengisolasi dan memisahkannya,
- 5) Pengupasan tanah sebaiknya jangan dilakukan dalam keadaan basah untuk menghindari pemadatan dan rusaknya struktur tanah,
- 6) Bila lapisan tanah pucuk tipis (terbatas/sedikit) dipertimbangkan :
- 7) Penentuan daerah prioritas yaitu daerah yang sangat peka terhadap erosi sehingga perlu penanganan konservasi tanah dan pertumbuhan tanaman dengan segera. Penempatan tanah pucuk pada jalur penanaman
 - (1) Jumlah tanah pucuk yang terbatas (sangat tipis) dapat dicampur dengan tanah bawah (sub soil),
 - (2) Dilakukan penanaman langsung dengan tanaman penutup ("cover crop") yang cepat tumbuh dan menutup permukaan.
- 8) Yang perlu dihindari dalam memanfaatkan tanah pucuk adalah apabila :
 - (1) Sangat berpasir (70% pasir atau kerikil),
 - (2) Sangat berlempung (60% lempung),
 - (3) Mempunyai pH < 5.00 atau > 8.00,
 - (4) Mengandung klorida 3%, dan
 - (5) Mempunyai elektrikal conductivity (ec) 400 miliseimens/meter.

d. Revegetasi

Revegetasi dilakukan melalui tahapan kegiatan penyusunan rancangan teknis tanaman, persiapan lapangan, pengadaan bibit/persemaian, pelaksanaan penanaman dan pemeliharaan tanaman.

1) Penyusunan Rancangan Teknis tanaman

Rancangan teknis tanaman adalah rencana detail kegiatan revegetasi yang menggambarkan kondisi lokasi, jenis tanaman yang akan ditanam, uraian jenis pekerjaan, kebutuhan bahan dan alat, kebutuhan tenaga kerja, kebutuhan biaya dan tata waktu pelaksanaan kegiatan.

Rancangan tersebut disusun berdasarkan hasil analisis kondisi biofisik dan sosial ekonomi setempat. Kondisi geofisik meliputi topografi atau bentuk lahan, iklim, hidrologi, kondisi vegetasi awal dan vegetasi asli. Sedangkan data sosial ekonomi yang perlu mendapat perhatian antara lain demografi, sarana, prasarana, dan aksesibilitas yang ada.

Jenis tanaman yang dipilih kalau dapat diarahkan pada penanaman jenis tumbuhan asli. Sebaiknya dipilih jenis tumbuhan lokal yang sesuai dengan iklim dan kondisi tanah setempat saat ini. Sehingga, perlu selalu mengikuti perkembangan pengetahuan mengenai jenis-jenis tanaman yang cocok untuk keperluan revegetasi lokasi bekas tambang. Perlu konsultasi dengan instansi yang berwenang di dalam pemilihan jenis tanaman yang cocok.

2) Persiapan Lapangan

Pada umumnya persiapan lapangan meliputi pekerjaan pembersihan lahan, pengolahan tanah dan kegiatan perbaikan tanah. Kegiatan tersebut sangat penting agar keberhasilan tanaman dapat tercapai.

a) Pembersihan Lahan

Kegiatan pembersihan lahan merupakan salah satu penentu dalam persiapan lapangan. Kegiatan ini antara lain : pembersihan lahan dari tanaman pengganggu (alang-alang, lili, dll), dengan tujuan agar tanaman pokok dapat tumbuh baik tanpa ada persaingan dengan tanaman pengganggu dalam hal mendapatkan unsur hara, sinar matahari, dll.

b) Pengolahan Lahan

Tanah diolah supaya gembur agar perakaran tanaman dapat dengan mudah menembus tanah dan mendapatkan unsur hara yang

diperlukan dengan baik, diharapkan pertumbuhan tanaman sesuai dengan yang diinginkan.

c) Perbaikan Tanah

Kualitas tanah yang kurang bagus bagi pertumbuhan tanaman perlu mendapat perhatian khusus melalui perbaikan tanah seperti penggunaan gypsum, kapur, mulsa, pupuk (organik maupun anorganik). Dengan perlakuan tersebut diharapkan dapat memperbaiki persyaratan tumbuh tanaman.

Cara – cara untuk perbaikan tanah adalah sebagai berikut :

(1) Penggunaan Gypsum

- (a) Gypsum digunakan untuk memperbaiki kondisi tanah yang mengandung banyak lempung dan untuk mengurangi pembentukan kerak tanah (*“crusting”*) pada tanah padat (*“hard-setting soil”*). Penggunaan gypsum akan menggantikan ion sodium dengan ion kalsium, sehingga dapat meningkatkan struktur tanah, meningkatkan daya resap tanah terhadap air, aerasi (udara), pengurangan kerak tanah dan dengan pelindian (*“leaching”*) akan mengurangi kadar garam.
- (b) Bila lapisan tanah bagian bawah (*sub soil*) yang diperbaiki, maka dibuat alur garukan yang dalam agar gypsum dapat diserap, jika tanah kerak yang diperbaiki, sebarkan gypsum pada lapisan permukaan saja.
- (c) Penggunaan gypsum sebanyak 5 ton/ha biasanya cukup untuk memperbaiki tanah kerak. Penggunaan 110 ton/ha diperlukan untuk mengolah lapisan bagian bawah yang bersifat lempung.
- (d) Pengolahan biasanya dilakukan sekali saja. Pengaruh pengolahan tanah dengan gypsum akan tahan selama beberapa tahun, pada saat mana tumbuh-tumbuhan sudah mampu menghasilkan bahan-bahan organik yang memberikan dampak positif bagi pertumbuhan.

(2) Penggunaan Kapur

- (a) Kapur digunakan khususnya untuk mengatur pH, akan tetapi dapat juga memperbaiki struktur tanah.
- (b) Pengaturan pH dapat merangsang tersedianya zat hara untuk tanaman dan mengatur zat-zat racun.

- (c) Kapur biasanya digunakan dalam bentuk tepung batu gamping, kapur dolomit. Kapur tohor ("*hydrated lime*") jarang digunakan.
- (d) Kapur atau batu kapur giling kasar ("*coarsely crushed*") dan kapur dolomit mempunyai daya kerja yang lebih lambat, akan tetapi pengaruhnya dalam menetralkan pH lebih lama dibandingkan dengan kapur tohor.
- (e) Penggunaan gamping secara bertahap mungkin diperlukan jika kesinambungan kenaikan pH dibutuhkan.
- (f) Kapur tohor akan berpengaruh menurunkan kemampuan jenis pupuk yang mengandung nitrogen. Karena itu penggunaannya harus terpisah.
- (g) Tingkat penyesuaian pH akan bergantung dari tingkat keasaman, jenis tanah dan kualitas batu gamping. Sebagai contoh, penggunaan kapur sebanyak 2,5 – 3,5 ton/ha pada tanah yang memiliki pH > 5,0 akan menaikkan pH kurang lebih 0,5.

(3) Penggunaan Mulsa, Jerami dan Bahan Organik lainnya

- (a) Mulsa adalah bahan yang disebar di permukaan tanah sebagai upaya perbaikan kondisi tanah. Tanaman penutup berumur pendek dapat juga dipergunakan sebagai mulsa.
- (b) Mulsa berfungsi mengendalikan erosi, mempertahankan kelembaban tanah dan mengatur suhu permukaan tanah.
- (c) Pada umumnya penggunaan mulsa terbatas pada lokasi yang memerlukan revegetasi yang cepat, perlindungan tempat-tempat tertentu (seperti tanggul) atau jika perbaikan tanah atau media akan dibutuhkan.
- (d) Jerami jenis batang padi umumnya digunakan sebagai mulsa atau lokasi yang luas. Tingkat penggunaan bervariasi antara 2,5 – 5,0 ton/ha.
- (e) Berbagai jenis bahan-bahan organik atau limbah pertanian digunakan sebagai mulsa yang penggunaannya bergantung dari ketersediaan dan harganya. Bahan-bahan baik digunakan sebagai mulsa, antara lain tumbuh-tumbuhan yang tergesur pada waktu pengupasan tanah, potongan-potongan kayu dan serbuk gergaji, limbah pabrik pengolahan dan penggergajian kayu, ampas pabrik gula tebu dan berbagai kulit jenis kacang-kacangan.

- (f) Nitrogen mungkin perlu ditambahkan untuk memenuhi kekurangan nitrogen yang terjadi pada saat mulsa segar mulai membusuk/terurai.
- (g) Penyebaran mulsa secara mekanis dapat menggunakan alat pertanian (misalnya penyebar pupuk kandang) atau dengan alat khusus. Alat khusus penyebar mulsa digunakan untuk penyebaran bahan-bahan mulsa (Biasanya jerami atau batang padi) yang dicampur dengan bijih tumbuhan.

(4) Pupuk

- (a) Persyaratan penggunaan pupuk akan sangat bervariasi sesuai dengan kondisi dan maksud peruntukan lahan sesudah selesai penambangannya.
- (b) Meskipun jenis tumbuhan asli beradaptasi dengan tingkat nutrisi yang rendah namun dengan pemberian pupuk yang cukup dapat meningkatkan pertumbuhannya.
- (c) Reaksi setiap tumbuhan bervariasi, anggota dari rumpun “proteaceae” sensitif terhadap peningkatan kandungan fosfor dan kemungkinan menimbulkan efek yang kurang baik.
- (d) Pupuk organik (lumpur kotoran, pupuk alami atau kompos, darah dan tulang dan sebagainya) umumnya bermanfaat sebagai pengubah sifat tanah.
- (e) Jenis, dosis dan waktu pemberian pupuk anorganik sebaiknya dilakukan sesuai dengan hasil analisis tanah.
- (f) Pupuk anorganik komersial selalu mengandung satu atau lebih nutrisi makro (yaitu nitrogen, fosfor, kalium). Selain itu juga mengandung belerang, kalsium, dan magnesium.
- (g) Apabila terdapat tanda-tanda tumbuhan kekurangan unsur atau keracunan, harus meminta saran dari ahli tanah.
- (h) Waspada terhadap kemungkinan penggunaan pupuk yang berlebihan yang dapat mengakibatkan pencemaran air, khususnya pada daerah tanah pasir.
- (i) Pemberian pupuk dalam bentuk butir atau tablet dapat dilakukan pada jarak 10 – 15 cm di bawah atau di sebelah tiap lubang semaian pada waktu penanaman. Harus dicegah kontak langsung antara pupuk dengan akar semaian.

3) Pengadaan Bibit/Persemaian

Bibit yang dibutuhkan untuk revegetasi dapat memenuhi melalui pembelian bibit siap tanam, atau melalui pengadaan bibit. Apabila melalui pengadaan bibit harus mengikuti ketentuan sebagai berikut :

a) Pengadaan Benih

Benih adalah tanaman atau bagian yang digunakan untuk memperbanyak dan atau mengembangkan tanaman (UU No. 12 Tahun 1992). Benih yang akan dipergunakan untuk keperluan revegetasi diperoleh dengan cara mengumpulkan dari sumber benih yang ada atau membeli dari perusahaan pengada/pengedar yang telah ditunjuk secara resmi. Benih tersebut harus memenuhi syarat :

- (a) Diketahui secara jelas asal-usulnya
- (b) Bermutu tinggi/benih unggul

Hal yang perlu dipertimbangkan dalam mengumpulkan benih/biji antara lain:

- (1) Menentukan daerah pengumpulan dan spesies yang diinginkan sebelum biji tersebut matang.
- (2) Menghindari buah yang menunjukkan adanya tanda serangan serangga atau gangguan jamur.
- (3) Mengumpulkan biji yang sudah matang.
- (4) Hindarkan penempatan biji atau kelompok biji di dalam kantong plastik, gunakan kantong kain atau kertas.

b) Pembuatan Persemaian

(1) Pemilihan Lokasi Persemaian

Lokasi persemaian yang dipilih harus memenuhi persyaratan yang ada/dekat dengan sumber air, tanahnya datar dan mudah dicapai serta cukup mendapat cahaya matahari. Kondisi ekologisnya mendekati calon areal penanaman.

(2) Tahapan dan Kegiatan Pembuatan Persemaian

- (a) Perlakuan pendahuluan
- (b) Untuk benih yang mempunyai umur panjang (benih ortodoks) beri diberi perlakuan khusus sebelum disemaikan.
- (c) Penaburan benih

Benih yang berukuran halus sebelum ditabur terlebih dahulu dicampur dengan pasir halus, tanah halus atau yang telah

dihancurkan, sedangkan benih yang berukuran lebih besar dapat ditabur langsung di bedeng tabur atau dalam kantong semai.

(d) Penyapihan

Penyapihan dilakukan untuk memindahkan bibit siap saph dari bak perkecambahan ke dalam pot yang telah diisi media saph dan di laksanakan di rumah pertumbuhan.

(e) Pemeliharaan bibit

Untuk memperoleh bibit yang baik perlu dilakukan penyiraman, pemupukan, penyulaman, penyiangan rumput, pemotongan akar serta pemberantasan hama dan penyakit.

(f) Pemanenan dan Pengangkutan Bibit.

4) Pelaksanaan Penanaman

Tahapan pelaksanaan penanaman meliputi pengaturan arah larikan tanaman, pemasangan ajir, distribusi bibit, pembuatan lubang tanaman dan penanaman.

a) Pemasangan arah larikan

b) Arah larikan tanaman biasanya sejajar kontur atau pada daerah relatif datar mengikuti arah Timur – Barat.

c) Pemasangan Ajir

d) Pemasangan ajir mengikuti arah larikan tanaman. Pemasangan ajir tanaman mengikuti jarak tanam yang ditetapkan 2 x 3 m.

e) Distribusi Bibit

Dilakukan setelah kegiatan pembuatan lubang tanam atau dilakukan setelah penanaman ajir.

f) Pembuatan Lubang dan Penanaman Tanaman

Lubang tanaman dibuat dengan ukuran 30 x 30 x 30 cm, sedangkan teknik penanamannya dengan terlebih dahulu melepas plastik (pot/poolybag) pada bibit yang tersedia. Sebelum bibit ditanam diamati dahulu apakah bibit yang tersedia cukup baik (memenuhi syarat) umpamanya daun-daunnya segar/sehat dan tidak rusak, demikian pula keadaan media tanamnya. Penanaman harus dilakukan dan selesai sore hari. Tanamkan bibit secara tegak lurus dan cukup padat, untuk memastikan tekan dengan kaki pada sekitar tanaman.

e. Reklamasi Laut dan Pelabuhan Kapal Tongkang

1) Konsep Reklamasi Lahan Bekas Tambang Timah

Penambangan adalah sebuah rangkaian kegiatan dalam mencari, menemukan, mengambil, mengangkut serta memasarkan bahan galian yang dilakukan baik secara manual maupun mekanis yang kegiatannya diawali dengan tahap penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, penambangan, pengangkutan, pemasaran dan reklamasi. Pertambangan terbagi 2 yaitu tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Tambang terbuka terdiri dari tambang di darat dan di laut/lepas pantai (biasanya timah, pasir dan pasir kuarsa). Sama halnya dengan tambang terbuka lainnya, setelah melakukan aktifitas tambang lepas pantai (timah) juga harus mereklamasi lahan bekas tambang tersebut agar kondisinya sama seperti sebelum ditambang.

2) Konsep Reklamasi Laut Disekitar Pelabuhan

Industri pertambangan adalah salah satu industri yang menjual hasilnya ke luar negeri. Untuk menjual produknya tersebut diperlukan jalur laut untuk sampai ke Negara tujuan pembeli. Dengan menggunakan jalur laut tersebut, maka juga diperlukan kapal dan sarana tempat bersandarnya kapal pengangkut produk tersebut yaitu pelabuhan. Pelabuhan ini memiliki beberapa fungsi, yaitu sebagai sarana pengangkut alat – alat penambangan dan sebagai sarana tempat bersandarnya kapal – kapal khusus pengangkut bahan galian yang akan di ekspor.

Pelabuhan yang dibangun di tepi laut tersebut dalam kegiatan pembangunannya secara langsung akan merusak laut, baik itu morfologinya, fisiologinya maupun ekosistem dari laut itu sendiri. Kerusakan dari laut tersebut tidak bisa dihindari karena proses konstruksi pelabuhan tersebut. Untuk meminimalisir dampak negative tersebut maka sebelum membangun, pihak yang akan membangun pelabuhan tersebut harus membuat terlebih dahulu rencana reklamasi yang akan dilakukan pada saat pelabuhan itu telah siap untuk dioperasikan. Dalam draft rencana tersebut sudah ada point – point yang menyangkut tentang apa yang akan dilakukan pada tahap reklamasi baik itu luasnya, jenis tanaman yang akan ditanam, kondisi lokasi, jenis tanaman yang akan ditanam, uraian jenis pekerjaan, kebutuhan bahan dan alat, kebutuhan tenaga kerja, kebutuhan biaya dan tata waktu pelaksanaan kegiatan serta biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk

mereklamasi laut yang terkena dampak dari pembangunan pelabuhan tersebut.

3) Perencanaan Reklamasi Laut Bekas Aktifitas Penambangan

a) Persiapan Lahan

Kegiatan ini meliputi :

- (1) Pemindahan/pembersihan seluruh peralatan dan prasarana yang tidak digunakan di lahan yang akan direklamasi.
- (2) Perencanaan secara tepat lokasi pembuangan sampah/limbah beracun dan berbahaya dengan perlakuan khusus agar tidak mencemari lingkungan,
- (3) Melarang atau menutup jalan masuk ke lahan bekas tambang yang akan direklamasi.

b) Persiapan Peralatan

Kegiatan ini meliputi :

- (1) Menyediakan seluruh alat – alat yang digunakan.
- (2) Memobilisasikan alat – alat ke lahan yang akan di reklamasi.

c) Menyiapkan Benih yang Akan Ditanam

Kegiatan ini meliputi :

- (1) Memilih jenis tanaman yang akan ditanam (*mangrove, bakau*)
- (2) Memilih kualitas benih yang akan ditanam.
- (3) Memilih umur dan ukuran benih yang akan ditanam

d) Melaksanakan Kegiatan Reklamasi

Kegiatan ini meliputi :

- (1) Pembuatan lubang tanaman (jarak antar pohon, dimensi lubang)
- (2) Penanaman pohon
- (3) Penimbunan, dan
- (4) Pemantauan serta perawatan pohon yang telah ditanam.

5. Rangkuman

- a. Prinsip dasar kegiatan reklamasi, yaitu reklamasi harus dianggap sebagai kesatuan yang utuh (*“holistic”*) dan reklamasi harus dilakukan sedini mungkin dan tidak harus menunggu proses penambangan secara keseluruhan selesai dilakukan.

- b. Reklamasi adalah usaha memperbaiki (memulihkan kembali) lahan yang rusak sebagai akibat kegiatan usaha pertambangan, agar dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan kemampuan.
- c. Rehabilitasi lahan dan konservasi tanah (RLKT) adalah usaha memperbaiki (memulihkan), meningkatkan dan mempertahankan kondisi lahan agar dapat berfungsi secara optimal, baik sebagai unsur produksi, media pengatur tata air maupun sebagai unsur perlindungan alam lingkungan.
- d. Pelaksanaan reklamasi lahan tambang, yaitu persiapan lahan berupa pengamanan lahan bekas tambang dan pengaturan bentuk lahan (*landscaping*), pengendalian erosi dan sedimentasi, pengelolaan tanah pucuk ("*top soil*") dan revegetasi (penanaman kembali).
- e. Perencanaan reklamasi laut bekas aktifitas penambangan, yaitu meliputi persiapan lahan berupa pembersihan dan pembatasan area yang akan direklamasi, persiapan peralatan, penyiapan benih yang akan ditanam dan pelaksanaan penanaman pohon atau tanaman yang cocok lainnya.

C. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang ada pada kegiatan pembelajaran mengenai kompetensi profesional ini adalah:

1. Mengamati

Peserta didik diharapkan mengamati pengajar (guru) pada saat proses belajar mengajar untuk materi reklamasi khususnya mengenai konsep reklamasi laut.

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang landasan teori mengenai konsep reklamasi laut.

3. Mengumpulkan data

Mengumpulkan data yang berhubungan dengan materi konsep reklamasi laut dan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan materi tersebut.

4. Mengasosiasi/ Mengolah Informasi

Mengkategorikan data yang berhubungan dengan materi konsep reklamasi laut dan mengkaitkan fungsinya ke dalam ilmu lingkungan, untuk selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang paling sederhana sampai pada yang lebih kompleks, sehingga tidak ada materi pembelajaran yang terlewatkan.

5. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang konsep reklamasi laut dalam proses belajar mengajar secara lisan oleh pengajar ke peserta didik.

D. Umpan Balik

Untuk mendapatkan umpan balik setelah mempelajari modul pembelajaran 6 ini, guru-guru diminta untuk mengisi rubrik umpan balik ini dan memberikan masukan yang konstruktif yang disediakan pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Rubrik Umpan Balik Isi Modul

No	Pokok Bahasan	Pertanyaan Umpan Balik	Jawaban Guru dan Tindak Lanjut
1	Dasar Hukum Reklamasi	Apakah saudara bisa merangkum dasar hukum yang paling perlu diperhatikan pada saat reklamasi (C2)	
2	Perencanaan Reklamasi	Apakah saudara mampu merencanakan reklamasi di laut (C6)	
3	Pengelolaan Tanah Pucuk	Apakah saudara paham menjelaskan fungsi dari tanah pucuk dan bagaimana cara menata tanah pucuk (C2)	
4	Revegetasi	Bisakah saudara menjabarkan tahapan revegetasi dan jenis tanaman yang dibutuhkan (C2)	
5	Reklamasi Laut dan Pelabuhan Kapal Tongkang	Apakah saudara mampu menelaah cara untuk Reklamasi Laut dan Pelabuhan Kapal Tongkang (C4)	

E. Latihan/Soal/Tugas

- Apakah yang dimaksud dengan RKTL?
- Sebutkan 3 dasar hukum mengenai reklamasi?
- Uraikan 5 hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan reklamasi?
- Uraikan 3 hal perlu diperhatikan dalam pengelolaan tanah pucuk?
- Bagaimana cara mempersiapkan lahan reklamasi laut bekas aktivitas penambangan?

