

Bentuk Kontrak dan Analisa Risiko Kontrak dalam Pekerjaan Penggalian Terowongan Jalan





Bentuk Kontrak dan Analisa Risiko Kontrak dalam Pekerjaan Penggalan Terowongan Jalan

Susy K. Ariestianty, S.T., MSc, Ellyyanti, BbuildCE., Fahmi Aldiamar, S.T., M.T.
Reviewer: Ir. Yayan Suryana., MSc

Bentuk Kontrak dan Analisa Risiko Kontrak dalam Pekerjaan Penggalan Terowongan Jalan

Cetakan ke-1, 2012, (vi + 98 halaman)

No. ISBN : 978-602-8256-55-1

©Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

Penulis:

Susy K. Ariestianty, S.T., MSc, Ellyyanti, BbuildCE., Fahmi Aldiamar, S.T., M.T.

Reviewer:

Ir. Yayan Suryana., MSc

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN Tahun 2011, pada Paket Kerja Kajian Dokumen Lelang Pembangunan Terowongan dan Jalan Bawah Tanah.

Pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini tidak menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum, unsur pimpinan, maupun instruksi pemerintah lainnya.

Kementerian Pekerjaan Umum tidak menjamin akurasi data yang disampaikan dalam publikasi ini, dan tanggung jawab atas data dan informasi sepenuhnya dipegang oleh penulis.

Kementerian Pekerjaan Umum mendorong percetakan dan memperbanyak informasi secara eksklusif untuk perorangan dan pemanfaatan nonkomersil dengan pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum. Pengguna dibatasi dalam menjual kembali, mendistribusikan atau pekerjaan kreatif turunan untuk tujuan komersil tanpa izin tertulis dari Kementerian Pekerjaan Umum.

Pemesanan melalui:

Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan
info@pusjatan.pu.go.id

Kata Pengantar

Buku ini menjelaskan hasil kajian mengenai jenis Kontrak Konstruksi berdasarkan Undang-Undang yang berlaku di Indonesia dan juga dari sisi standard Internasional yang umum digunakan di Indonesia yaitu FIDIC serta keterkaitannya dengan peran para pihak yang terlibat didalam satu proyek konstruksi khususnya terowongan dan jalan bawah tanah. Hal lain yang dibahas adalah pasal-pasal yang umumnya berisiko pada saat pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi yang dapat menimbulkan perselisihan yang berdampak kepada waktu dan biaya.

Selain itu, buku ini juga memaparkan mengenai metode penggalian dengan pengeboran dan peledakan (*drill and blast*); pahat (*breaker*), *roadheader* dan metode NATM. Dan juga penggalian terowongan dengan mesin bor terowongan yang terdiri dari metode TBM dan perisai, mesin lumpur dan EPB (*Earth Pressure Balance*).