F. Kunci Jawaban

- Rehabilitas lahan dan konservasi tanah (RLKT) adalah usaha memperbaiki (memulihkan), meningkatkan dan mempertahankan kondisi lahan agar dapat berfungsi secara optimal, baik sebagai unsur produksi, media pengatur tata air maupun sebagai unsur perlindungan alam lingkungan.
- Dasar hukum reklamasi pertambangan:

- 1) Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1982 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengolahan Lingkungan Hidup.
 - 2) Peraturan Pemerintah Nomor 51 Tahun 1993 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan.
 - 3) Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No.0185.K/008/M.PE/1988 tentang Pedomanan Teknis Penyusunan Penyajian Informasi Lingkungan, Analisis Dampak Lingkungan untuk Kegiatan di Bidang Pertambangan Umum dan Bidang Pertambangan Minyak dan Gas Bumi dan Sumberdaya Panas Bumi.
- c. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan reklamasi:
- 1) Luas areal yang direklamasi sama dengan luas areal penambangan.
 - 2) Memindahkan dan menempatkan tanah pucuk pada tempat tertentu dan mengatur sedemikian rupa untuk keperluan vegetasi.
 - 3) Mengembalikan/memperbaiki kandungan (kadar) bahan beracun sampai tingkat yang aman sebelum dapat dibuang ke suatu tempat pembuangan.
 - 4) Mengembalikan lahan seperti keadaan semula dan/atau sesuai dengan tujuan penggunaannya.
 - 5) Memperkecil erosi selama dan setelah proses reklamasi.
- d. Hal-hal perlu diperhatikan dalam pengelolaan tanah pucuk:
- 1) Pengupasan tanah berdasarkan atas lapisan-lapisan tanah dan ditempatkan pada tempat tertentu sesuai tingkat lapisannya dan timbunan tanah pucuk tidak melebihi dari 2 meter.
 - 2) Pembentukan lahan sesuai dengan susunan lapisan tanah semula dengan tanah pucuk ditempatkan paling atas dengan ketebalan minimal 0.15 m.
 - 3) Pengupasan tanah sebaiknya jangan dilakukan dalam keadaan basah untuk menghindari pemadatan dan rusaknya struktur tanah.
- e. Cara mempersiapkan lahan reklamasi laut bekas aktivitas penambangan:
- 1) Pemandahan/pembersihan seluruh peralatan dan prasarana yang tidak digunakan di lahan yang akan direklamasi.
 - 2) Perencanaan secara tepat lokasi pembuangan sampah/limbah beracun dan berbahaya dengan perlakuan khusus agar tidak mencemari lingkungan.
 - 3) Melarang atau menutup jalan masuk ke lahan bekas tambang yang akan direklamasi.

VIII. KEGIATAN PEMBELAJARAN 7

A. Tujuan Pembelajaran

Modul ini disusun berdasarkan kompetensi profesional. Kompetensi tersebut dirangkum kedalam kompetensi inti, kompetensi guru dan indikator pencapaian kompetensi. Oleh karena itu penulisan pembelajaran 7 ini bertujuan untuk:

1. Memberikan pengetahuan tentang kaidah untuk mendesain lereng pada tambang terbuka.
2. Memberikan pengetahuan kepada guru tentang sifat masa batuan (*rock mass properties*).
3. Memberikan pengetahuan tentang kekuatan geser dari diskontinuitas.
4. Memberikan pengetahuan tentang indeks properties dari sifat-sifat fisik dan mekanik batuan utuh.
5. Memberikan pengetahuan bagaimana melakukan uji kuat tarik tak langsung, uji triaksial dan uji geser langsung.
6. Memberikan pengetahuan bagaimana cara menganalisis kestabilan lereng dan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi kemantapan lereng

B. Uraian Materi Pembelajaran

1. Pendahuluan

Operasi penambangan selalu menemukan masalah kemantapan lereng, terutama pada penggalian tambang terbuka (*open pit* maupun *open cut*), di tempat-tempat penimbunan bahan buangan (*tailing disposal*) dan di penimbunan bijih (*stockyard*). Apabila lereng-lereng yang terbentuk sebagai akibat dari proses penambangan (*pit slope*) maupun yang merupakan sarana penunjang operasi penambangan (bendungan, tanggul dam, jalan tambang, dan lain lain) itu tidak stabil (tidak mantap) maka kegiatan produksi akan terganggu. Oleh karena itu analisis kemantapan lereng merupakan suatu bagian yang penting untuk mencegah terjadinya gangguan terhadap kelancaran produksi maupun terjadinya bencana yang fatal.

Dilihat dari jenis material, ada dua macam lereng, yaitu lereng batuan dan lereng tanah. Dalam analisis dan penentuan jenis tindakan pengamanannya, lereng batuan tidak dapat disamakan dengan lereng tanah, karena parameter material dan jenis penyebab longsor di kedua lereng tersebut sangat jauh berbeda. Kondisi dalam keadaan tidak terganggu (alamiah), tanah atau batuan umumnya

berada dalam keadaan seimbang terhadap gaya-gaya yang timbul dari dalam. Kalau misalnya karena sesuatu sebab tersebut mengalami perubahan keseimbangan akibat pengangkatan, penurunan, penggalian, penimbunan, erosi atau aktivitas lain, maka tanah atau batuan itu akan berusaha untuk mencapai keadaan keseimbangan yang baru secara alamiah. Cara ini biasanya berupa proses degradasi atau pengurangan beban, terutama dalam bentuk longsoran longsoran atau gerakan-gerakan lain sampai tercapai keadaan keseimbangan yang baru.

Pada tanah atau batuan dalam keadaan tidak terganggu (alamiah) telah bekerja tegangan-tegangan vertikal, horisontal dan tekanan air pori. Ketiga hal di atas mempunyai peranan penting dalam membentuk kestabilan lereng. Sedangkan tanah atau batuan sendiri mempunyai sifat sifat fisik asli tertentu, seperti sudut geser alam (*angle of internal friction*), gaya kohesi dan bobot isi yang juga sangat berperan dalam menentukan kekuatan tanah dan yang juga mempengaruhi kemantapan lereng. Oleh karena itu dalam usaha untuk melakukan analisis kemantapan lereng harus diketahui dengan pasti sistem tegangan yang bekerja pada tanah atau batuan dan juga sifat-sifat fisik aslinya. Dengan pengetahuan dan data tersebut kemudian dianalisis kelakuan tanah atau batuan tersebut jika dilakukan penggalian atau penimbunan. Baru kemudian bisa ditentukan geometri dari lereng yang diperbolehkan atau cara-cara lain yang berguna untuk membantu agar lereng tersebut menjadi stabil atau mantap.

Tiga pendekatan utama dari analisis kemantapan lereng adalah pendekatan mekanika batuan, pendekatan mekanika tanah, dan pendekatan yang memakai kombinasi keduanya. Beberapa metoda analisis kemantapan yang dapat digunakan antara lain metoda analitik, metoda grafik, metoda keseimbangan limit, metoda numerik (metoda elemen hingga, elemen diskret, elemen batas dan lain lain), teori blok dan sistem pakar.

Menentukan kestabilan atau kemantapan lereng dikenal istilah faktor keamanan (*safety factor*) yang merupakan perbandingan antara gaya-gaya yang menahan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah tersebut. Bila faktor keamanan lebih tinggi dari satu umumnya lereng tersebut dianggap stabil.

Seperti diketahui, kemantapan suatu lereng mempunyai arti manfaat yang besar sekali baik dari segi keselamatan kerja maupun segi ekonomi. Oleh karena itu para tenaga ahli diharapkan sudah mulai terlibat sejak tahap rancangan awal termasuk penyelidikan geoteknik sampai tahap konstruksi dan diharapkan pula bahwa para tenaga ahli tersebut tahu permasalahan yang dihadapi dan keputusan apa yang harus diambil. Adapun tahap tahap suatu studi kemantapan lereng secara

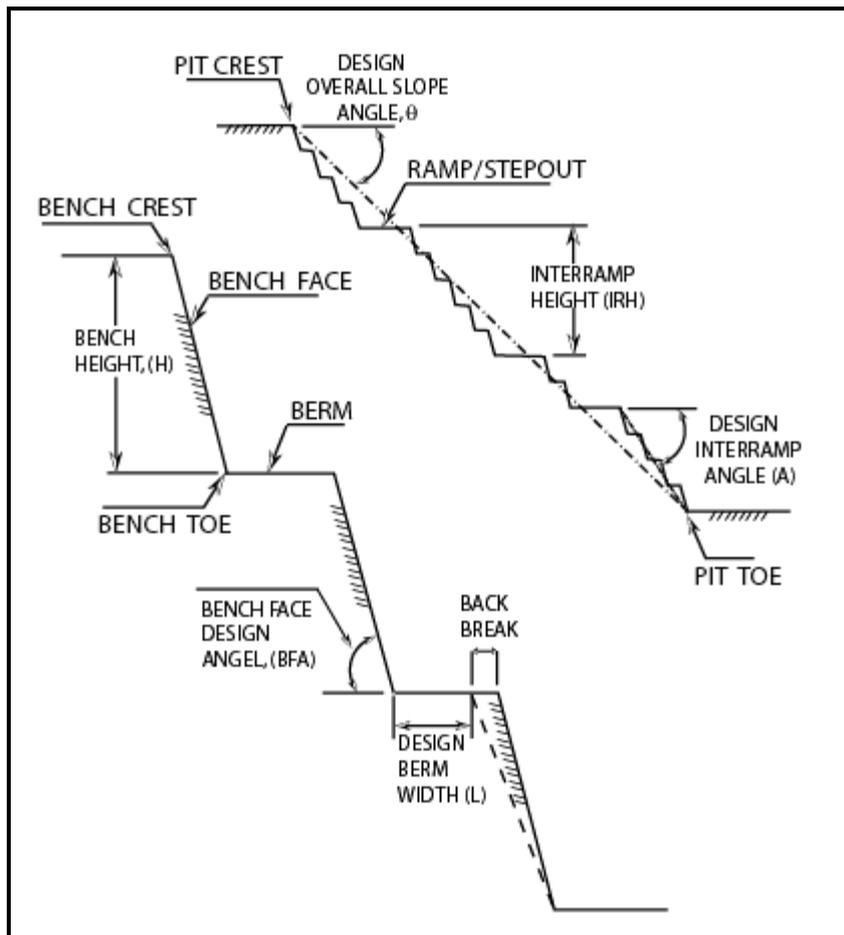
umum adalah tahapan studi struktur massa batuan, studi karakteristik geomekanik, studi kondisi hidraulik, permodelan perhitungan kemantapan lereng, perbaikan kemantapan lereng dan pemantauan kemantapan lereng.

2. Disain Lereng Pada Tambang Terbuka

Penambangan dengan sistem tambang terbuka menyebabkan adanya perubahan bentuk/rona dari suatu daerah yang akan ditambang menjadi *front* penambangan. Sistem penambangan terbuka mempunyai geometri jenjang. Geometri jenjang terdiri dari tinggi jenjang, sudut lereng tunggal dan lebar dari jenjang penangkap (*catch banch*). Rancangan geoteknik (hasil analisis kesetabilan lereng) menjadi dasar utama sebagai patokan untuk membuat geometri lereng, seperti tinggi jenjang dan sudut lereng jenjang, baik yang tunggal maupun yang overall. Tinggi jenjang biasanya disesuaikan juga dengan alat muat yang digunakan, supaya alat mampu mencapai bahagian atas jenjang. Sudut lereng jenjang dibentuk dengan menggunakan peledakan presplitting atau dengan bantuan alat gali mekanis seperti *loader* atau *shovel*. Lebar jenjang penangkap dibuat dengan pertimbangan keamanan baik secara geoteknik, dengan tujuan dapat menangkap batu-batuan yang jatuh.

Sudut lereng antar jalan (*inter-ramp slope angle*) adalah sudut lereng gabungan beberapa jenjang antara dua jalan angkut. Inilah yang dihasilkan oleh ahli-ahli geoteknik sewaktu mereka menetapkan sudut lereng jenjang tunggal (*face angle*) dan lebar jenjang penangkap (*catch bench*). Sudut lereng keseluruhan (*overall slope angle*) adalah sudut yang sebenarnya dari dinding pit keseluruhan, dengan memperhitungkan jalan angkut, jenjang penangkap dan semua profil lain di *pit wall* (Gambar 28). Faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pembuatan jalan tambang :

- a. Letak jalan keluar tambang
- b. Lebar jalan
- c. Kemiringan jalan
- d. Rancangan spiral dan *switchback*
- e. Pertimbangan keamanan dan daya dukung terhadap material jalan
- f. Dampak penggalian untuk membuat jalan.



Gambar 28. Parameter Geometri Pit Slope pada Tambang Terbuka (Abdul Matin Mondol dkk., 2013)

Penilaian kemantapan lereng natural dan buatan karena adanya perubahan lingkungan secara natural maupun akibat aktifitas manusia:

- a. Metode analitik akan menghasilkan satu jawaban untuk satu set masukan.
- b. Metode numerik akan menghasilkan jawaban pendekatan untuk tegangan dan perpindahan pada model.

Pada kedua metode ini, model yang digunakan umumnya didasarkan pada penyederhanaan yang realistis, bukan imitasi yang eksak dari kondisi sebenarnya karena kondisi geologi dan interaksi mekanik yang terjadi tidak pernah diketahui secara rinci.

Analisis kemantapan lereng batuan pada dasarnya bergantung kepada analisis rinci dari struktur geologi di dalam massa batuan, kecuali untuk batuan yang sangat lemah. Dengan penyelidikan lapangan yang baik, analisis kemantapan lereng batuan memungkinkan kita untuk:

- a. Menentukan kondisi kemantapan lereng batuan dan/atau mekanisme ketidakmampuannya.
- b. Menentukan sensitivitas lereng terhadap adanya gangguan.

- c. Menentukan metode pemantapan lereng yang tidak mantap atau potensial tidak mantap.
- d. Merancang lereng secara optimal berdasarkan keselamatan, kehandalan, dan ekonomi.

Hal mendasar yang dibutuhkan untuk studi yang baik harus mencakup tahapan pengumpulan/evaluasi data berikut ini:

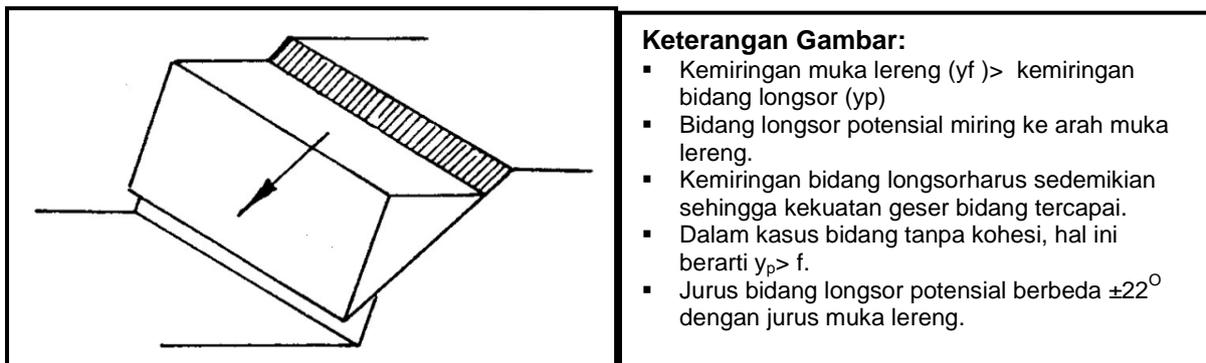
- a. Karakterisasi lapangan (kondisi-kondisi geologi dan hidrogeologi).
- b. Kondisi air tanah.
- c. Parameter geoteknik (kekuatan, deformabilitas, permeabilitas).
- d. Mekanisme ketidakmantapan (model kinematik atau keruntuhan potensial).

Berikut jenis longsoran yang sering terjadi pada lereng pertambangan:

a. Longsoran Bidang



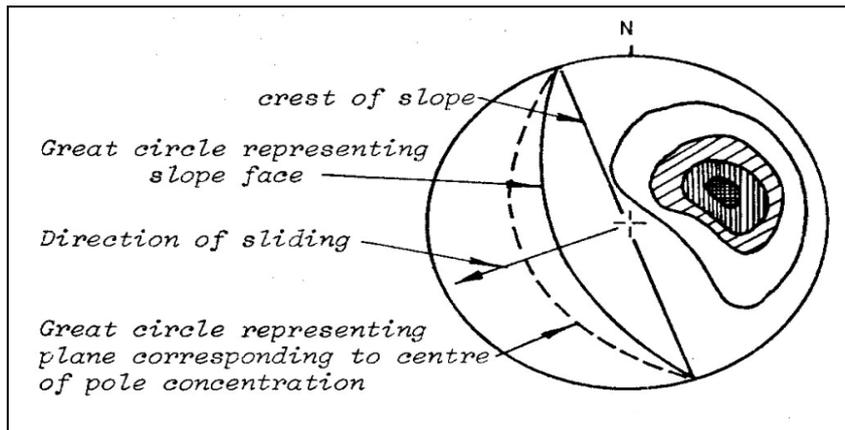
Gambar 29. Longsoran Bidang



Keterangan Gambar:

- Kemiringan muka lereng (γ_f) > kemiringan bidang longsor (γ_p)
- Bidang longsor potensial miring ke arah muka lereng.
- Kemiringan bidang longsor harus sedemikian sehingga kekuatan geser bidang tercapai.
- Dalam kasus bidang tanpa kohesi, hal ini berarti $\gamma_p > f$.
- Jurusan bidang longsor potensial berbeda $\pm 22^\circ$ dengan jurusan muka lereng.

Gambar 30. Ilustrasi Longsoran Bidang

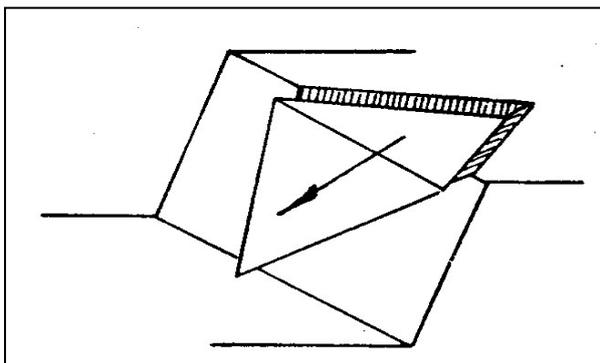


Gambar 31. Model Mekanisme Terjadinya Longsoran Bidang

b. Longsoran Baji



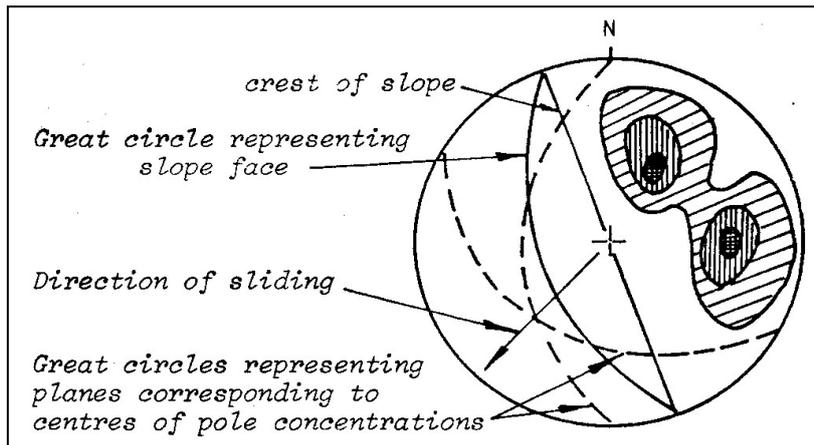
Gambar 32. Longsoran Baji



Keterangan Gambar:

- Kemiringan muka lereng (y_i) > Kemiringan garis perpotongan (y_{int})
- Garis perpotongan kedua bidang lemah pembentuk baji miring ke arah muka lereng.
- Dalam kasus bidang tanpa kohesi, hal ini berarti $y_{int} > f$ (sudut geser dalam).

Gambar 33. Ilustrasi Longsoran Baji

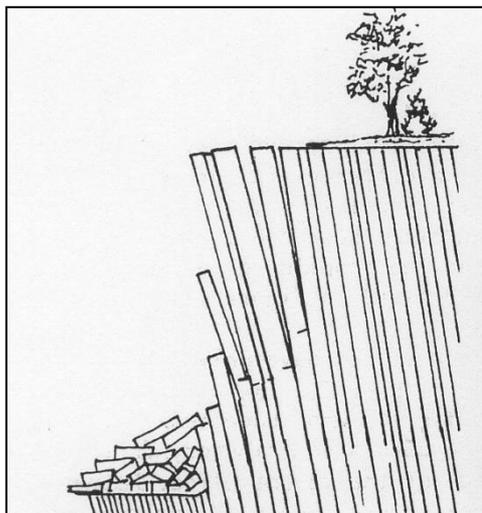


Gambar 34. Model Mekanisme Terjadinya Longsoran Baji

c. Longsoran Guling



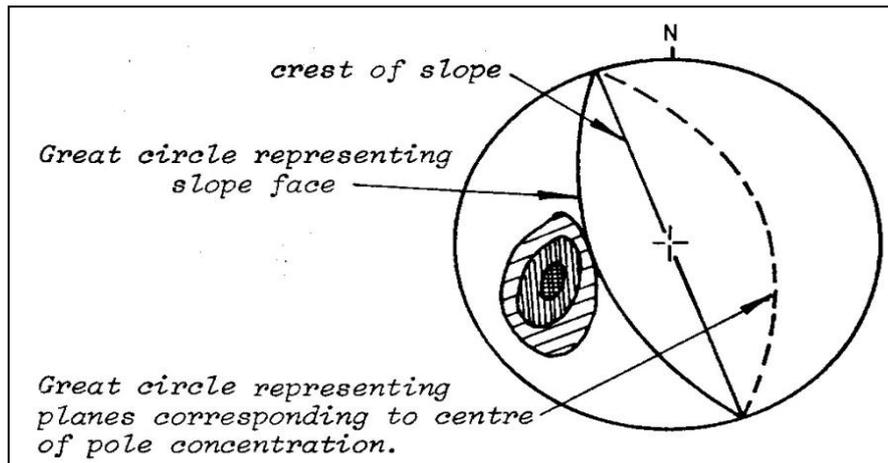
Gambar 35. Longsoran Guling



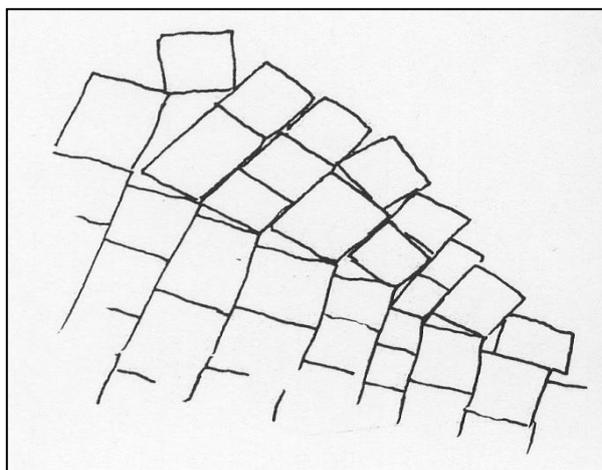
Keterangan Gambar:

- Terdapat satu set bidang lemah yang miring ke arah lereng pada sudut yang cukup curam untuk membentuk gelinciran antar lapisan.
- Jurus bidang lemah berbeda maksimum 20° dengan jurus lereng.

Gambar 36. Kinematika Longsoran Guling Fleksural



Gambar 37. Model Mekanisme Terjadinya Longsoran Guling Fleksural



Keterangan Gambar:

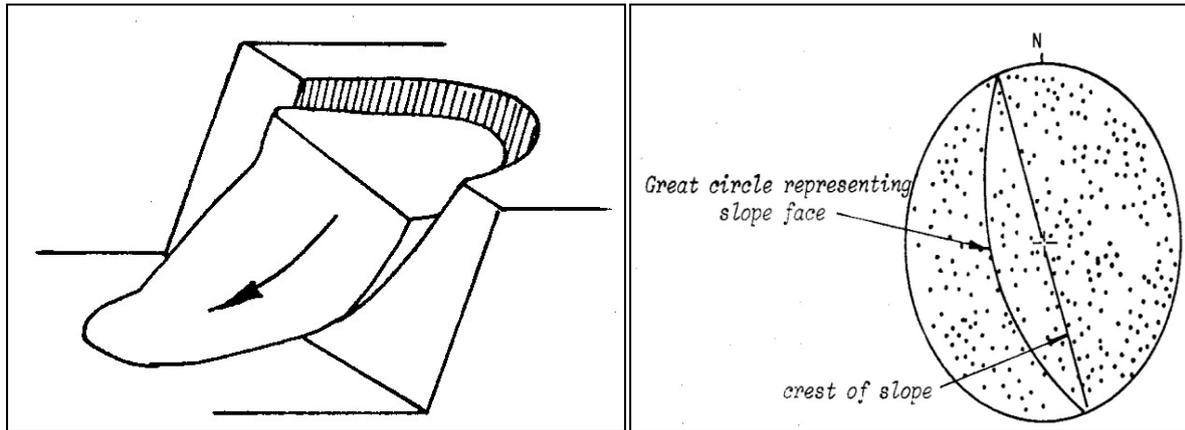
- Terdapat dua set bidang lemah dan garis perpotongan keduanya miring ke arah lereng.
- Terdapat satu set bidang lemah yang menjadi dasar dari blok-blok yang terguling.

Gambar 38. Kinematika Longsoran Guling Langsung

d. Longsoran Sirkular



Gambar 39. Longsoran Sirkular di Tambang Batubara



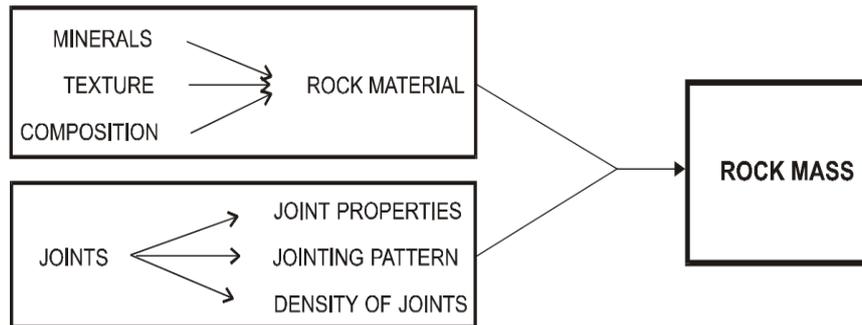
Gambar 40. Kinematika Longoran Sirkular

3. Sifat Masa Batuan (Rock Mass Properties)

Menurut Bieniawski (1989), batuan selaku material penyusun lahan dalam geoteknik, khususnya dalam mekanika batuan dianggap sebagai satu kesatuan massa. Oleh karena itu sifatnya dianggap sebagai sifat massa. Sifat massa ini berfungsi dan bekerja menyangga beban-beban yang terdapat di atasnya dan di dalamnya. Sehingga dalam desain dan pembuatan konstruksi harus memperhatikan kekuatan dan pola dikontinuitas pada massa batuan. Hudson dan Harrison (1997) batuan sebagai material digunakan untuk membangun struktur, atau suatu struktur dibangun di atas atau dalam batuan (massa batuan). Wyllie dan Mah (2004) massa batuan merupakan material-material batuan yang mengalami proses kerusakan (*failure*) yang kompleks. West (2010) sifat massa batuan meliputi semua karakteristik suatu massa batuan yang berhubungan dengan rekayasa konstruksi. Sehingga menurut Hoek (2006) estimasi kekuatan dan deformasi massa batuan dibutuhkan untuk estimasi dukungan (*support*) dan berbagai analisis seperti desain lereng, fondasi dan penggalian bawah permukaan, West (2010) pekerjaan rekayasa pemotongan jalan dan bendungan.

Menurut Palmstrom (1995), struktur massa batuan yang rumit dengan kekurangannya aplikasinya yang luas menyebabkan permasalahan dalam rekayasa batuan dan konstruksi. West (2010) sifat fisik batuan menentukan sifatnya sebagai material konstruksi dan sebagai struktur fondasi, sehingga kelas dan pengukurannya dapat berupa sifat material yang diukur menggunakan percontoh kecil di laboratorium, dan sebagai sifat massa batuan yang membutuhkan skala besar massa batuan untuk menentukan keseluruhan sifatnya. Tipikal sifat massa batuan adalah dikontrol oleh bidang-bidang lemah pada batuan daripada sifat padu materialnya. Sehingga menurut Goodman (1989) batuan menjadi tidak ideal dalam sejumlah hal, dan batuan jarang benar-benar kontinyu, karena pori-pori atau celah

biasanya hadir, seperti *microfissure* merupakan retakan planar kecil terjadi dalam batuan padu dan *fissure* sebagai retakan yang lebih luas.



Gambar 41. Skematik Penyusunan Massa Batuan Terdiri dari Material Batuan Beserta Diskontinuitas di Dalamnya (Palmstrom, 1995).

Secara ideal massa batuan tersusun oleh sistem blok batuan dan fragmen-fragmen yang terpisahkan oleh diskontinuitas membentuk material dimana semua elemen saling bergantung sebagai suatu satuan (Matula dan Holer, 1978 dalam Palmstrom, 1995). Material tersebut dikarakteristiki oleh bentuk dan dimensi blok batuan dan fragmen-fragmen, oleh pengaturan bersama dalam massa batuan, serta oleh karakter kekar seperti kondisi bidang kekar dan pengisinya (Palmstrom, 1995). Gambar 2. di bawah ini menggambarkan skematika komponen-komponen yang membangun massa batuan di alam, yaitu terdiri dari material batuan berikut keberadaan diskontinuitas di dalamnya.

4. Sifat Kekuatan Batuan (Rock Strength Properties)

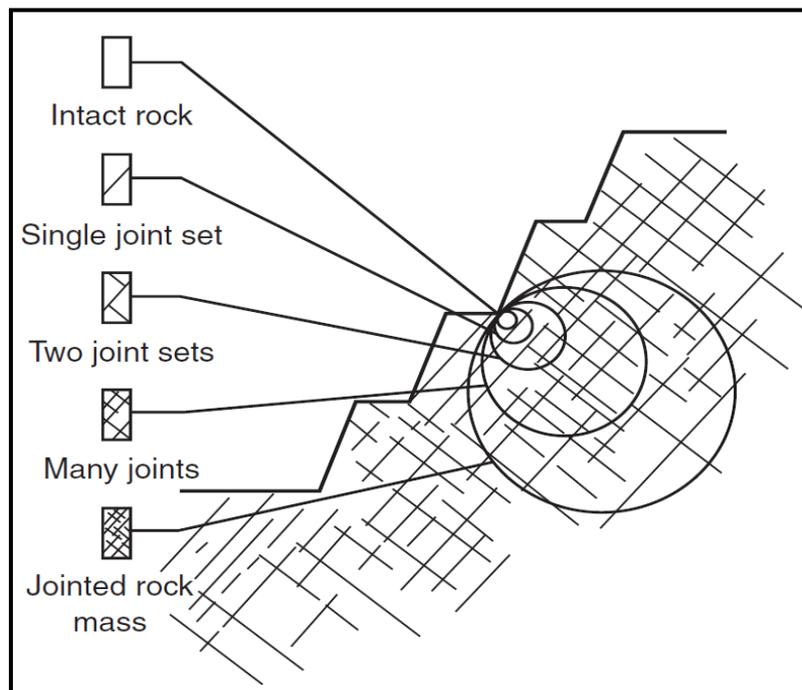
Dalam menganalisis stabilitas lereng batu, faktor yang paling penting untuk dipertimbangkan adalah geometri massa batuan di bagian belakang permukaan lereng. Hubungan antara orientasi diskontinuitas dan permukaan galian akan menentukan apakah bagian dari massa batuan bebas untuk meluncur atau roboh, sedangkan faktor yang paling penting yang mengatur stabilitas adalah kekuatan geser berpotensi permukaan kegagalan (*sliding surface*).

a. Efek Skala dan Kekuatan Batuan

Wyllie dan Mah (2004) menjelaskan *sliding surface* pada lereng dapat terdiri secara kontinu di semua area permukaan atau permukaan kompleks yang terdiri dari dua diskontinuitas dan fraktur melalui batuan utuh. Penentuan nilai kekuatan geser adalah bagian penting dari desain lereng karena perubahan sekecil apapun yang terjadi dalam kekuatan geser dapat mengakibatkan perubahan signifikan dalam kondisi aman terhadap tinggi atau sudut lereng. Pemilihan nilai-nilai kuat geser yang tepat tidak hanya tergantung pada ketersediaan data, tetapi juga pada interpretasi secara cermat terhadap data,

mengingat perilaku massa batuan yang membentuk lereng berskala penuh. Sebagai contoh kemungkinan untuk menggunakan hasil yang diperoleh dari uji geser pada *joint* dalam merancang sebuah lereng dimana kegagalan yang akan terjadi sepanjang satu *joint* saja. Namun, Hasil uji geser tidak dapat digunakan secara langsung dalam merancang sebuah lereng dimana proses kegagalan yang kompleks melibatkan beberapa *joint* dan beberapa dari batuan utuh.

Pemilihan kekuatan geser yang tepat dari lereng tergantung terhadap sebagian besar pada skala relatif antara permukaan geser dan struktur geologi (Hoek, 2006). Misalnya, dalam lereng tambang terbuka diilustrasikan pada gambar 3 dimensi lereng keseluruhan jauh lebih besar dari panjang diskontinuitas, sehingga setiap *sliding surface* akan melewati massa batuan *joint* dan kekuatan batuan yang tepat untuk digunakan dalam desain lereng pit adalah massa batuan. Sebaliknya, tinggi *bench* adalah sama untuk panjang sendi sehingga kestabilan dapat dikendalikan oleh satu sendi saja, serta kekuatan batuan yang sesuai untuk digunakan dalam desain *benches* adalah *joint set* yang dari dips permukaan. Akhirnya, pada skala kurang dari spasi *joint*, blok batuan utuh terjadi serta kekuatan batuan yang sesuai digunakan dalam penilaian pengeboran, dan *blasting metode*, misalnya akan terutama yang dari batuan utuh.



Gambar 42. Diagram ideal menggambarkan transisi skala dari batuan padu sampai massa batuan terkekarkan kuat melalui peningkatan skala ukuran sampel (Hoek, 2006)

Berdasarkan hubungan antara ukuran sampel dan karakteristik kekuatan batuan, Wyllie dan Mah (2004) menjelaskan metode penentuan kekuatan menjadi tiga kelas batuan sebagai berikut:

- 1) *Diskontinuitas* ; *Bedding* tunggal, *joints* atau *faults*. Sifat diskontinuitas yang mempengaruhi kekuatan geser termasuk bentuk dan kekasaran permukaan, batuan di permukaan yang mungkin *fresh* atau *weathered* (lapuk), dan *infillings* yang mungkin berkekuatan rendah atau kohesif.
- 2) *Rock mass* (massa batuan) ; Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan geser dari massa batuan *jointed* meliputi *compressive strength* (kuat tekan) dan *friction angle* (sudut gesekan) dari batuan utuh (*intact rock*), dan jarak atau spasi dari diskontinuitas serta kondisi permukaan lereng.
- 3) *Intact rock* (batuan utuh) ; Faktor yang harus dipertimbangkan dalam mengukur kekuatan batuan utuh adalah bahwa kekuatan bisa berkurang seiring umur desain lereng akibat pelapukan (*weathering*).

b. Kekuatan Geser dari Diskontinuitas

Menurut Wyllie dan Mah (2004), pemetaan geologi atau pengeboran inti digunakan untuk mengidentifikasi keruntuhan geser yang dapat terjadi pada diskontinuitas, maka diperlukan pengujian untuk mengetahui sudut geser dan kohesi dari *sliding surface* dalam rangka untuk melakukan analisis stabilitas. Pelaksanaan kegiatan investigasi juga harus memperoleh informasi mengenai karakteristik *sliding surface* yang dapat memodifikasi parameter kekuatan geser. Perlu ditekankan karakteristik diskontinuitas meliputi janjang lereng secara kontinu, kekerasan permukaan, ketebalan dan karakteristik dari *infilling*, serta efek air pada sifat-sifat *infilling*.

Dalam desain lereng batuan, bahan batuan diasumsikan berdasarkan teori Coulomb dimana kekuatan geser permukaan sliding dinyatakan dalam hal kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) (Coulomb, 1773 dalam Wyllie dan Mah, 2004). Untuk *planar*, diskontinuitas bersih atau tidak ada *infilling*, kohesi akan menjadi nol dan kekuatan geser akan ditentukan semata-mata oleh sudut gesekan. Sudut gesekan dari material batuan berkaitan dengan ukuran dan bentuk butir terpapar pada permukaan fraktur. Batu halus dan batuan dengan kandungan mika tinggi akan cenderung memiliki sudut gesekan rendah, sementara batu kasar seperti granit, akan memiliki sudut gesekan tinggi (Barton, 1973). Namun, jika diskontinuitas berisi *infilling*, sifat kekuatan geser fraktur sering diubah, dengan kohesi dan sudut geser dari permukaan dipengaruhi oleh ketebalan dan sifat *infilling*.

Kehadiran *infillings* sepanjang permukaan diskontinuitas dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap stabilitas. Sangat penting bahwa *infilling* diidentifikasi di dalam kegiatan investigasi, dan parameter kekuatan yang tepat untuk digunakan dalam desain. Pengaruh *infilling* terhadap kekuatan geser akan tergantung pada ketebalan dan sifat kekuatan material *infilling*. Sehubungan dengan ketebalan *infilling*, jika lebih dari sekitar 25-50% akan ada sedikit atau tidak ada kontak antar batuan, dan sifat kekuatan geser fraktur akan menjadi sifat *infilling* (Goodman, 1970).

Perilaku *Shear Strength* dan *displacemen* merupakan faktor tambahan untuk dipertimbangkan mengenai kekuatan geser isian diskontinuitas. Dalam menganalisis stabilitas lereng, perilaku ini akan menunjukkan apakah ada kemungkinan menjadi pengurangan kekuatan geser dengan perpindahan. Dalam kondisi di mana ada penurunan yang signifikan dalam kekuatan geser dengan perpindahan, kegagalan lereng dapat terjadi tiba-tiba setelah gerakan dalam jumlah kecil.

Isian diskontinuitas dapat dibagi menjadi dua kategori umum, tergantung pada apakah telah terjadi perpindahan sebelumnya diskontinuitas (Barton, 1974). Pertama *recently displaced discontinuities*, diskontinuitas ini meliputi *faults*, *shearzones*, *claymylonites* dan *bedding-surfaceslips*. Kedua *undisplaced discontinuities*, diskontinuitas pengisi yang tidak mengalami perpindahan sebelumnya termasuk batuan beku dan metamorf yang telah lapuk di sepanjang diskontinuitas untuk membentuk lapisan lempung. Selain isian diskontinuitas pengaruh yang paling penting adalah keberadaan air dalam diskontinuitas, dimana menyebabkan kekuatan geser berkurang akibat pengurangan efektif tegangan geser yang normal yang bekerja pada permukaan (Wyllie dan Mah, 2004).

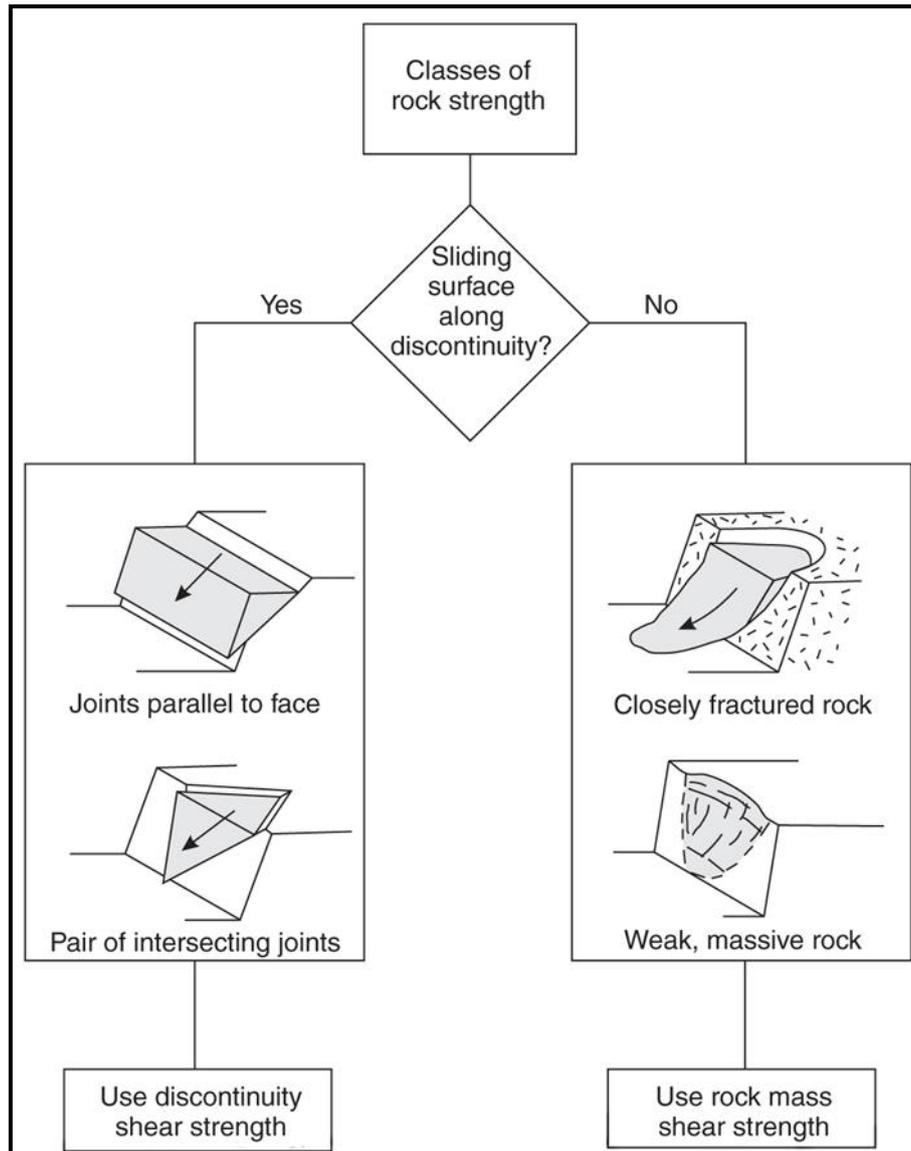
c. Kelas Kekuatan Batuan

Berdasarkan efek skala dan kondisi geologi dapat dilihat bahwa *sliding surfaes* dapat terbentuk sepanjang permukaan diskontinuitas, atau melalui massa batuan, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.12. Pentingnya klasifikasi yang ditunjukkan Wyllie dan Mah (2004) bahwa dalam dasarnya semua analisis stabilitas lereng perlu menggunakan sifat kekuatan geser baik diskontinuitas atau massa batuan, dan ada prosedur yang berbeda untuk menentukan sifat kekuatan sebagai berikut :

- 1) *Discontinuity shear strength* (kekuatan geser dari diskontinuitas) dapat diukur di lapangan dan laboratorium.