Bandung, Desember 2011

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	III
1 TRANSPORTASI BAWAH TANAH DI INDONESIA	7
2 ISU-ISU PERMASALAHAN DALAM PEMBANGUNAN TEROWONGAN JALAN.....	9
3 BENTUK KONTRAK DAN ANALISA RISIKO KONTRAK PEKERJAAN TEROWONGAN JALAN	12
3.1 Dasar Hukum Kontrak	12
3.1.1 Asas Hukum Kontrak.....	12
3.1.2 Pengadaan Jasa Konstruksi.....	13
3.2 Analisa Klausul Dokumen Kontrak	15
3.3 Analisa Risiko Bentuk Kontrak untuk Pembangunan Terowongan Jalan.....	21
3.3.1 Bentuk dan Jenis Kontrak	21
3.3.2 Analisa Risiko Bentuk Kontrak	28
3.4 Pembebasan Lahan untuk Pembangunan Terowongan Jalan	47
4 PEKERJAAN PENGGALIAN TEROWONGAN.....	51
4.1 Metode Penggalian Terowongan pada Media Batuan	54
4.1.1 Klasifikasi Massa Batuan	54
4.1.2 Palu Pneumatik dan Hidrolik	67
4.1.3 Ekskavator.....	68
4.1.4 <i>Roadheader</i> (Mesin Bor Terowongan Parsial).....	69
4.1.5 Pengeboran dan Peledakan (<i>drill and blast</i>)	71
4.1.6 Mesin Bor Terowongan (<i>Tunnel Boring Machine/TBM</i>)	78
4.1.7 Sequential Excavation Method (SEM)/ <i>New Austrian Tunneling Method</i> (NATM)	84
4.2 Metode Penggalian Terowongan pada Media Tanah.....	87
4.2.1 Klasifikasi Sifat-sifat Tanah untuk Pekerjaan Terowongan.....	87
4.2.2 TBM dengan <i>Earth Pressure Balance</i> (EPB) dan Mesin Lumpur (<i>Slurry Machine</i>)	89
4.2.3 Pemilihan Jenis Mesin Bor Terowongan untuk Media Tanah (EPB dan Mesin Lumpur)	91
5 PENUTUP.....	95
DAFTAR PUSTAKA	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3-1. Contoh Klausul Hierarki Dokumen.....	19
Gambar 3-2 Jenis-jenis Kontrak	21
Gambar 3-3 Pembagian Risiko dan Jenis Kontrak (Kuesel, 1979; Barton et al., 1992)	32
Gambar 4-1 Proses Pemilihan Awal Tipe Terowongan (FHWA, 2009).....	51
Gambar 4-2 Metode Penggalian Terowongan (FHWA, 2009).....	53
Gambar 4-3 Bentuk dan Metode Konstruksi Terowongan (FHWA, 2009)	53
Gambar 4-4 Perkiraan Kategori Penyangga berdasarkan Nilai Q (Grimstad.....	58
Gambar 4-5 Hubungan antara PR, AR dan Q_{TBM} (Barton, 1999)	59
Gambar 4-6 Kategori dan Penilaian dari RMR (Bieniewski, 1989).....	61
Gambar 4-7 Hubungan antara Waktu Penyanggaan Sendiri Batuan (<i>stand-up time</i>) dan Rentang Atap berdasarkan Nilai RMR (Bieniawski, 1989)	63
Gambar 4-8 Batas Kelas Massa Batuan untuk Penggunaan TBM (Bieniawski 1989, modifikasi dari Lauffer 1988)	63
Gambar 4-9 Pahat Hidrolik untuk Penggalian Terowongan	68
Gambar 4-10 Ekskavator untuk Penggalian Terowongan	69
Gambar 4-11 <i>Roadheader</i>	70
Gambar 4-12 Ilustrasi Penggalian dengan Metode Pengeboran dan Peledakan (Lunardi, 2008)	72
Gambar 4-13 Kendaraan Bor dengan Dua dan Empat Lengan Hidrolik	73
Gambar 4-14 Jumlah Lubang Bor dan Bahan Peledak sebagai Fungsi dari Luas Penampang dan Panjang Kemajuan (Muller, 1978).....	74
Gambar 4-15 Pola Lubang Peledakan Paralel (Chapman et al., 2010)	76
Gambar 4-16 Pola Lubang Peledakan Menyudut (<i>Angular</i>) (Chapman et al., 2010).....	76
Gambar 4-17 Klasifikasi Mesin Gali Terowongan (FHWA, 2009).....	78
Gambar 4-18 Prinsip Kerja TBM dengan <i>Gripper</i> (diambil dari Arker Wirt).....	81
Gambar 4-19 TBM dengan <i>Gripper</i>	81
Gambar 4-20 TBM Perisai Tunggal (Robbins).....	83
Gambar 4-21 TBM Perisai Ganda (Robbins).....	84
Gambar 4-22 Skema <i>Earth Pressure Balance</i> (EPB)	90
Gambar 4-23 Skema Mesin Lumpur (<i>Slurry Machine</i>)	90
Gambar 4-24 Grafik Hubungan Kurva Distribusi Ukuran Butir Tanah dengan Pemilihan Penggunaan Mesin EPB atau Mesin Lumpur (BTS/ICE 2005)	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Perbandingan Proyek Pembangunan Jalan di Bawah Tanah dan di Permukaan (Chapman et al, 2010).....	9
Tabel 4-1 Klasifikasi Massa Batuan dari Terzaghi (1946)	54