2) *Rock mass shear strength* (kekuatan geser massa batuan) ditentukan oleh metode empiris dengan cara analisis balik dari lereng yang dipotong dalam kondisi geologi sama, atau melalui perhitungan yang melibatkan indeks kekuatan batuan.

Berbagai kondisi kekuatan geser yang mungkin ditemui di lereng batu seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 43**, jelas menunjukkan pentingnya memeriksa baik karakteristik diskontinuitas dan kekuatan batuan selama *site investigation*.



Gambar 43. Hubungan Antara Geologi dan Kelas Kekuatan Batuan (Wyllie dan Mah, 2004)

5. Index Properties dari Sifat Fisik dan Mekanik Batuan Utuh

Batuan mempunyai sifat-sifat tertentu yang perlu diketahui dalam mekanika batuan dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu sifat fisik dan sifat

mekanik. Sifat fisik batuan yang diukur untuk kepentingan penelitian ini adalah bobot isi asli (*natural density*), bobot isi kering (*dry density*) dan bobot isi jenuh (*saturated density*). Sedangkan sifat mekanik batuan untuk penelitian ini dapat ditentukan di laboratorium dengan uji kuat tekan uniaksial (*uniaxial compressive strength test*), Kuat tarik tak langsung (*indirect tensile strength test*), uji triaksial (*triaxial test*) dan uji geser langsung (*direct shear test*).

a. Penentuan Sifat Fisik Batuan di Laboratorium

Penentuan sifat fisik batuan memerlukan peralatan seperti oven yang mampu mempertahankan temperatur pada 105°C untuk selama 24 jam, wadah contoh yang terbuat dari material tidak korosif dan mempunyai tutup yang kedap udara, desikator dengan ukuran secukupnya. Pompa vakum sehingga contoh batuan utuh dapat direndam air di dalam wadah yang bisa diberikan tekanan vacuum sebesar 800Pa untuk selama-lamanya satu jam. Wadah berukuran secukupnya untuk merendam contoh batuan utuh yang dimasukkan kedalam wadah berongga dan dapat digantung bebas sehingga berat contoh batuan utuhnya dapat ditimbang untuk menentukan berat jenuh terendam air. Timbangan dengan ketepatan sebesar 0,001% dari berat contohnya.

1) Penimbangan berat contoh

- a) Berat contoh asli (*natural*): W_n
- b) Berat contoh kering (sesudah dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur kurang lebih 90°C : W_o
- c) Berat contoh jenuh (sesudah dijenuhkan dengan air selama 24 jam : W_w
- d) Berat contoh jenuh didalam air: W_s
- e) Volume contoh tanpa pori-pori: $W_o - W_s$
- f) Volume contoh total: $W_w - W_s$

2) Perhitungan penentuan sifat fisik batuan:

- a) Bobot isi asli (*natural density*) = $\frac{W_n}{W_w - W_s}$
- b) Bobot isi kering (*dry density*) = $\frac{W_o}{W_w - W_s}$
- c) Bobot isi jenuh (*saturated density*) = $\frac{W_w}{W_w - W_s}$

b. Uji Kuat Tekan Uniaksial (*Uniaxial Compressive Strength Test*)

Tujuan uji tekan adalah untuk mengukur kuat tekan uniaksial (*Unconfined Compressive Strength Test - UCS Test*) sebuah contoh batuan dalam geometri yang beraturan, baik dalam bentuk silinder, balok atau prisma dalam satu arah (uniaksial). Tujuan utamanya uji ini adalah untuk klasifikasi kekuatan dan karakterisasi batuan utuh. Hasil uji ini menghasilkan beberapa informasi yaitu; kurva tegangan regangan, kuat tekan uniaksial, *modulus young* dan *nisbah poisson*.

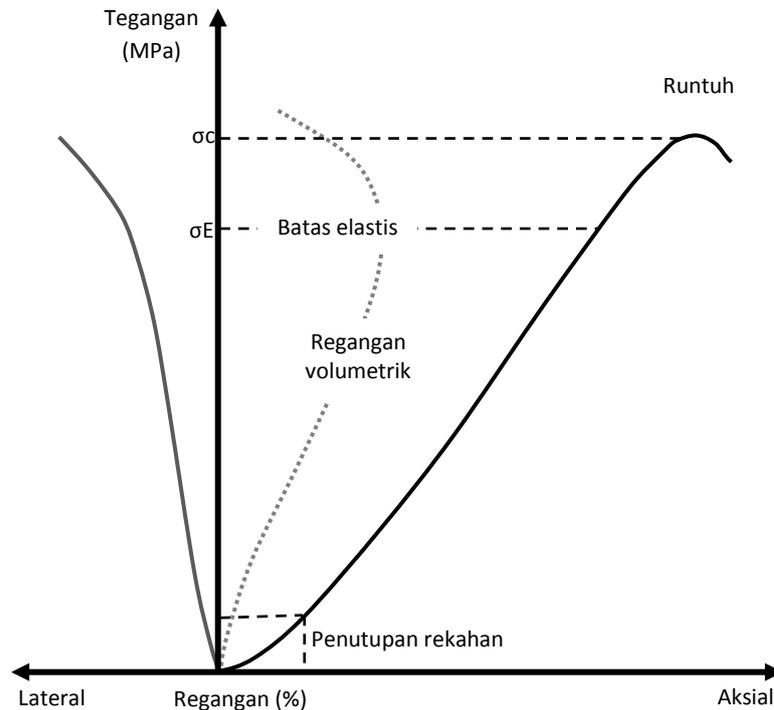
Uji ini mengikuti standard dari *International Society Rock Mechanics* (ISRM, 1981), dalam pembebanannya menggunakan mesin tekan (*compression machine*), contoh batu uji berbentuk silinder dengan L/D bervariasi dari 2,5 hingga 3,0 dan sebaiknya diameter (D) contoh batu uji paling tidak berukuran tidak kurang lebih dari 54 mm.

Menurut Rai (2010), menjelaskan bahwa hasil uji kuat tekan uniaksial yang meliputi pengukuran beban, perpindahan aksial dan lateral dan dengan memperhitungkan luas kontak dan panjang contoh batuan akan diperoleh kurva tegangan regangan seperti ditunjukkan oleh Gambar 5. Kuat tekan uniaksial (σ_c) adalah gambaran dari nilai tegangan maksimum yang dapat ditanggung sebuah contoh batuan sesaat sebelum contoh tersebut hancur atau runtuh (*failure*) tanpa adanya pengaruh dari tegangan pemampatan (tegangan pemampatan sama dengan nol).

Modulus young atau modulus elastisitas (E) adalah kemampuan batuan untuk mempertahankan kondisi elastiknya. Pada uji kuat tekan uniaksial, contoh batuan yang diberi tekanan akan mengalami beberapa tahap deformasi yakni, deformasi elastik dan deformasi plastik. Nilai *modulus young* diturunkan dari kemiringan kurva tegangan regangan pada bagian yang linear karena pada saat inilah contoh mengalami deformasi elastik. *Nisbah poisson* (ν) adalah nilai mutlak dari perbandingan antara regangan lateral terhadap regangan aksial.

Jika suatu material di regangkan pada satu arah, maka material tersebut cenderung mengkerut (dan jarang, mengembang) pada dua arah lainnya. Sebaliknya, jika suatu material ditekan, maka material tersebut akan mengembang (dan jarang, mengkerut) pada dua arah lainnya pula. Dalam deformasi elastik mekanik, kecenderungan material untuk mengkerut atau mengembang dalam arah tegak lurus terhadap arah pembebanan dikenal sebagai efek *poisson*. Oleh karena itu jika sebuah contoh batu silinder

diberikan tegangan pada arah aksialnya, maka contoh akan mengalami regangan baik ke arah aksial maupun ke arah lateral.



Gambar 44. Kurva Tegangan Regangan Uji Kuat Tekan Uniaksial (Rai, 2010)

Persamaan kuat tekan uniaksial (σ_c) = $\frac{F}{A}$, dimana F = beban dan A = luas permukaan contoh. Persamaan untuk mencari nilai *modulus young* (E) = $\frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon_a}$, dimana $\Delta\sigma$ = beda tegangan (MPa) dan $\Delta\epsilon_a$ = beda regangan aksial (%). Persamaan *nisbah poisson* (ν) = $\frac{\epsilon_{lateral}}{\epsilon_{aksial}}$, dimana $\epsilon_{lateral}$ = regangan lateral dan ϵ_{aksial} = regangan aksial.

c. Uji Kuat Tarik Tak Langsung (*indirect tensile strength /braziliantest*)

Menurut ASTM D 653-67 *Standard Definition of Terms and Symbol* dalam Rai, dkk. (2010) yang berhubungan dengan mekanika batuan dan mekanika tanah, kuat tarik dari suatu material didefinisikan sebagai tegangan tarik maksimum yang dapat dikembangkan oleh suatu material. Uji ini sebagai salah satu metode uji kuat tarik batuan secara tidak langsung, dilakukan untuk mengetahui kuat tarik secara tidak langsung dari contoh uji batuan. Menurut Bieniawski (1961) dan Hawkes dan Mellor (1971) serta ISRM (1981) dalam Rai, dkk. (2010), kuat tarik suatu contoh batuan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kuat Tarik atau } \textit{tensile strength} (\sigma_t) = \frac{2F}{\pi Dt}$$

Keterangan :

σ_t = Kuat Tarik atau *tensile strength* (MPa)

F= Beban (N)

D= Diameter contoh batuan (mm)

t = Ketebalan contoh batuan (mm)

d. Uji Triaksial (*triaxial test*)

Salah satu uji di dalam mekanika batuan adalah uji triaksial yang digunakan untuk menentukan kekuatan batuan dibawah tiga komponen tegangan melalui persamaan kriteria keruntuhan (Rai, 2010). Kekuatan batuan pada kondisi tegangan triaksial akan sangat berguna sebagai parameter rancangan pembuatan lubang bukaan bawah tanah. Kriteria keruntuhan yang sering digunakan dalam pengolahan data uji triaksial adalah kriteria Mohr-Coulomb. Hasil pengujian triaksial kemudian diplot kedalam kurva Mohr-Coulomb sehingga dapat ditentukan parameter-parameter kekuatan batuan seperti kurva intrinsik (*strength envelope*), kuat geser (*t - shear strength*), kohesi (C) dan sudut gesek dalam (ϕ).

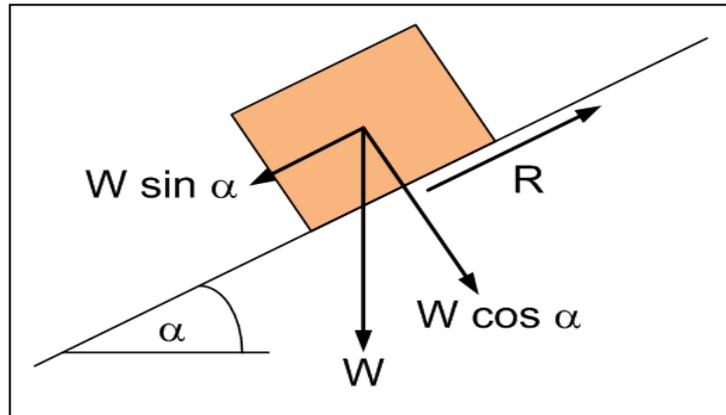
e. Uji Geser Langsung (*direct shear test*)

Rai (2010) menerangkan semua massa batuan memiliki bidang-bidang diskontinu seperti kekar, bidang perlapisan, dan sesar. Pada kedalaman yang dangkal dimana tegangan-tegangan yang bekerja sangat rendah atau dapat diabaikan, deformasi ataupun runtuhannya yang terjadi pada batuan utuh (*intact rock*) dan massa batuan lebih banyak dikendalikan oleh lunturnya pada bidang diskontinu dan sifat fisik butiran batuan utuh (*intact rock*) diantara bidang lunturnya/gesernya. Salah satu contoh dari kasus ini yaitu pembuatan lereng-lereng pada kegiatan tambang terbuka. Oleh karena itu, sebelum mendesain lereng tambang perlu mengetahui parameter-parameter kuat geser batuan, yaitu kohesi (C) dan sudut gesek dalam (ϕ) yang diperoleh dengan melakukan uji geser langsung di laboratorium.

Kuat geser batuan sangat berguna sebagai parameter rancangan kestabilan lereng dan kriteria keruntuhan geser yang paling banyak digunakan adalah kriteria Mohr-Coulomb. Hasil pengujian kuat geser langsung kemudian diplot kedalam kurva Mohr-Coulomb sehingga dapat ditentukan parameter-parameter kekuatan batuan seperti kurva intrinsik (*strength envelope*), kuat geser (*r - shear strength*), kohesi (C) dan sudut gesek dalam (ϕ).

6. Analisis Kesetabilan Lereng

Analisis kesetabilan lereng merupakan tindakan untuk mengetahui kondisi suatu lereng dengan tujuan memperkirakan bentuk keruntuhan dan menentukan tingkat kerawanan lereng terhadap longsor serta rancangan lereng yang memenuhi kriteria keamanan. Perhitungan stabilitas lereng dilakukan dengan pendekatan metode elemen hingga dengan kombinasi analisis kinematik dan data pemantauan lereng batuan.

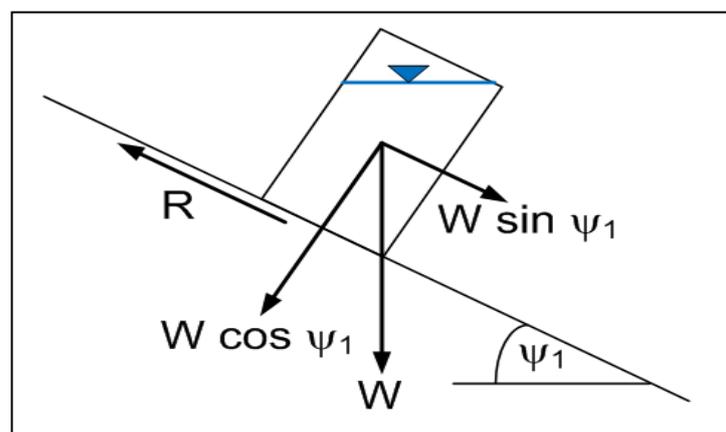


Gambar 45. Mekanisme Dasar Longsor

Keterangan **Gambar 45:**

- Pada blok hanya bekerja percepatan gravitasi.
- Berat W bekerja vertikal ke bawah.
- Penguraian W :
 - $W \sin a \rightarrow$ gaya penggerak.
 - $W \cos a \rightarrow$ gaya penahan.
- Tegangan normal s yang bekerja pada permukaan longsor:
$$s = (W \cos a) / A$$

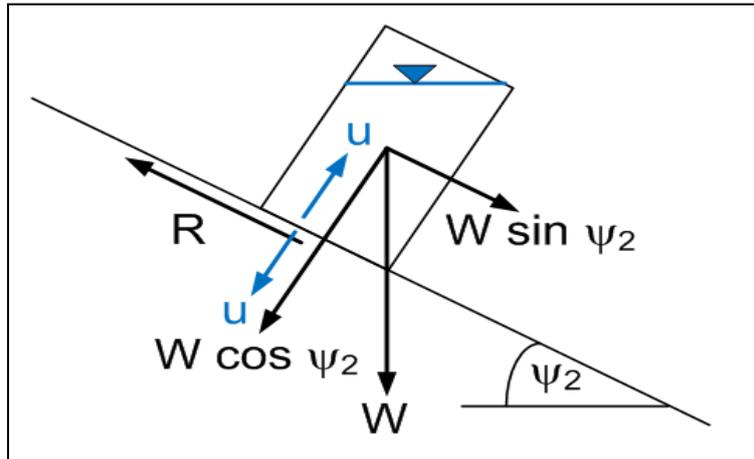
 $A =$ Luas dasar blok.



Gambar 46. Pengaruh Tekanan Air pada Kuat Geser

Keterangan **Gambar 46:**

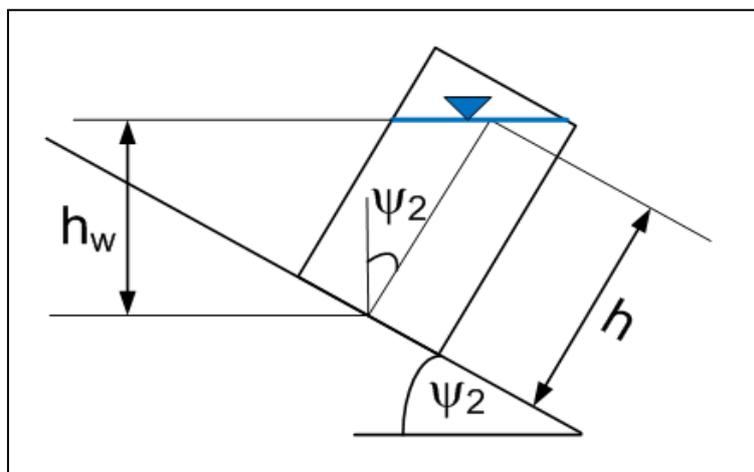
- Sebuah kaleng terbuka berisi air diletakkan pada bidang miring.
- Untuk penyederhanaan, kohesi antara dasar kaleng dengan permukaan bidang miring diasumsikan nol.
- Kaleng dengan isinya akan menggelincir ke bawah jika $y_1 = f$



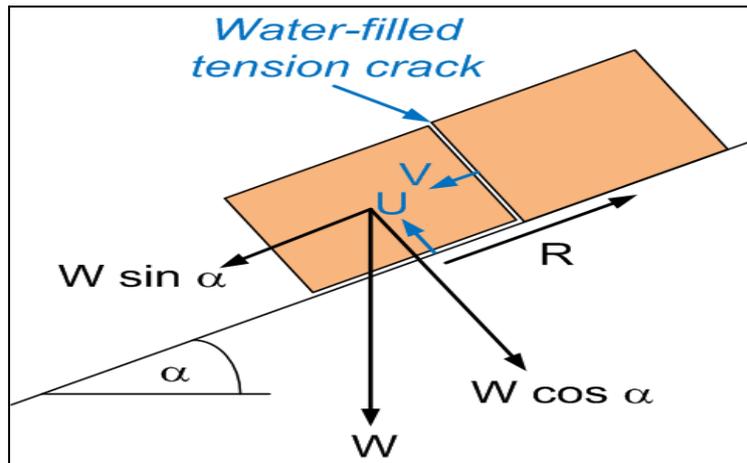
Gambar 47. Pengaruh Tekanan Air pada Kuat Geser

Keterangan **Gambar 47:**

- Jika dasar kaleng bocor, air dapat mengisi celah antara dasar kaleng dengan permukaan bidang miring dan memberikan tekanan air atau gaya angkat $U = uA$
- Gaya normal $W \cos \psi_2$ sekarang dikurangi dengan U dan gaya penahan gelinciran sekarang menjadi $R = (W \cos \psi_2 - U) \tan f$



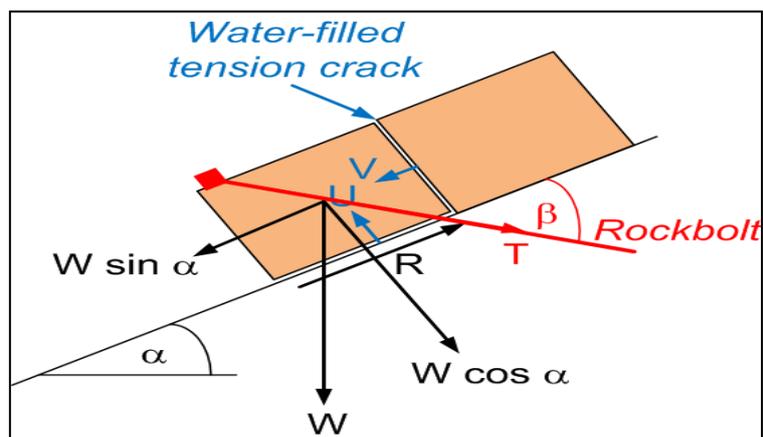
Gambar 48. Pengaruh Tekanan Air pada Kuat Geser



Gambar 49. Pengaruh Tekanan Air dalam Rekahan Tarik

Keterangan **Gambar 49:**

- a. Tekanan air dalam rekahan tarik meningkat secara linier terhadap kedalaman dan memberikan gaya total V pada permukaan blok bagian belakang.
- b. Diasumsikan bahwa tekanan air ditransmisikan sepanjang perpotongan antara rekahan tarik dengan dasar blok.
- c. Distribusi tekanan air menghasilkan gaya angkat U yang mengurangi gaya normal yang bekerja pada permukaan ini.
- d. Kondisi kesetimbangan batas: $W \sin \alpha + V = cA + (W \cos \alpha - U) \tan f$ atau $W \sin \alpha + V = cA + (W \cos \alpha - U) \tan f$.
 - 1) Gaya penggerak meningkat.
 - 2) Gaya penahan menurun.
 - 3) Baik V maupun U menurunkan kemantapan.
 - 4) Meskipun tekanan yang terlibat secara relatif kecil, tekanan ini bekerja pada area yang besar sehingga gaya yang ditimbulkannya dapat sangat besar.



Gambar 50. Perkuatan untuk Mencegah Gelinciran

Keterangan **Gambar 50:**

Kondisi kesetimbangan batas: $W \sin a + V - T \cos b = cA + (W \cos a - U + T \sin b) \tan f$.

7 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kemantapan Lereng

Kemantapan lereng dinyatakan dengan faktor keamanan (safety factor), dinyatakan sebagai berikut :

$$FK = \frac{\sum \text{Gaya Penahan}}{\sum \text{Gaya Penggerak}}$$

Apabila harga FK untuk suatu lereng $> 1,0$; yang artinya gaya penahan $>$ gaya penggerak, maka lereng dikategorikan mantap. Tetapi apabila harga $FK < 1,0$ dimana gaya penahan $<$ gaya penggerak, maka lereng berada dalam kondisi tidak mantap dan mungkin akan terjadi longsoran lereng yang bersangkutan. Bila $FK=1,0$ atau besarnya gaya penahan sama dengan besarnya gaya penggerak, maka lereng tersebut berada dalam keadaan setimbang atau dengan kata lain lereng tersebut berada dalam keadaan kritis. Kondisi seperti diatas ($FK = 1,0$) tetap tidak dikehendaki, karena apabila terjadi pengurangan daya penahan atau penambahan gaya penggerak sekecil apapun lereng akan menjadi tidak mantap dan longsoran segera terjadi. Karena itu harga faktor keamanan FK selalu dibuat lebih dari 1,0 (untuk lereng sementara/front penambangan $FK = 1,3$, untuk lereng permanen $FK = 1,5$).

Faktor-faktor pembentuk gaya-gaya penahan terdiri dari jenis batuan dan kekuatan batuan. Jenis batuan : terdiri dari batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf tertentu, yang masih segar dan belum mengalami proses pelapukan umumnya mengalami kemantapan yang baik, terutama kalau batuan tersebut tersebar meluas. Kekuatan batuan : batuan utuh (*intact rock*) yang kompak homogeny dan berbutir halus biasanya relatif kuat dan merupakan batuan yang stabil terhadap longsoran

Faktor pembentuk gaya-gaya penggerak terdiri dari geometri lereng, bobot isi dan kandungan air. Sudut lereng dan tinggi lereng (geometri lereng) : sudut dan tinggi lereng yang besar akan memberikan volume material besar yang akan membuat beban lereng yang lebih besar. Bobot isi : batuan dengan bobot isi yang besar akan memberikan gaya yang lebih besar pada lereng. Kandungan air (u) : keberadaan air dalam tanah atau batuan pembentuk lereng akan memberikan beban pada lereng.

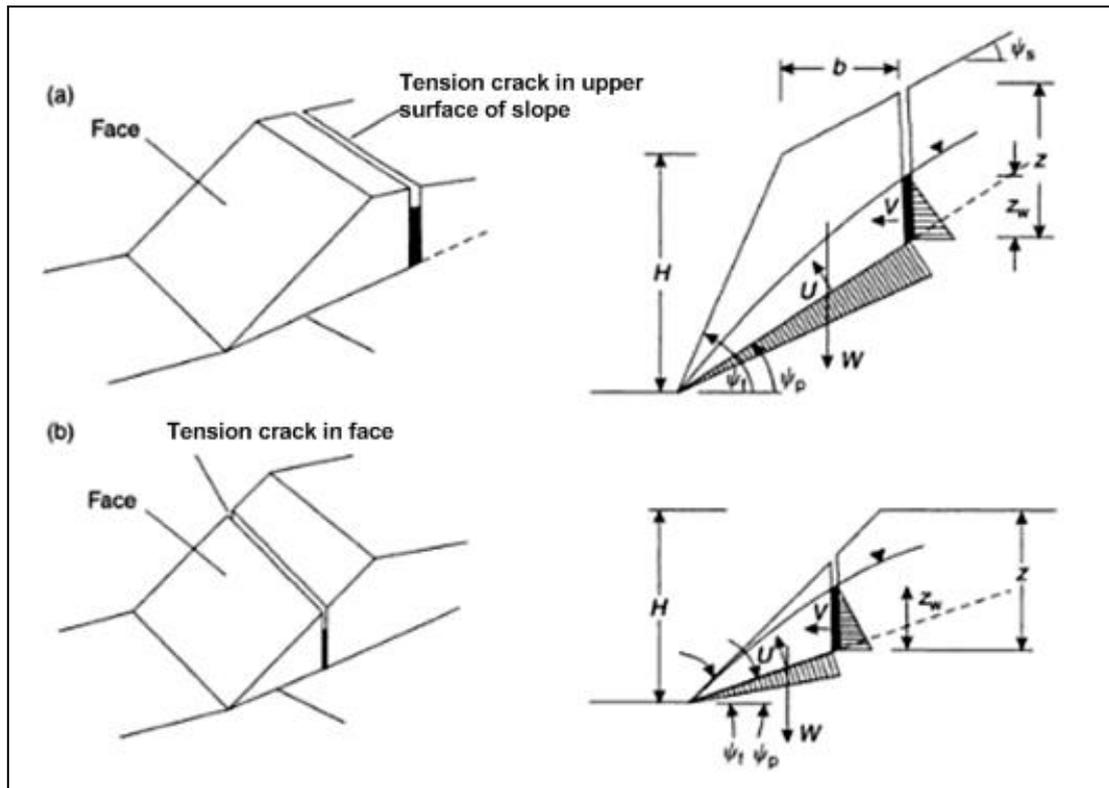
Faktor-faktor yang mengurangi gaya penahan terdiri dari pelapukan, bidang lemah dan air hujan. Proses pelapukan terutama kimia, terjadi dimana-mana, apalagi di daerah trop dimana temperatur udara, kelembaban, dan curah hujan cukup tinggi. Susunan batuan akan selalu dijumpai bidang perlapisan yang mempunyai bidang lemah. Air hujan yang mengalir melalui pori-pori batuan dapat mengangrugi karakteristik kekuatan material.

Faktor-faktor yang mempengaruhi gaya penggerak terdiri dari aktifitas tektonik, getaran, penambahan beban akibat penimbunan dan penambahan air. Aktivitas tektonik terjadinya pengangkatan atau penurunan muka bumi akan mengakibatkan terjadinya perubahan arah dan besar gaya-gaya yang bekerja pada suatu titik tertentu di kulit bumi. Gempa atau sumber getaran yang lain merupakan getaran atau gelombang kejut dapat menghasilkan energi besar, yang apabila mempunyai arah yang sama dengan permukaan bebas suatu lereng dapat menambah beban dan mengakibatkan longsoran. Penambahan beban akibat penimbunan pada timbunan material (tanah/batu atau waste) maupun bangunan di atas suatu lereng akan memperbesar gaya penggerak dan dapat mengakibatkan longsoran pada lereng tersebut. Penambahan air tanah pada pori-pori/celah-celah tanah/batuan jelas akan memperbesar gaya penggerak yang dapat mengakibatkan longsoran.

a. Faktor Keamanan Lereng

Untuk kasus blok yang mendapatkan gaya akibat air dan diperkuat dengan baut batuan, FK dihitung dengan persamaan. Untuk meningkatkan FK:

- 1) Mengurangi V and $U \rightarrow$ penyaliran.
- 2) Meningkatkan $T \rightarrow$ pemasangan baut batuan atau kabel tertarik (*tensioned rock bolt* atau *tensioned cable*).
- 3) Mengubah $W \rightarrow$ harus dievaluasi dengan hati-hati karena pengurangan W akan mengurangi gaya penggerak maupun gaya penahan.



Gambar 51. Analisis Longsor Bidang

Gaya-gaya W , U , V bekerja melalui titik pusat massa dari blok → Tidak ada momen yang cenderung menghasilkan rotasi pada blok → Longsor disebabkan oleh gelinciran saja. Kuat geser permukaan bidang gelincir ditentukan oleh kohesi dan sudut gesek dalam → Kriteria Mohr-Coulomb. Ada bidang bebas → Tidak ada penahan pada batas lateral dari longsor. Maka FK = Faktor keamanannya sebagai berikut:

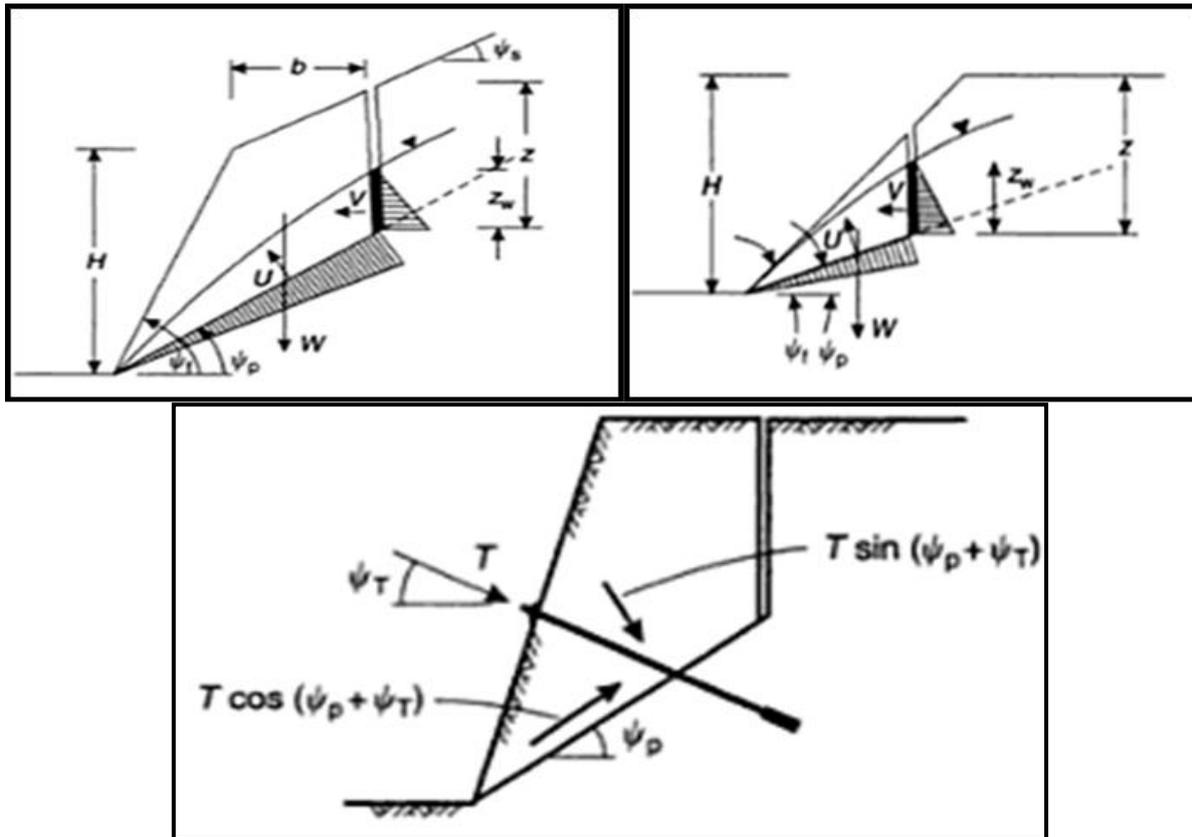
$$FK = \frac{cA + (W \cos \psi_p - U - V \sin \psi_p) \tan \phi}{W \sin \psi_p + V \cos \psi_p}$$

Dimana :

- 1) $A = (H + b \tan y_s - z) \operatorname{cosec} y_p$
- 2) $U = \frac{1}{2} g_w z_w (H + b \tan y_s - z) \operatorname{cosec} y_p$
- 3) $V = \frac{1}{2} g_w z_w^2$
- 4) W bergantung kepada posisi rekahan tarik
- 5) Jika rekahan tarik berada di permukaan lereng sebelah atas:

$$W = g_r [(1 - \cot y_f \tan y_p) (bH + \frac{1}{2} H^2 \cot y_f) + \frac{1}{2} b^2 (\tan y_s - \tan y_p)]$$
- 6) Jika rekahan tarik berada di muka lereng:

$$W = \frac{1}{2} g_r H^2 [(1 - z/H)^2 \cot y_p \times (\cot y_p \tan y_f - 1)]$$



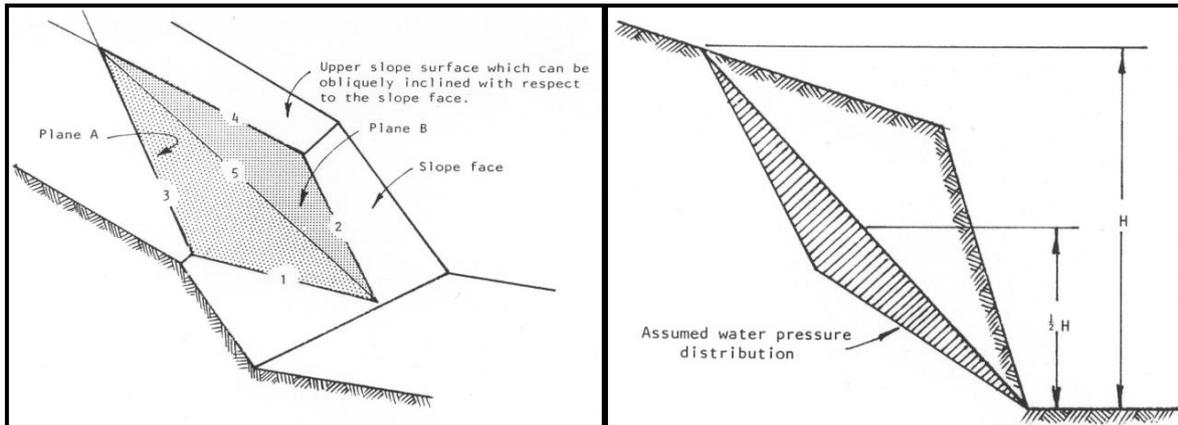
Gambar 52. Perkuatan dengan Baut Batuan Tertarik

Sehingga diperoleh rumus dari Gambar 18:

$$FK = \frac{cA + (W \cos \psi_p - U - V \sin \psi_p + T \sin (\psi_T + \psi_p)) \tan \phi}{W \sin \psi_p + V \cos \psi_p - T \cos (\psi_T + \psi_p)}$$

Perkuatan dengan Baut Batuan Tertarik:

- 1) Karena analisis kemantapan untuk longsoran bidang dilakukan pada sebuah irisan lereng setebal 1 m, nilai T yang dihitung untuk FK tertentu mempunyai satuan kN/m.
- 2) Jika tarikan pada setiap baut adalah T_B , dan baut batuan dipasang dengan pola tertentu sehingga terdapat n baut pada setiap baris vertikal, maka gaya pembautan total pada setiap baris vertikal adalah $(T_B \times n)$.
- 3) Karena gaya pembautan yang diperlukan adalah T, spasi horisontal S antara setiap baris vertikal diberikan oleh persamaan:



Gambar 53. Analisis Longsoran Baji

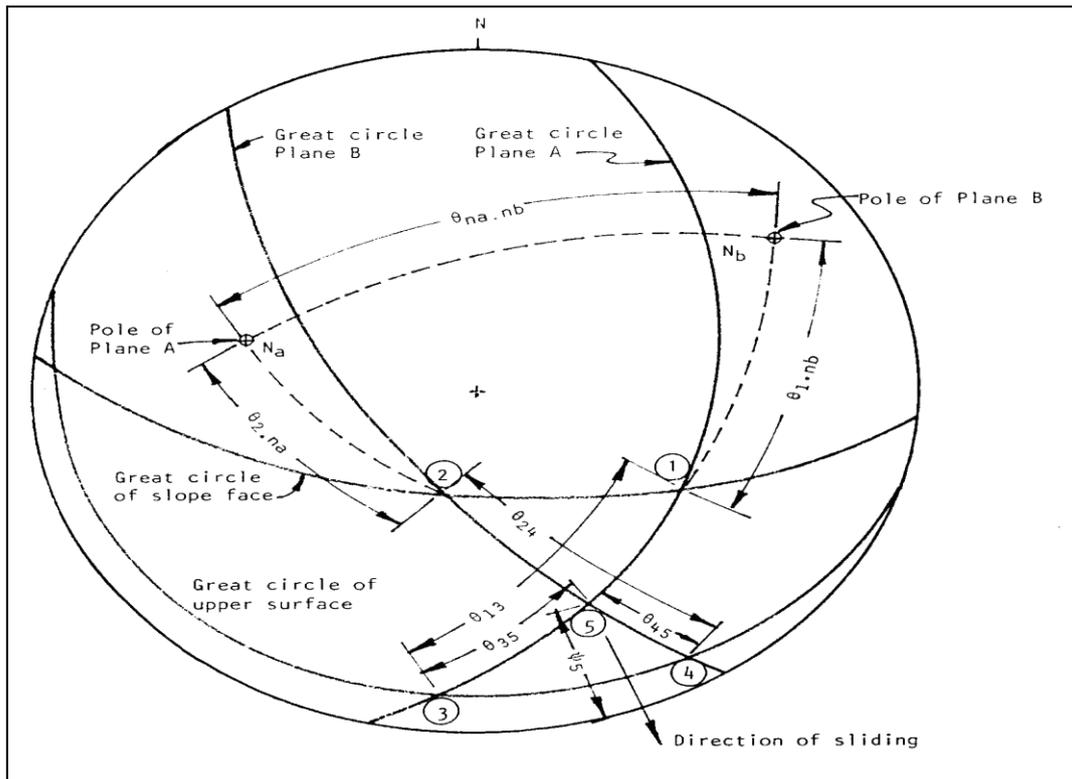
Keterangan **Gambar 53:**

- 1) Baji *impermeable*.
- 2) Air memasuki bagian atas baji melalui garis perpotongan 3 dan 4 serta keluar pada muka lereng melalui garis perpotongan 1 dan 2.
- 3) Tekanan maksimum terjadi sepanjang garis perpotongan 5 dan tekanan sepanjang garis 1, 2, 3, dan 4 adalah nol.

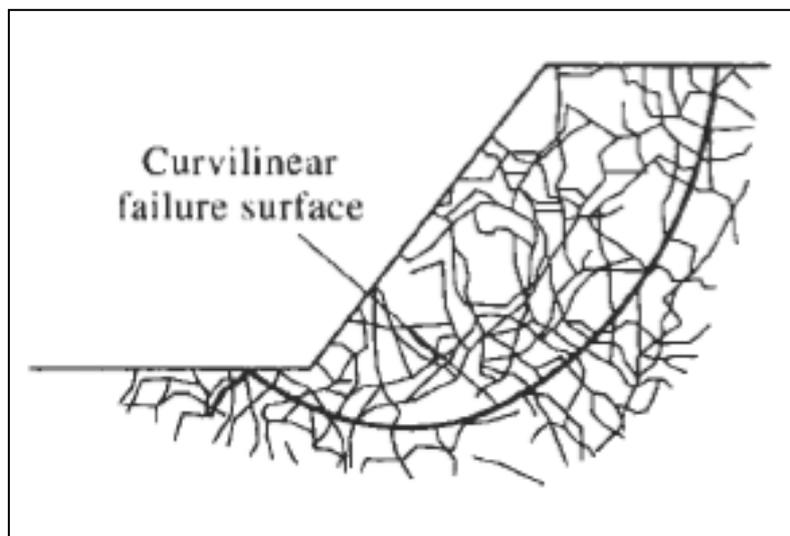
$$FK = \frac{3}{\gamma H} (c_A X + c_B Y) + \left(A - \frac{\gamma_w}{2\gamma} X\right) \tan \phi_A + \left(B - \frac{\gamma_w}{2\gamma} Y\right) \tan \phi_B$$

Dimana:

- 1) $X = \sin \theta_{24} / (\sin \theta_{45} \sin \theta_{2.na})$
- 2) $Y = \sin \theta_{13} / (\sin \theta_{35} \sin \theta_{1.nb})$
- 3) $A = (\cos \psi_a - \cos \psi_b \cos \theta_{na.nb}) / (\sin \psi_5 \sin 2\theta_{na.nb})$
- 4) $B = (\cos \psi_b - \cos \psi_a \cos \theta_{na.nb}) / (\sin \psi_5 \sin 2\theta_{na.nb})$
- 5) ψ_a and ψ_b = kemiringan bidang A dan B
- 6) ψ_5 = kemiringan garis perpotongan 5
- 7) θ_{24} , dll. = sudut-sudut yang diukur pada stereoplot.