Tabel 4-2 Nilai RQD dan Deskripsi Kualitas Batuannya	56
Tabel 4-3 Rasio Penyangga Penggalian yang Disarankan (ESR)	57
Tabel 4-4 Panduan untuk Penggalian dan Penyanggaan Terowongan pada Media Batuan berdasarkan Sistem RMR (Bieniawski, 1989)	62
Tabel 4-5 Klasifikasi Massa Batuan NATM.....	64
Tabel 4-6 Klasifikasi Batuan dari Jepang (JSCE, 2002).....	66
Tabel 4-7 Kinerja Palu Hidrolik (Kolymbas, 2008)	68
Tabel 4-8 Klasifikasi Sifat-sifat Tanah untuk Pekerjaan Terowongan (Terzaghi, (1950) modifikasi Heuer (1974))	87
Tabel 4-9 Sifat-sifat Tanah Pasir dan Kerikil untuk Pekerjaan Terowongan (Terzaghi, 1977).....	88
Tabel 4-10 Sifat-sifat Tanah Lempungan dan Pasir Lanauan untuk Pekerjaan Terowongan (Bickel et al., 1996)	89

1 Transportasi Bawah Tanah di Indonesia

Pada era modern ini, pembangunan terowongan sebagai jalur transportasi bawah tanah telah banyak dilakukan sebagai bagian dari pengembangan jaringan jalan dan sebagai salah satu solusi alternatif terhadap:

- Keterbatasan lahan dan untuk mengurangi kemacetan di area perkotaan;
- Perlindungan terhadap kawasan permukaan, seperti kawasan pemukiman, hutan lindung, situs bersejarah, dll., terhadap pengembangan infrastruktur jalan.
- Mengatasi permasalahan geometri jalan pada kondisi topografi yang sulit dan terjal seperti pada daerah perbukitan dan pegunungan.

Pembangunan proyek terowongan sebagai sarana transportasi bawah tanah memiliki tingkat kompleksitas pekerjaan yang cukup tinggi dan seringkali menimbulkan isu-isu masalah tingginya biaya dan risiko jika dibandingkan dengan konstruksi yang dilakukan diatas tanah. Padahal pembangunan struktur bawah tanah ini dapat menghasilkan dampak peningkatan ekonomi yang sangat besar karena dapat mempercepat waktu tempuh lalu lintas antar tempat yang melewati pegunungan, perbukitan dan perkotaan serta ramah lingkungan. Oleh karena itu diperlukan kelayakan perangkat teknologi, yang meliputi standar, pedoman, manual serta spesifikasi teknik, termasuk peraturan dan kebijakan serta dukungan dari pemerintah setempat agar dapat terlaksananya kegiatan pembangunan terowongan jalan.

Salah satu hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat risiko dalam pembangunan terowongan jalan adalah dengan melakukan pembagian risiko (*risk sharing*) diantara pihak-pihak yang terkait dengan pembangunan tersebut. Pihak-pihak terkait yang dimaksud adalah pengguna jasa dan penyedia jasa. Analisa risiko dari sisi teknis dan kontraktual perlu dilakukan untuk meminimalisasi risiko perselisihan kontraktual, sehingga selama pekerjaan terowongan dijalankan semua pihak dapat memahami tugas dan tanggung jawabnya. Analisa ini nantinya dapat membantu dan menjadi acuan dasar pembuatan Perjanjian yang tertuang pada pasal-pasal dalam Dokumen Kontrak.