Gambar 54. Sudut-Sudut Mekanisme Longsoran



Gambar 55. Analisis Longsoran Sirkulasi

Perhitungan dilakukan pada massa tanah dengan batas sebelah bawah permukaan longsor yang diasumsikan dan batas sebelah atas permukaan lereng. Gaya-gaya dan momen-momen penggerak dibandingkan dengan gaya-gaya dan momen-momen penahan. Perhitungan umumnya dilakukan pada penampang dua dimensi dengan asumsi regangan bidang. Beberapa asumsi lainnya dibuat untuk permukaan longsor sampai ditemukan permukaan longsor yang paling kritis (FK terendah). Dalam hubungannya dengan kuat geser tanah,

FK didefinisikan sebagai rasio antara kuat geser yang tersedia (s) dan kuat geser yang dibutuhkan untuk kesetimbangan (t):

$$FK = \frac{\text{Kuat geser}}{\text{Tegangan geser}} = \frac{s}{\tau}$$

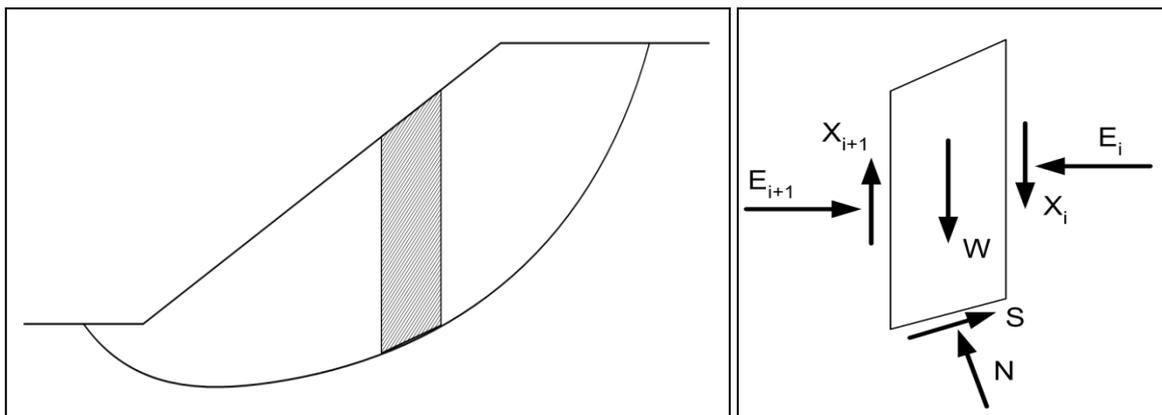
Untuk tegangan total: $FK = \frac{c + \sigma \tan \phi}{\tau}$

Untuk tegangan efektif: $FK = \frac{c + (\sigma - u) \tan \phi}{\tau}$

Dalam banyak metode kesetimbangan batas seperti :

- 1) Ordinary Method of Slices (OMS)
- 2) Simplified Bishop
- 3) Corps of Engineers' Modified Swedish
- 4) Spencer

Kesetimbangan statik dianalisis dengan membagi massa tanah di atas permukaan longsor menjadi sejumlah irisan vertikal.



Gambar 56. Irisan Vertikal.

Gaya-gaya yang bekerja pada setiap irisan:

- 1) W – berat irisan
- 2) E – Gaya-gaya horisontal (normal) pada sisi-sisi irisan
- 3) X – Gaya-gaya vertikal (geser) antar irisan
- 4) N – Gaya normal pada dasar irisan
- 5) S – Gaya geser pada dasar irisan

Kecuali W, semua gaya-gaya ini tidak diketahui dan harus dihitung agar kesetimbangan statik dipenuhi.

Gaya geser S pada dasar irisan merupakan hasil perkalian antara tegangan geser dengan panjang dasar irisan D : $S = tD$ dan untuk tegangan efektif:

$$S = \frac{c\Delta\ell}{FK} + \frac{(\sigma - u)\Delta\ell \tan\phi}{FK}$$

Gaya normal N adalah hasil perkalian antara tegangan normal (σ) dengan panjang dasar irisan $D\ell$: $N = \sigma D\ell$. Hubungan antara S, N, and FK dapat dituliskan sebagai:

$$S = \frac{c\Delta\ell}{FK} + \frac{(N - u\Delta\ell) \tan\phi}{FK}$$

Tabel 10. Jumlah *Unknowns* untuk n Irisan

Unknown	Jumlah Unknowns
Faktor Keamanan (FK)	1
Gaya-gaya normal pada dasar irisan (N)	n
Gaya-gaya normal antara irisan, E	n-1
Gaya-gaya geser antara irisan, X	n-1
Lokasi gaya-gaya normal pada dasar irisan	n
Lokasi gaya-gaya normal antar irisan	n-1
Jumlah Total <i>Unknowns</i>	5n - 1

Tabel 11. Jumlah persamaan untuk n irisan

Persamaan	Jumlah Persamaan
Persamaan kesetimbangan gaya pada arah horisontal $\Sigma F_x = 0$	n
Persamaan kesetimbangan gaya pada arah vertikal $\Sigma F_y = 0$	n
Kesetimbangan momen	n
Jumlah Total Persamaan	3n

Solusi:

- 1) Agar diperoleh solusi deterministik statik, harus terdapat kesetimbangan antara jumlah *unknowns* dengan jumlah persamaan kesetimbangan.
- 2) Jumlah *unknowns* ($5n - 2$) lebih besar dari jumlah persamaan kesetimbangan ($3n$) jika n lebih besar dari satu.
- 3) Oleh karena itu, **beberapa asumsi** harus dibuat untuk mendapatkan solusi deterministik statik.
- 4) Metode-metode kesetimbangan batas menggunakan asumsi yang berbeda untuk mendapatkan jumlah persamaan yang sama dengan jumlah *unknowns*.
- 5) Metode-metode ini juga berbeda dalam persamaan-persamaan kesetimbangan yang harus dipenuhi.

b. Permukaan Longsor Kritis

Permukaan longsor kritis didefinisikan sebagai permukaan longsor dengan FK terendah. Karena masing-masing prosedur analisis menggunakan asumsi tersendiri, lokasi permukaan longsor kritis dapat sedikit berbeda untuk masing-masing metode analisis. Permukaan longsor kritis dapat diperoleh melalui prosedur sistematis pendefinisian permukaan longsor percobaan sampai diperolehnya permukaan longsor dengan FK minimum. Skema pencarian bervariasi, bergantung kepada bentuk permukaan longsor yang diasumsikan dan program komputer yang digunakan.

8 Metode Kesetimbangan Limit

Irwandy Arif (2000), menerangkan bahwa metode ini dapat dinyatakan dengan persamaan-persamaan kesetimbangan dari satu atau beberapa blok yang diasumsikan tidak terdeformasi dan mengurangi gaya-gaya yang tidak diketahui (reaksi dan bagian stabil massa batuan atau gaya-gaya antar blok), khususnya gaya geser yang bekerja pada permukaan longsor yang dipilih sebelumnya.

a. Metode Biasa (Fellenius atau Swedia)

Metode biasa adalah metode yang paling sederhana dari metode irisan karena mempunyai prosedur dimana hasilnya dalam suatu persamaan faktor keamanan linier. Pada umumnya gaya antar irisan dapat diabaikan karena gaya-gaya ini parallel dengan dasar dari tiap irisan (Fellenius, 1936 dalam Irwandy Arif, 2000). Dengan memasukkan kriteria longsor dan gaya normal didapatkan rumus :

$$F = \frac{\sum [c'IR + (P - ul)R \tan \phi]}{\sum W_x - \sum Pf + \sum kWe \pm A_a + L_d}$$

b. Metode Bishop Sederhana

Metode ini mengabaikan gaya geser antar irisan dan kemudian mengasumsikan bahwa suatu gaya normal atau horizontal cukup untuk mendefinisikan gaya-gaya antar irisan (Bishop, 1955 dalam Irwandy Arif, 2000).

$$P = \frac{\left[W - \frac{c' l \sin \alpha}{F} - \frac{ul \tan \phi \sin \alpha}{F} \right]}{m_\alpha}$$

Keterangan : $m_\alpha = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$

c. Metode Spencer

Metode ini juga mengasumsikan bahwa hubungan yang konstan antara besaran dari gaya geser dan gaya normal antara irisan (Spencer, 1967 dalam Irwandy Arif, 2000).

$$F_f = \frac{\sum [c' l \cos \alpha + (P - ul) \tan' \cos \alpha]}{\sum P \sin \alpha + \sum kW \pm A - L \cos \omega}$$

d. Metode Janbu Sederhana

Metode ini menggunakan suatu faktor koreksi f_0 untuk menghitung akibat dari gaya antar irisan. Faktor koreksi ini dihubungkan dengan kohesi, sudut geser dalam dan bahwa dari permukaan longsor (Janbu et.al., 1956 dalam Irwandy Arif, 2000).

$$FK = \frac{[(C' - (p + t - u) \tan \phi) \Delta X] / n_\alpha}{\sum ((p - t) \tan \alpha) \Delta x + Q} = \frac{\sum A}{\sum B + Q}$$

e. Metode Janbu Perbaikan

Metode ini mengasumsikan bahwa titik dimana gaya antar irisan beraksi dapat didefinisikan oleh suatu garis arah (*line thrust*).

$$(E_R - E_l) = [W - (E_R - E_l)] \tan \alpha - S_m / \cos \alpha + kW$$

f. Metode Bishop-Morgenstern

Bishop dan Morgenstern (1960) menyederhanakan metode Bishop dan memasukan rasio tekanan air pori. Didalam dimensi linear, persamaannya adalah :

$$F = \frac{1}{\sum \frac{b}{H} \cdot \frac{u}{H} \sin \alpha} \sum \left(\frac{C'}{H} \cdot \frac{b}{H} + \frac{b}{H} \cdot \frac{h}{H} (1 - r_u) \tan \phi' \right) \times \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi'}{F} \right)$$

Kelemahan metode kesetimbangan batas:

- a. Hubungan tegangan-regangan material diabaikan.
- b. Kebanyakan problem adalah indeterministik statik.
- c. FK diasumsikan konstan sepanjang permukaan longsor (sebuah oversimplifikasi, terutama jika permukaan longsor melalui bermacam-macam material).
- d. Akurasi perhitungan dapat bervariasi.
- e. Hanya memungkinkan kondisi pembebanan sederhana (tidak mengakomodasi tegangan *in situ*).
- f. Hanya memberikan sangat sedikit gambaran mengenai mekanisme kelongsoran lereng (tidak mempertimbangkan evolusi kondisi tegangan atau keruntuhan progresif).

9 Kriteria Faktor Keamanan Lereng

Dalam satu kelompok desain lereng serta struktur telah didasarkan pada 'faktor keamanan' terhadap geser, struktur tersebut meliputi gravitasi dan pengisi bendungan serta lereng batuan dan lereng tanah, semua melibatkan potensi luncuran sepanjang permukaan kegagalan didefinisikan dengan baik (Hoek, 1991). Faktor keamanan didefinisikan sebagai faktor dimana parameter kekuatan geser dapat dikurangi dalam rangka untuk membawa lereng atau fondasi bendungan ke dalam keadaan keseimbangan (Morgenstern, 1991, dalam Hoek, 1991). Faktor keamanan yang digunakan dalam praktek geoteknik konvensional didasarkan pada pengalaman yang logis (Duncan, 2000).

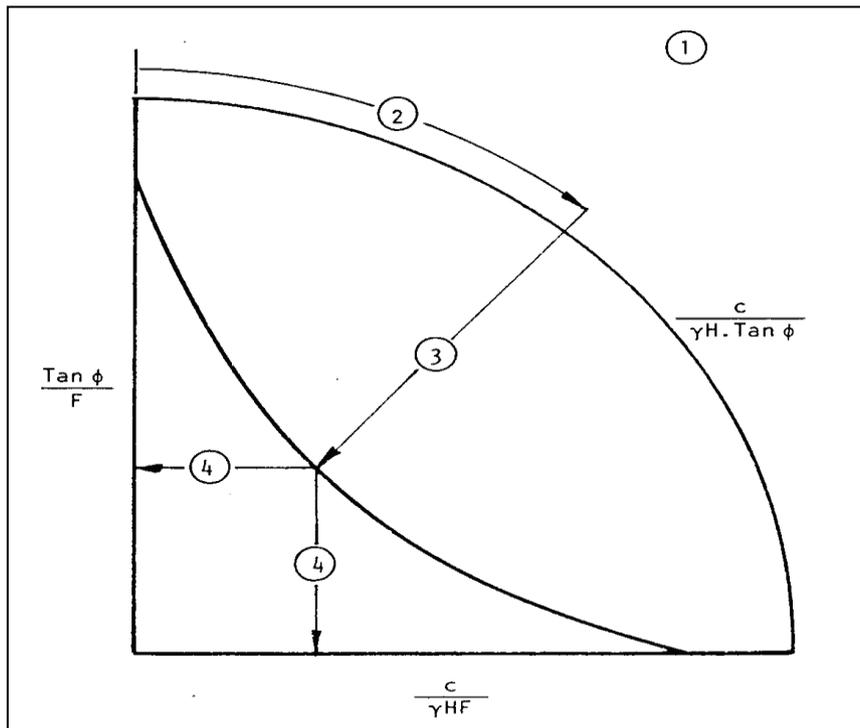
Hoek (1991) mengusulkan faktor keamanan untuk sebuah rancangan berbagai jenis batuan masalah teknik mulai dari nilai faktor keamanan besar dari 1 untuk pembebanan ekstrim, analisis seismik dan grafitasi pada rancangan bendungan, nilai faktor keamanan besar dari 1,5 untuk lereng batu permanen (terurai dalam **Tabel 12**) dan nilai faktor keamanan besar dari 2 untuk *block fall-out* di terowongan.

Tabel 12. Kriteria faktor keamanan Hoek (Hoek, 1991)

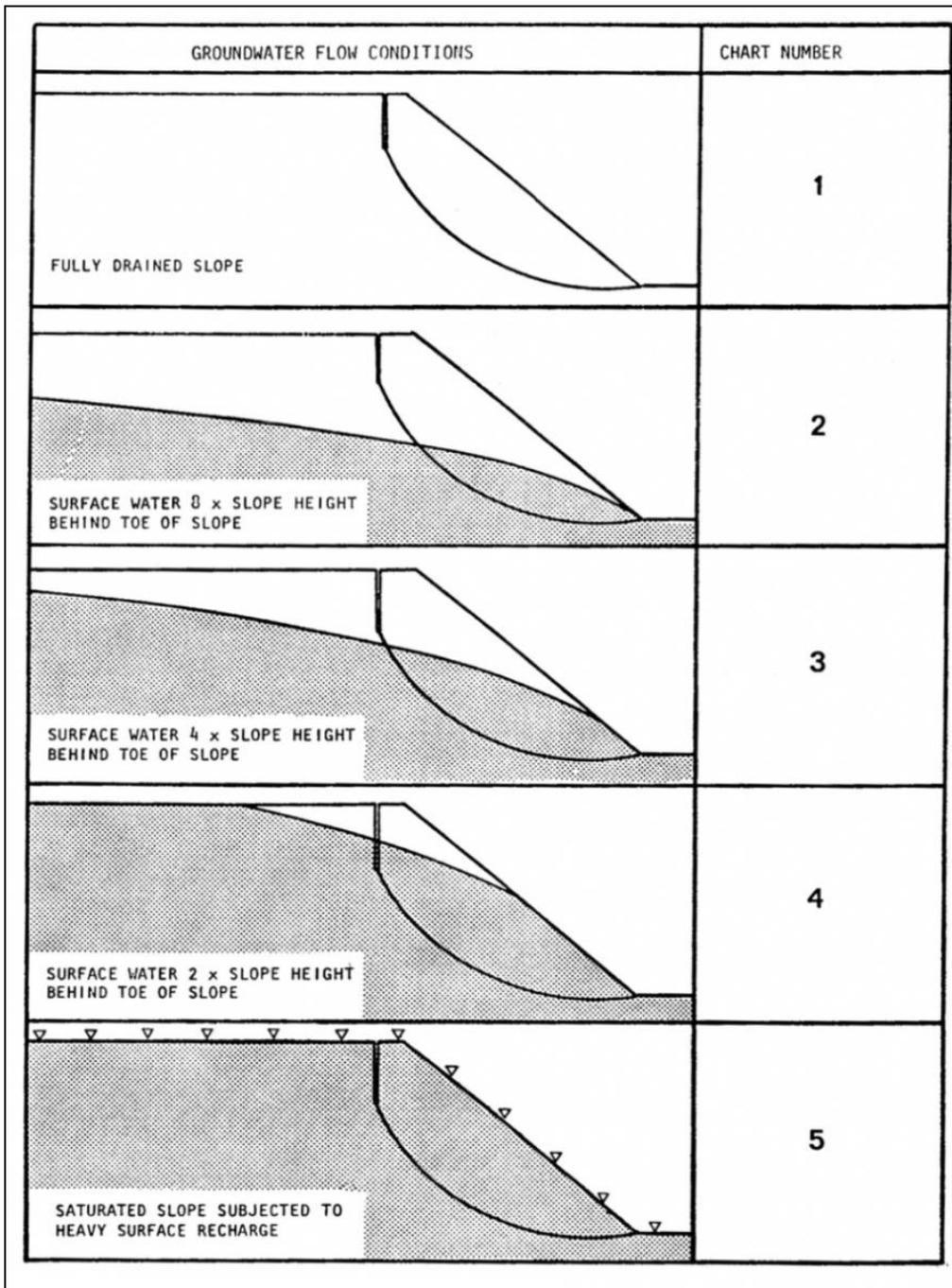
Faktor Keamanan (F)	Kejadian
$F < 1$	Terjadi keruntuhan
$1 \leq F < 1,5$	Kondisi rancangan tidak layak diterapkan dilapangan
$F \geq 1,5$	Kondisi rancangan layak diterapkan dilapangan

Nilai numerik dari faktor keamanan yang dipilih untuk sebuah desain mungkin cocok untuk tahapan yang berbeda dalam desain struktur batuan. Perbedaan ini terutama tergantung pada tingkat kepercayaan yang desainer memiliki dalam nilai-nilai kuat geser untuk dimasukkan dalam analisis.

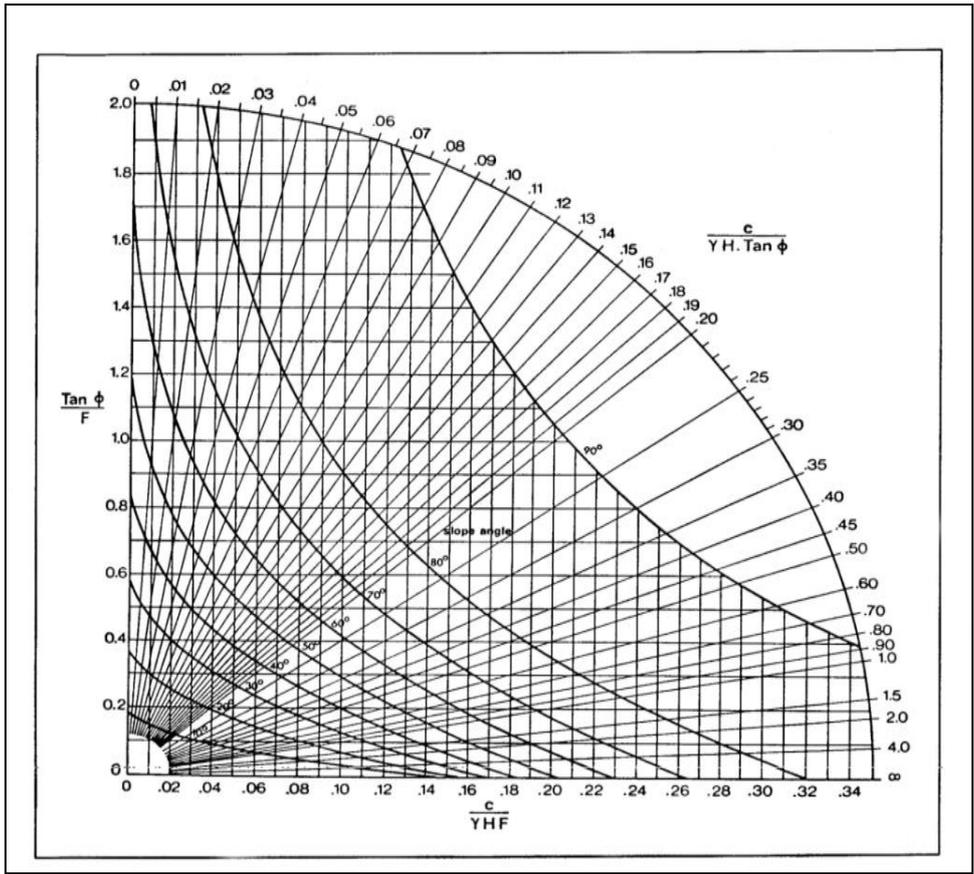
a. Langkah-langkah CHARTS HOEK-BRAY (1981) :



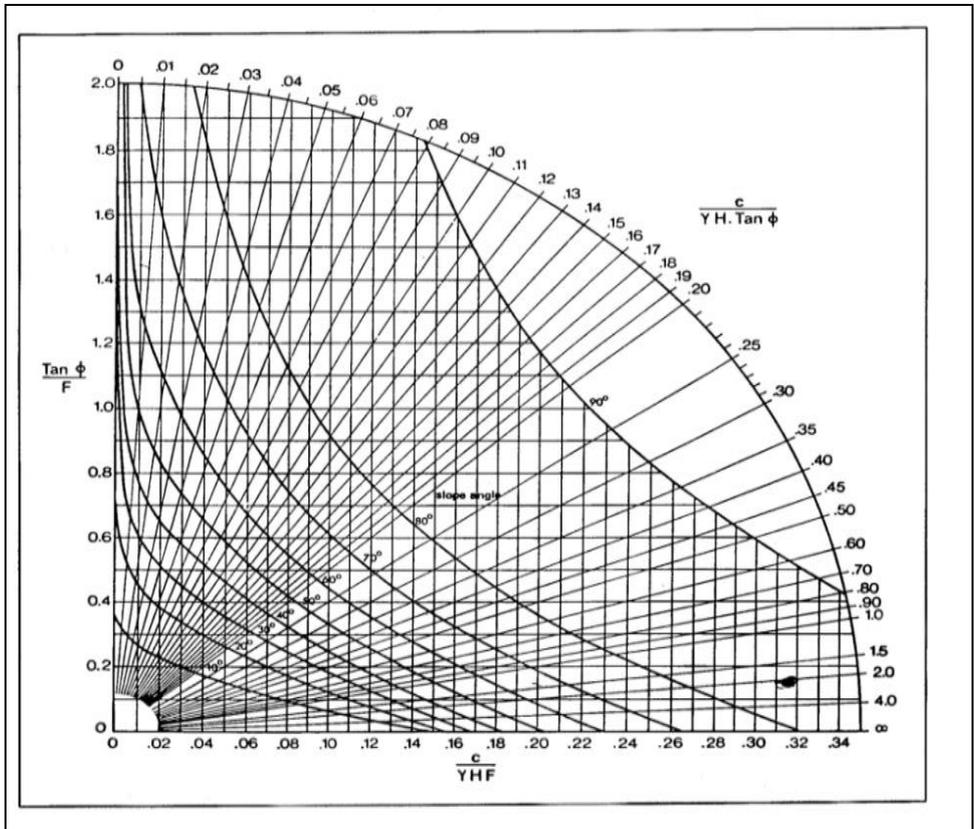
- 1) Tentukan kondisi air tanah yang akan terjadi pada lereng dan pilih *chart* yang paling mendekati kondisi tersebut (lihat **Gambar 30**).
- 2) Hitung nilai rasio tak berdimensi $c/(gH.tanf)$ dan temukan nilai ini pada skala sirkular bagian.
- 3) Ikuti garis radial dari nilai pada langkah 2 sampai perpotongannya dengan kurva kemiringan lereng pada **Gambar 31-35**.
- 4) Temukan harga $tanf/F$ atau c/gHF yang sesuai dan hitung Faktor Keamanan.



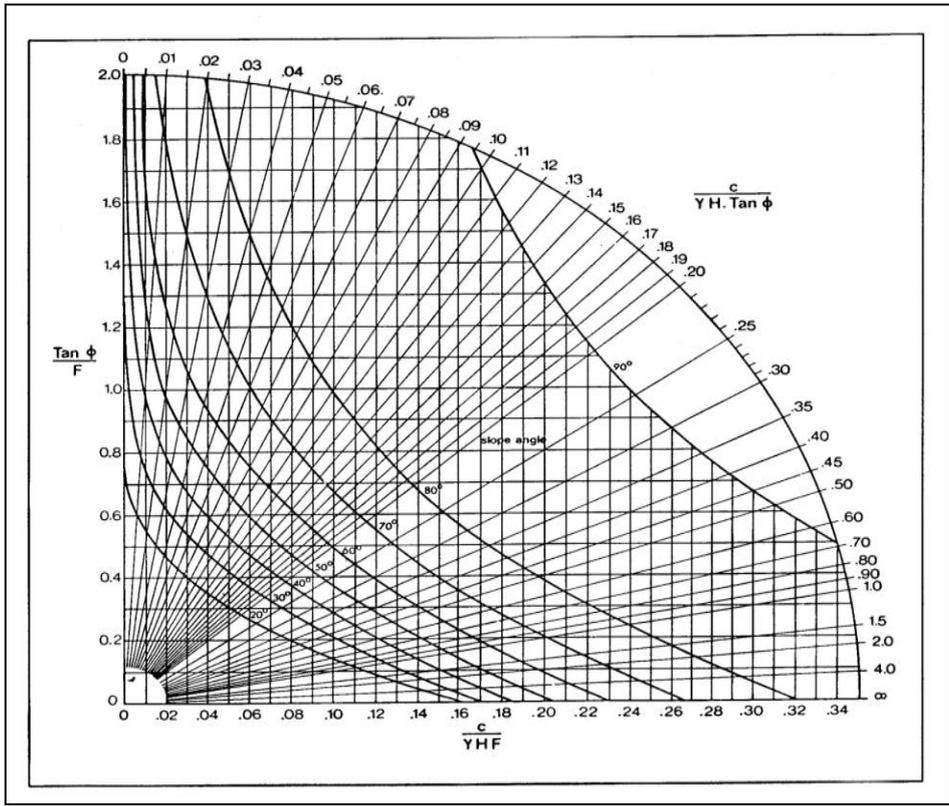
Gambar 57. Chart untuk Kondisi Air Tanah



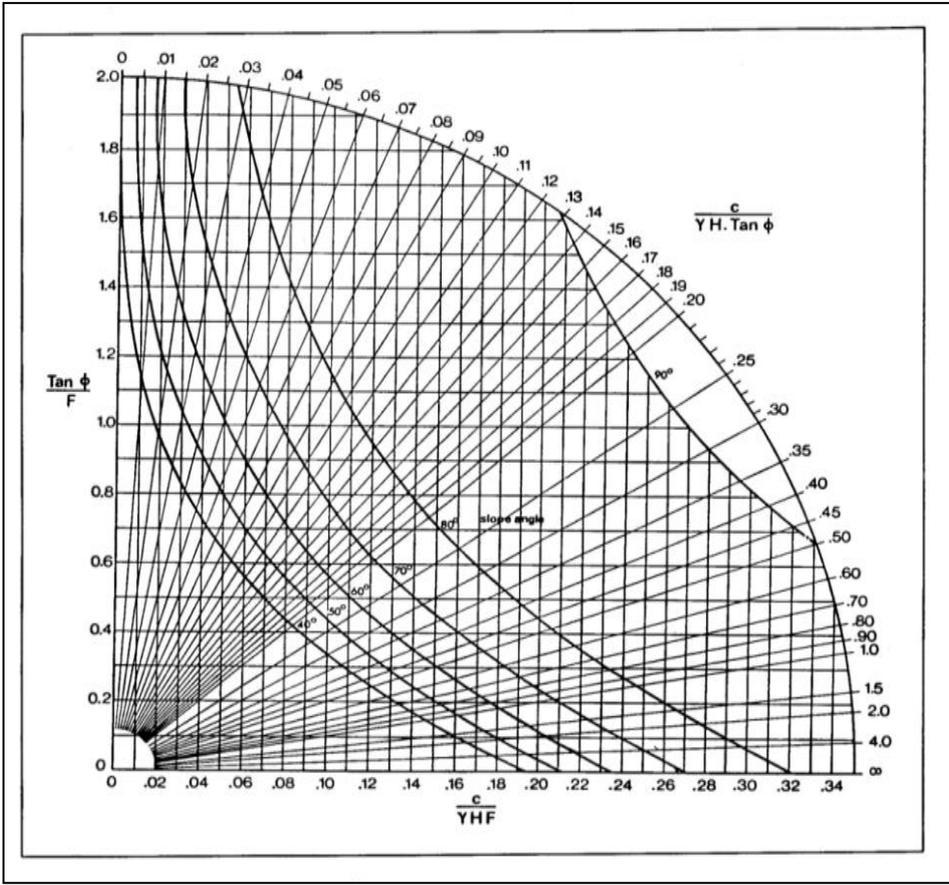
Gambar58. Chart 1



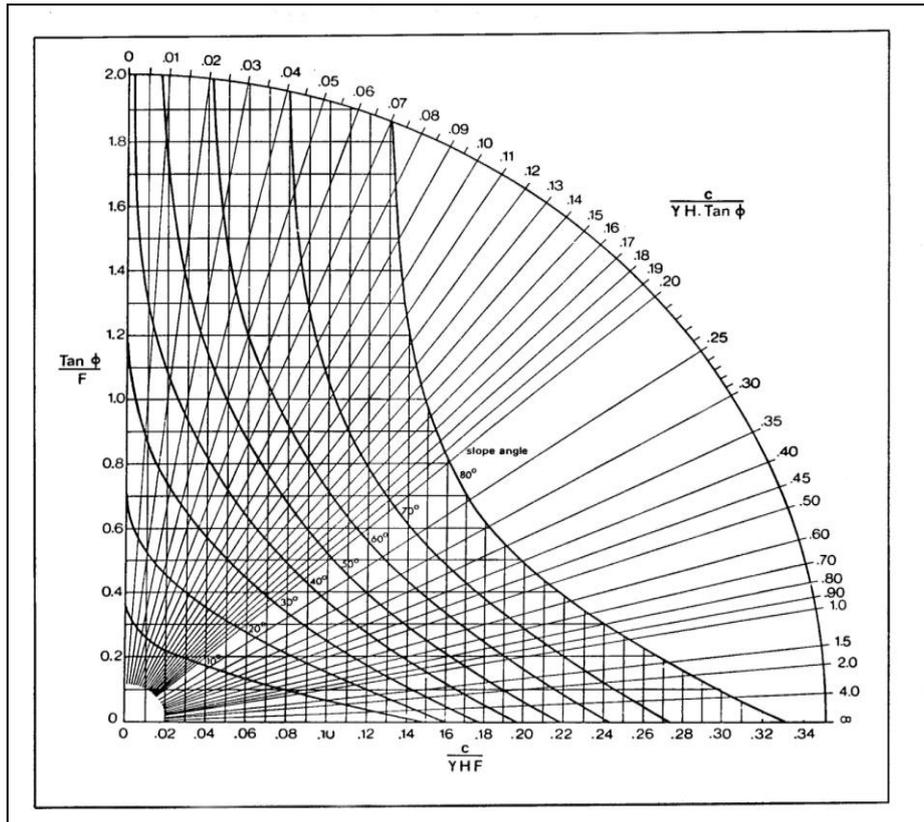
Gambar 59. Chart 2



Gambar 60. Chart 3



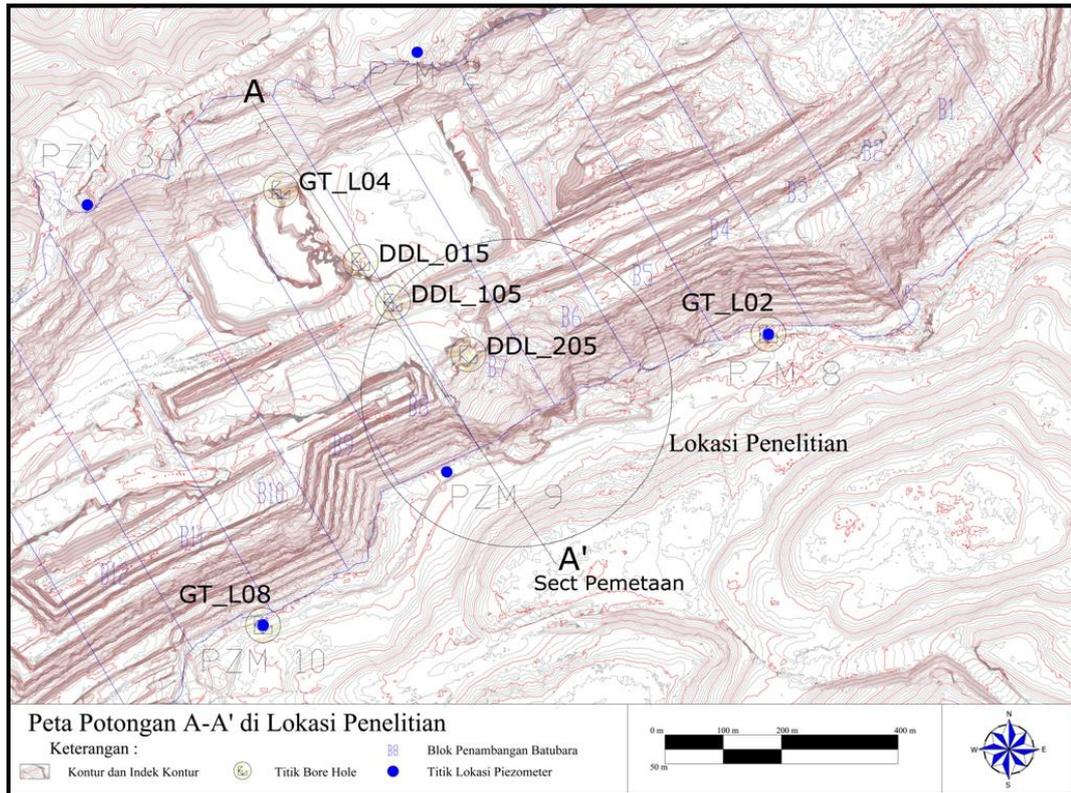
Gambar 61. Chart 4



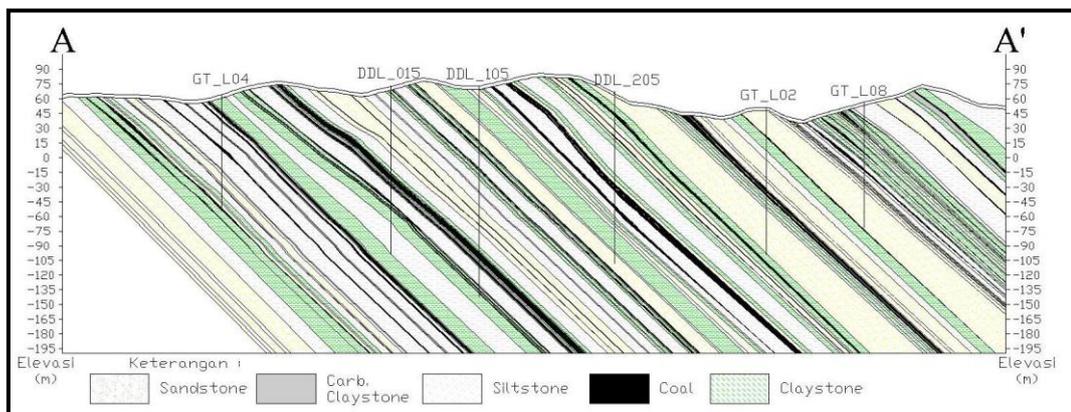
Gambar 62. Chart 5

10 Hasil Pemetaan Bawah Permukaan

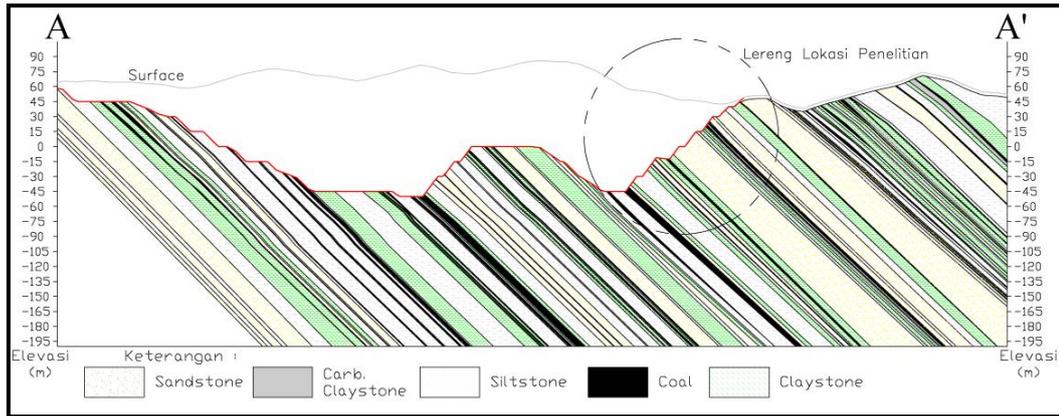
Pemetaan bawah permukaan dibuat untuk mengetahui perlapisan bawah permukaan, untuk ketepatan data maka garis pemotongan diposisikan tepat memotong lokasi lereng batuan, terlihat dalam **Gambar 63**. Garis potong yang mewakili bentuk potongan permukaan di korelasikan dengan *lithology* dari data Geophysical Well Logging (*log. bore*), hasil potongan terpapar dalam **Gambar 64**. Hasil pemetaan bawah permukaan tersebut akan digunakan dalam pembuatan permodelan, dimulai dari bentuk awal permukaan sehingga perubahan dengan bentuk desain lereng. Penampang disain lereng yang digunakan dalam proses pemabangan terlihat dalam proyeksi peta bawah permukaan dalam **Gambar 65**.



Gambar 63. Contoh peta potongan A-A' dilokasi



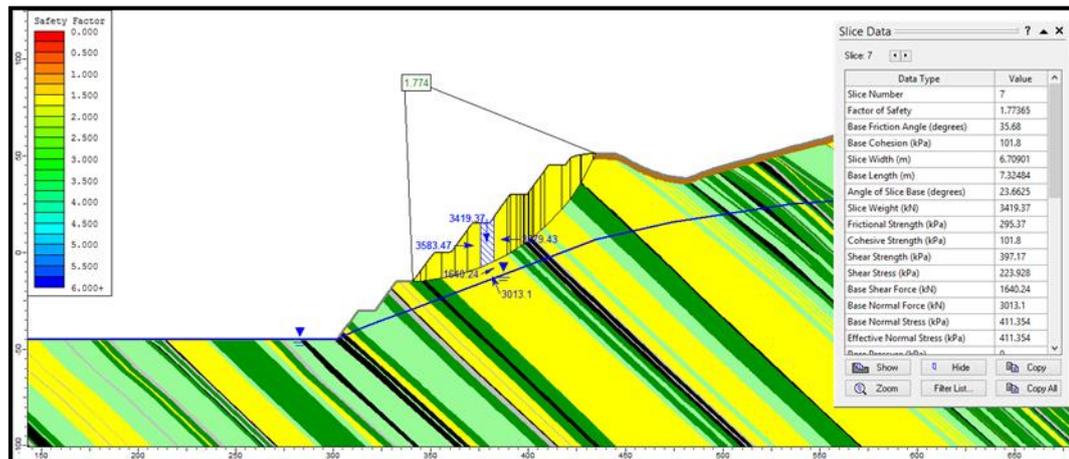
Gambar 64. Penampang bawah permukaan dengan korelasi log bore arah A-A'



Gambar 65. Penampang bawah permukaan desain lereng tambang arah A-A'

11 Permodelan Lereng

Permodelan mensyaratkan bahwa masalah sebenarnya akan ideal atau disederhanakan, agar sesuai hambatan yang diakibatkan oleh faktor model material yang tersedia dan kapasitas komputer. Analisis respon massa batuan melibatkan skala yang berbeda, karena tidak mungkin untuk memasukkan semua fitur dan rincian mekanisme respon massa batuan menjadi satu model (Wyllie dan Mah, 2004). Selain itu, banyak rincian perilaku massa batuan tidak diketahui dan tidak dapat diketahui, sehingga dalam proses analisis sering dilakukan penyederhanaan kondisi model yang akan dianalisis. Berikut contoh hasil permodelan dengan metode kesetimbangan limit (**Gambar 66**).



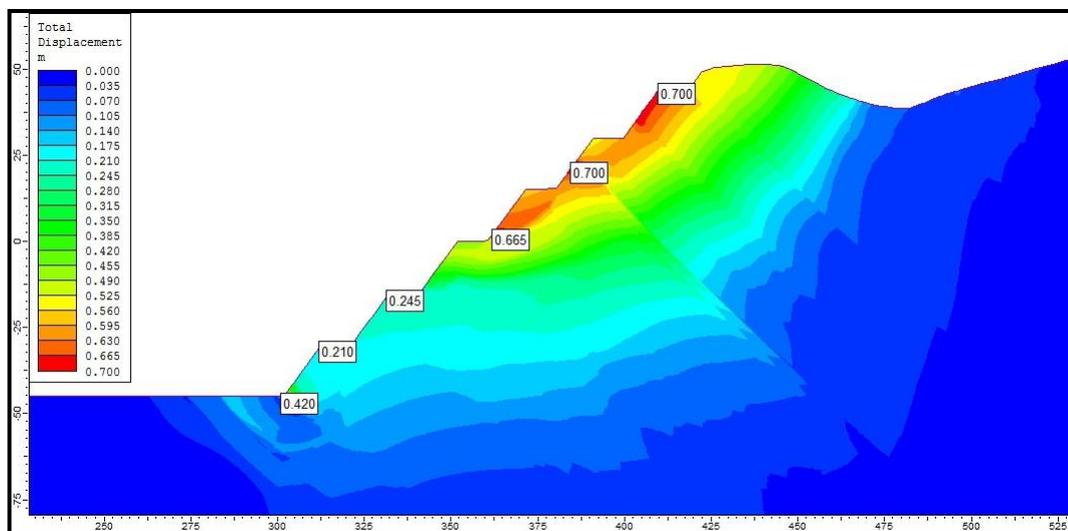
Gambar 66. Contoh Hasil Permodelan dengan Penampang Metode Kesetimbangan Limit

Irwandy Arif (2000) menerangkan bahwa penilaian kemantapan lereng dibuat karena adanya perubahan lingkungan secara natural maupun akibat aktifitas manusia dapat dilakukan dengan metode analitik maupun metode numerik. Metode analitik dengan metode kesetimbangan limit akan menghasilkan

satu jawaban untuk satu set masukan. Metode numerik akan menghasilkan jawaban pendekatan untuk tegangan dan perpindahan pada model, sehingga didapatkan perkiraan perpindahan pada material dalam lereng.

Wyllie dan Mah (2004) mengutarakan bahwa model numerik adalah program komputer yang mewakili respon mekanik dari massa batuan mengalami serangkaian kondisi awal seperti tekanan insitu dan tingkat air, kondisi batas dan perubahan induksi seperti penggalian lereng. Hasil simulasi numerik biasanya adalah keseimbangan baik atau runtuh. Jika hasil keseimbangan diperoleh, tekanan resultan dan perpindahan pada setiap titik dalam massa batuan dapat dibandingkan dengan nilai yang terukur. Jika hasil yang diperoleh runtuh maka kondisi tersebut diprediksi sebagai kegagalan (keruntuhan).

Yahdi Azzuhry (2014) menjelaskan bahwa keterbatasan dalam permodelan dengan metode kesetimbangan limit menjadi alasan mengapa model numerik lebih unggul dikarenakan dapat menggabungkan fitur geologi utama seperti faults atau diskondinitas dan air tanah sehingga memberikan perkiraan yang lebih realistis terhadap perilaku lereng, hasil permodelan dengan numerik dapat dilihat pada **Gambar 67.**



Gambar 67. Contoh Hasil Permodelan dengan Metode Numerik dalam penampilan *Total Displacement* Hasil Model Lereng Sudut Keseluruhan 38°

Nilai numerik dari faktor keamanan yang dipilih untuk sebuah desain mungkin cocok untuk tahapan yang berbeda dalam desain struktur batuan. Perbedaan ini terutama tergantung pada tingkat kepercayaan yang desainer memiliki dalam nilai-nilai kuat geser untuk dimasukkan dalam analisis.

12. Rangkuman

- a. Sifat-sifat fisik dan mekanik tanah atau batuan, seperti sudut geser alam (*angle of internal friction*), gaya kohesi dan bobot isi berperan dalam menentukan kekuatan tanah dan kemantapan lereng.
- b. Faktor keamanan (*safety factor*) merupakan perbandingan antara gaya-gaya yang menahan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah tersebut.
- c. Jenis longsor berdasarkan titik bidang lemahnya, yaitu longsor bidang, longsor baji dan longsor guling.
- d. Faktor keamanan didefinisikan sebagai faktor dimana parameter kekuatan geser dapat dikurangi dalam rangka untuk membawa lereng atau fondasi bendungan ke dalam keadaan keseimbangan.
- e. Faktor-faktor pembentuk gaya-gaya penahan terdiri dari jenis batuan dan kekuatan batuan. Kekuatan batuan utuh (*intact rock*) yang kompak homogen dan berbutir halus biasanya relatif lebih kuat dan stabil terhadap longsor.
- f. Faktor pembentuk gaya-gaya penggerak terdiri dari geometri lereng, bobot isi dan kandungan air.
- g. Kelemahan metode kesetimbangan batas, yaitu hubungan tegangan-regangan material diabaikan, FK diasumsikan konstan sepanjang permukaan longsor dan hanya memberikan sangat sedikit gambaran mengenai mekanisme kelongsoran lereng.
- h. Model numerik prinsip kerjanya yaitu menggabungkan fitur geologi utama seperti faults atau diskondinitas dan air tanah sehingga memberikan perkiraan yang lebih realistis terhadap perilaku lereng.

C. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang ada pada kegiatan pembelajaran mengenai kompetensi profesional ini adalah:

1. Mengamati

Peserta didik diharapkan mengamati pengajar (guru) pada saat proses belajar mengajar untuk materi penentuan potensi longsor berdasarkan hasil rancangan geometri lereng.

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiritentang landasan teori mengenai penentuan potensi longsor berdasarkan hasil rancangan geometri lereng.

3. Mengumpulkan data

Mengumpulkan data yang berhubungan dengan materi penentuan potensi longsor berdasarkan hasil rancangan geometri lereng dan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan materi tersebut.

4. Mengasosiasi/ Mengolah Informasi

Mengategorikan data yang berhubungan dengan materi penentuan potensi longsor berdasarkan hasil rancangan geometri lereng dan mengkaitkan fungsinya ke dalam ilmu geoteknik, untuk selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang paling sederhana sampai pada yang lebih kompleks, sehingga tidak ada materi pembelajaran yang terlewatkan.

5. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang penentuan potensi longsor berdasarkan hasil rancangan geometri lereng dalam proses belajar mengajar secara lisan oleh pengajar ke peserta didik.

D. Umpan Balik

Untuk mendapatkan umpan balik setelah mempelajari modul pembelajaran 7 ini, guru-guru diminta untuk mengisi rubrik umpan balik ini dan memberikan masukan yang konstruktif yang disediakan pada **Tabel 13**.

Tabel 13. Rubrik Umpan Balik Isi Modul

No	Pokok Bahasan	Pertanyaan Umpan Balik	Jawaban Guru dan Tindak Lanjut
1	Uji sifat fisik dan mekanik batuan	Apakah saudara mampu menguraikan prosedur kerja dan hasil dari pengujian untuk keperluan rancangan lereng (C2)	
2	Jenis longsor	Apakah saudara mampu mengategorikan jenis longsor berdasarkan titik bidang lemahnya (C2)	
3	Analisis kestabilan lereng	Bisakah saudara menganalisis kestabilan lereng untuk suatu kasus/ccontoh persoalan lereng tertentu (C4)	
4	Kemantapan lereng	Bisakah saudara menghitung kemantapan lereng dengan metoda-metoda yang tersedia pada pembelajaran di atas (C2)	
5	Pemodelan lereng	Mampukah saudara mendesain suatu lereng dengan software tertentu (P5)	

E. Latihan/Soal/Tugas

- a. Sebutkan 6 parameter yang diperlukan pada penimbangan berat contoh?
- b. Sebutkan parameter kekuatan batuan yang dibutuhkan untuk analisis kestabilan lereng?
- c. Jelaskan mengapa terjadi longsoran guling?
- d. Uraikan 5 kelemahan dari metoda kesetimbangan batas?
- e. Jelaskan secara spesifik apa pengaruh geometri lereng, bobot isi dan kandungan air terhadap suatu lereng?

F. Kunci Jawaban

- a. Parameter yang diperlukan pada penimbangan berat contoh
 - 1) Berat contoh asli (natural) : W_n .
 - 2) Berat contoh jenuh (sesudah dijenuhkan dengan air selama 24 jam): W_w .
 - 3) Berat contoh jenuh di dalam air : W_s .
 - 4) Berat contoh kering (sesudah dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur kurang lebih 90°C) : W_o .
 - 5) Volume contoh tanpa pori-pori : $W_o - W_s$.
 - 6) Volume contoh total : $W_w - W_s$.
- b. Parameter kekuatan batuan yang dibutuhkan untuk analisis kestabilan lereng
 - 1) Kurva intrinsik
 - 2) Kuat geser (τ)
 - 3) Kohesi (C)
 - 4) Tegangan Normal (σ_n)
 - 5) Sudut geser dalam (ϕ)
- c. Terdapat satu set bidang lemah yang miring ke arah lereng pada sudut yang cukup curam untuk membentuk gelinciran antar lapisan dan Jurus bidang lemah berbeda maksimum 20° dengan jurus lereng.
- d. Kelemahan metode kesetimbangan batas:
 - 1) Hubungan tegangan-regangan material diabaikan.
 - 2) Kebanyakan problem adalah indeterministik statik.
 - 3) FK diasumsikan konstan sepanjang permukaan longsor (sebuah oversimplifikasi, terutama jika permukaan longsor melalui bermacam-macam material).
 - 4) Akurasi perhitungan dapat bervariasi.
 - 5) Hanya memungkinkan kondisi pembebanan sederhana (tidak mengakomodasi tegangan *in situ*)

- e. Faktor pembentuk gaya-gaya penggerak terdiri dari geometri lereng, bobot isi dan kandungan air. Berikut pengaruhnya secara spesifik:
- 1) Geometri lereng : sudut dan tinggi lereng yang besar akan memberikan volume material besar yang akan membuat beban lereng yang lebih besar.
 - 2) Bobot isi : batuan dengan bobot isi yang besar akan memberikan gaya yang lebih besar pada lereng.
 - 3) Kandungn air : keberadaan air dalam tanah atau batuan pembentuk lereng akan memberikan beban pada lereng.

IX. PENUTUP

Dengan selesainya penulisan modul Pasca Diklat Uji Kompetensi Gururu (UKG) ini, diharapkan para guru-guru SMK Pertambangan, dapat menambah ilmu pengetahuan dan menggali lebih dalam tentang: (1) Ilmu pedagogik khususnya kaidah-kaidah pengembangan instrument pembelajaran dan mengembangkan kisi-kisis evaluasi proses dan hasil belajar; (2) Ilmu keprofesionalan dibidang pertambangan yang mencakup: Teknik preparasi fosil foraminifera kecil atau mikro foram, penanganan kasus-kasus lingkungan di daerah pertambangan; peralatan untuk proses peladakan; proses peledakan lubang ledak; pengenalan peta geologi dan menganalisis tentang kemantapan lereng daerah pertambangan.

Pada bagian akhir setiap bab dari modul ini juga dilengkapi dengan latihan-latihan, kunci jawaban dan umpan balik sesuai dengan kompetensi yang diharapkan, guna melatih para guru untuk mendalami isi modul.

Akhir kata dari penulis, semoga modul ini bermanfaat untuk mengembangkan keprofesionalan anak bangsa terutama kepada para guru SMK untuk diajarkan kepada siswa-siswa SMK.

A. Evaluasi (Soal Pilihan Ganda)

1. Manakah yang tidak termaksud kedalam penjelasan mengenai PTK?
 - A. Melakukan perbaikan, perubahan ke arah yang lebih baik
 - B. Dipakai sebagai dasar perumusan hipotesis/pertanyaan penelitian
 - C. Langsung terlihat dan dapat dinikmati oleh konsumen serta objek penelitiannya
 - D. Dipakai sebagai dasar memilih dan menentukan aksi atau solusi tindakan
2. Manakah berikut ini yang tidak termaksud aspek dalam memformulasikan masalah?
 - A. Aspek signifikasi
 - B. Aspek substansi
 - C. Aspek formulasi
 - D. Aspek teknis
3. Manakah yang tidak termaksud ke dalam kajian untuk merumuskan hipotesis tindakan?
 - A. Teori pembelajaran dan teori pendidikan
 - B. Hasil-hasil peneltian yang relevan dengan permasalahannya.

- C. Pendapat atau saran dari siswa
 - D. Hasil diskusi dengan rekan peneliti/pakar
4. Untuk menentukan masalah hakiki yang dirasakan terhadap apa yang telah dilaksanakan selama ini, maka peneliti membutuhkan?
- A. Observasi
 - B. Implementasi
 - C. Monitoring
 - D. *Assessment*
5. Wawancara termaksud kedalam tahapan apakah pada langkah-langkah PTK?
- A. Analisis kelaikan solusi untuk pemecahan masalah
 - B. Formulasi dalam bentuk hipotesis tindakan
 - C. Monitoring
 - D. Teknis analisis data
6. Berapakah kisaran ukuran diameter batuan sedimen ditumbuk dengan palu?
- A. 3-6 mm
 - B. 6-8 mm
 - C. 1-5 mm
 - D. 5-7 mm
7. Kedalam larutan apakah batuan sedimen dimasukan untuk menimbulkan reaksi kimia?
- A. HO₂
 - B. N₂O₂
 - C. H₂O₂
 - D. HCl
8. Sampai ketebalan berapakah contoh batuan ditipiskan dengan kaca pengasah pada tahapan foraminifera besar?
- A. 20-40 μm
 - B. 0,4 mm
 - C. 40-60 μm
 - D. 30-50 μm
9. Berapakah ukuran internasional untuk *cover glass* yang digunakan pada preparasi foraminifera?
- A. 33 x 30 mm
 - B. 43 x 30 mm
 - C. 43 x 20 mm

- D. 44 x 30 mm
10. Berapakah ukuran mesh untuk serbuk korondum yang digunakan pada preparasi foraminifera?
- A. 600 mesh
 - B. 500 mesh
 - C. 400 mesh
 - D. 200 mesh
11. Manakah di bawah ini yang tidak termasuk unsur-unsur penyebab kebakaran/
- A. Bahan yang mudah terbakar
 - B. Isolator
 - C. Panas elemen
 - D. Oksigen
12. Terbakarnya pabrik tembakau, termasuk kedalam klasifikasi potensi bahaya tingkat apa?
- A. Kebakaran sedang I
 - B. Kebakaran sedang II
 - C. Kebakaran sedang III
 - D. Kebakaran berat
13. Berapakah Jauh maksimum jalan penyelamatan yang pada umumnya?
- A. 40 m
 - B. 30 m
 - C. 60 m
 - D. 100 m
14. Berapakah berat maksimal dari tabung APAR?
- A. 18 Kg
 - B. 17 Kg
 - C. 14 Kg
 - D. 16 Kg
15. Berapakah daya tampung dari Reservoir?
- A. 32.000 liter
 - B. 30.000 liter
 - C. 40.000 liter
 - D. 28.000 liter

16. Berapakah jumlah minimal bidang bebas yang harus tersedia untuk keberhasilan peledakan secara umum?
- A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
17. Berapakah tinggi jenjang pada tambang dengan sistem quarry biasanya?
- A. 15 – 20 m
 - B. 10 -12 m
 - C. 10 -15 m
 - D. 5 – 10 m
18. Manakah yang tidak termasuk faktor yang membatasi diameter lubang ledak?
- A. Jumlah stemming
 - B. Fragmentasi
 - C. Isian bahan peledak
 - D. Keperluan penggalian batuan
19. Simbol “J” pada geometri peledakan menyatakan apa?
- A. Jenjang
 - B. *Subdrilling*
 - C. *Stemming*
 - D. PF
20. Manakah yang tidak termasuk dari pengaruh fragmentasi yang besar?
- A. Keterbatasan Dozer
 - B. Produksi terganggu
 - C. Keterbatasan Excavator
 - D. Keterbatasan Crusher
21. Pada alat apakah *Semistationary Bed* terdapat?
- A. Humphrey Spiral
 - B. Flotasi
 - C. Elektrostatis Separator
 - D. Jigging
22. Selain *Humphrey spiral*, alat apakah yang dirancang dan dibuat oleh Ira B. Humphrey di Denver USA?
- A. Magnetic Separator
 - B. Hydrocyclone
 - C. Shaking Table

- D. Jigging
23. Manakah dibawah ini yang termasuk ke dalam golongan paramagnetik?
- Ilmenite (FeTiO_3)
 - Feldspar (KAlSi_3O_8)
 - Kuarsa (SiO_2)
 - magnetite (Fe_3O_4)
24. Manakah yang tidak termasuk cara pemberian muatan pada partikel pada alat Elektrostatic Separator ?
- Ion Bombardment
 - Induksi
 - Konduksi
 - Mengontakkan dengan Partikel Lain
25. Apakah fungsi dari *flother* pada alat flotasi?
- Perangkap fisik antara partikel di dalam buih
 - Menurunkan tegangan permukaan air
 - Penambahan selektif terhadap gelembung udara
 - Mengubah sifat permukaan mineral sulfida
26. Manakah yang termasuk faktor yang terpenting dari pemeliharaan lahan?
- Topografi
 - Airtanah
 - Iklim
 - Fauna
27. Disebut apakah tanaman penutup yang cepat merambat?
- Cover crop*
 - Fast growing*
 - Tanaman inti
 - Tanaman sisipan
28. Manakah yang tidak termasuk pada tahapan persiapan lahan?
- Pengamanan lahan bekas tambang,
 - Pengaturan bentuk tambang ("*landscaping*")
 - Pengaturan/penempatan bahan tambang kadar rendah ("*low Grade*")
 - Pembuatan pola tanam
29. Manakah yang tidak termasuk faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya erosi oleh air ?
- Curah hujan
 - Lebar jenjang
 - Kemiringan lereng (topografi)

- D. Tata guna tanah
30. Berapa meterkah ketinggian timbunan tanah pucuk pada *top soil stock*?
- A. 1 m
 - B. 2 m
 - C. 2,5 m
 - D. 1,5 m
31. Jurus bidang lemah berbeda maksimum 20° dengan jurus lereng, ciri ciri longsoran apakah ini?
- A. Longsoran busur
 - B. Longsoran guling
 - C. Longsoran bidang
 - D. Longsoran baji
32. Manakah yang tidak termasuk ke dalam Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan geser dari massa batuan?
- A. Pelapukan (*weathering*)
 - B. *Compressive strength* (kuat tekan)
 - C. *Friction angle* (sudut gesekan)
 - D. Jarak atau spasi dari diskontinuitas
33. Manakah yang tidak termasuk Faktor pembentuk gaya-gaya penggerak?
- A. Geometri lereng
 - B. Bobot isi
 - C. Kandungan air
 - D. *Intact Rock*
34. Berapakah Kriteria faktor keamanan Hoek untuk Kondisi rancangan layak diterapkan dilapangan?
- A. $F \geq 1,4$
 - B. $F \geq 1,3$
 - C. $F \geq 1,5$
 - D. $F \geq 1,2$
35. Apakah metoda yang dapat menggabungkan fitur geologi utama seperti faults atau diskondinitas dan air tanah.
- A. Metoda kesetimbangan batas
 - B. Metoda bishop
 - C. Metoda model numerik
 - D. Meroda Hoek and Bray

Kunci Jawaban

1. B
2. A
3. C
4. D
5. C
6. A
7. C
8. D
9. B
10. A
11. B
12. C
13. A
14. D
15. B
16. B
17. C
18. A
19. B
20. A
21. D
22. B
23. A
24. C
25. B
26. C
27. A
28. D
29. B
30. B
31. B
32. A
33. D
34. C
35. C

B. Glosarium

Powder factor: adalah suatu bilangan untuk menyatakan jumlah material yang akan diledakkan atau dibongkaroleh sejumlah tertentu jumlah bahan peledak. Nilai *powder factor* dapat dinyatakan dalam satuan ton/kg atau kg/ton. *Powder factor* harus diperhitungkan agar dapat diketahui tingkat efektif suatu pekerjaan peledakan serta efisiensi penggunaan bahan peledak.

Hydrocyclone: merupakan gabungan dari dua kata yaitu *hydro* dan *cyclone*. *Hydro* dapat diartikan air ataupun cairan. Sedangkan *cyclone* dapat diartikan sebagai pusaran. Sehingga *hydrocyclone* diartikan sebagai suatu alat yang dapat memisahkan material ataupun partikel dari suatu komposisi campuran baik berbentuk padatan dengan cairan ataupun cairan dengan cairan.

Magnetik Separator: adalah alat yang digunakan untuk memisahkan material kering maupun basah dengan menggunakan prinsip gaya magnet dan gaya gravitasi. Berdasarkan sifat gaya magnetnya, dalam keadaan dry material, diusahakan ukuran materialnya tidak terlalu halus, hal ini dikarenakan jika material terlalu halus akan menghambat proses kerja dan mengganggu kesehatan akibat banyaknya debu yang ada. logam dapat dibagi menjadi tiga jenis. Pertama, feromagnetik yaitu logam/material yang ditarik dengan kuat oleh magnet. Kedua, paramagnetik yaitu logam/material yang ditarik lemah oleh magnet. Yang terakhir, diamagnetik yaitu logam/material yang tidak ditarik sama sekali oleh magnet. Faktor-faktor yang mempengaruhi *magnetic separator* bekerja adalah sifat magnet, derajat liberasi serta laju alir.

Reklamasi: Sesuai dengan definisinya, tujuan utama reklamasi adalah menjadikan kawasan berair yang rusak atau tak berguna menjadi lebih baik dan bermanfaat. Kawasan baru tersebut, biasanya dimanfaatkan untuk kawasan pemukiman, perindustrian, bisnis dan pertokoan, pertanian, serta objek wisata. Menurut pengertiannya secara bahasa, reklamasi berasal dari kosa kata dalam bahasa Inggris, *to reclaim* yang artinya memperbaiki sesuatu yang rusak. Secara spesifik dalam kamus Bahasa Inggris-Indonesia terbitan PT. Gramedia disebutkan arti *reclaim* sebagai menjadikan tanah (*from the sea*). Masih dalam kamus yang sama, arti kata *reclamation* diterjemahkan sebagai pekerjaan memperoleh tanah. Para ahli belum banyak yang mendefinisikan atau memberikan pengertian mengenai reklamasi pantai. Kegiatan reklamasi pantai merupakan upaya teknologi yang dilakukan manusia untuk merubah suatu lingkungan alam menjadi lingkungan buatan, suatu tipologi ekosistem estuaria, mangrove dan terumbu karang menjadi suatu bentang alam daratan.

Revegetasi: adalah pemanfaatan lahan terganggu akibat usaha kegiatan yang dilakukan secara koseptual, teknikal dan terpadu baik menggunakan teknologi atau tidak yang menyebabkan kerusakan lahan dari vegetasi hidup yang dahulunya bervegetasi menjadi tidak bervegetasi.

Disposal:Tempat pembuangan/penumpukan material yang sudah tidak terpakai. Contoh: Over Burden, Sub Soil, Dll. Biasanya disposal digunakan sebagai tempat/lokasi yang dirancang/direncanakan untuk menampung material buangan overburden dari tambang.

C. Daftar Pustaka

- Bennet N.B. Silalahi, Dr., MA, Rumondang B. Silalahi, MPH. *"Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja"*. Jakarta: Penerbit PT Pustaka Binaman Pressindo, 1995.
- Bateman, A.M., & Jensen, M. L., 1981. *Economic Mineral Deposit*, New York : John Willey & Sons
- Berns, R.G., & Erickson, P. M. (2001). Contextual teaching and learning: preparing students for the new economy (Versi elektronik). *The Highlight Zone*, 5
- Direktorat Jendral Pertambangan Umum, Pusat pengembangan Teknologi Mineral, "Kumpulan Diktat Kursus Keselamatan Kerja", Bandung, 1977.
- Kemmis, S. And McTaggart, r., 1998. *The Action Research Planner*. Deakin University.
- Kursus Juru Ledak (KJL), 2004, *Perlengkapan Peledakan*, Modul 2, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral R.I, Badan Pendidikan dan Pelatihan Energi dan Sumberdaya Mineral, Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
- Miles. M.B & Huberman. A.M., 1984. *Qualitative Data Analysis. A Source book of New Methods*. Beverly Hills: Sage Pub.
- Noor, D, 2012, *Pengantar Geologi*, BAB 9, Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan. Bogor.
- Raka J.T., Kardiawarman dan Tisno, H., 1998. *Konsep Dasar Penelitian Tindakan Kelas*. Jakarta: Proyek Pengembangan Guru Sekolah Menengah Depdikbud.
- Satsangee, N., Saxena, V., & Paul, S. (2010). Developing a teaching model based on wisdom on approach for developing environmental values through teaching of english (Versi elektronik). *English for Specific Purposes World*, 9.1-7

Siddiqi, M. H. (2012). Information technology : a model approach (Versi elektronik). *Indian Journal of Research*, 1, 31-33.

Sudarsono, Fx., 2005. *Aplikasi Penelitian Tindakan Kelas*. Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.

Sumakmur, P. K. MSc, "Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan", PT. Gunung Agung, Jakarta. 1981.

Sumakmur.(1995). *Petunjuk Keselamatan Kerja Di Industri*. Jakarta: Rineka cipta