Selain itu batasan-batasan teknis untuk pekerjaan pembangunan terowongan jalan juga sangat diperlukan, untuk meminimalkan risiko dari sisi teknis. Batasan-batasan ini biasanya tertuang dalam suatu spesifikasi khusus/teknik, yang menjadi salah satu bagian penting dalam Dokumen Kontrak. Salah satu pekerjaan yang sangat penting dan harus mendapat perhatian dalam pembangunan terowongan jalan adalah pekerjaan penggalian. Pekerjaan penggalian merupakan pekerjaan utama yang kritis dan yang pertama kali harus dilakukan dalam kegiatan konstruksi terowongan. Perselisihan dalam proyek pembangunan terowongan seringkali terjadi pada tahap pekerjaan penggalian ini. Pemilihan metode penggalian yang tidak sesuai dapat menghambat pekerjaan hingga perlu dilakukannya suatu perubahan rencana kerja dan metode penggalian. Selain itu, ketidaktepatan penggalian yang dilakukan akan menambah volume penggalian (*overbreak*) juga seringkali menimbulkan perselisihan antara pihak penyedia jasa dan pengguna jasa. Untuk meminimalkan risiko-risiko tersebut, pihak-pihak yang terlibat dalam proyek pembangunan terowongan harus memiliki gambaran dan pemahaman yang benar mengenai metode penggalian. Tahapan-tahapan kerja, jenis peralatan, kelebihan dan kekurangan untuk setiap metode penggalian merupakan hal-hal yang harus pertimbangan dalam memilih metode penggalian yang sesuai.

2 Isu-isu Permasalahan dalam Pembangunan Terowongan Jalan

Di Indonesia, pembangunan jalan bawah tanah sebagai bagian dari pengembangan jaringan jalan telah mulai dilakukan, seperti jalan di bawah jalan tol MT. Haryono, Cawang, Jakarta yang dibangun pada tahun 1989. Kemudian pada tahun 1993, pembangunan jalan bawah tanah (*underpass*) kembali dilakukan pada jalan Sudirman di daerah Dukuh Atas dan pada tahun 1994 di bawah jalur kereta api Menggarai. Ketiga jalan bawah tanah ini dibangun dengan menggunakan metode terowongan dongkrak (*jacking tunnel*). Pembangunan terowongan jalan masih dianggap sebagai pekerjaan konstruksi yang mempunyai tingkat risiko dan berbiaya tinggi. Sehingga hingga saat ini proyek-proyek pembangunan jalan bawah tanah atau terowongan jalan masih sangat jarang.

Hal ini dikarenakan tingginya tingkat risiko pembangunan terowongan jalan karena adanya ketidakpastian kondisi yang tidak terlihat (*unforeseeable physical condition*) di bawah permukaan dan kompleksitas pekerjaan, jika dibandingkan dengan pembangunan jalan permukaan. Pada Tabel 2-1, dapat dilihat hal-hal yang dihadapi dalam pembangunan jalan permukaan dan terowongan jalan.

Tabel 2-1 Perbandingan Proyek Pembangunan Jalan di Bawah Tanah dan di Permukaan (Chapman et al, 2010)

	Jalan Permukaan	Terowongan Jalan
Material Konstruksi	Sifat-sifat material konstruksi yang sudah jelas dan dijamin oleh prosedur kontrol kualitas selama proses produksi, termasuk kontrol pengujian.	Material konstruksi yaitu tanah/batuan, dengan segala ketidakpastiannya, dan sulitnya melakukan pengendalian terhadap sifat-sifatnya (meskipun dengan teknik perbaikan tanah).
Beban	Perkiraan beban dalam analisa struktural sebagian besar diketahui.	Besarnya beban dilakukan berdasarkan asumsi yang pada dasarnya tidak diketahui.
Keselamatan	Karena sifat-sifat material konstruksi dan besaran beban diketahui, maka faktor keamanan dapat ditentukan.	Karena ketidakpastian sifat-sifat material konstruksi dan besaran bebannya, maka tidak memungkinkan untuk menghitung secara kuantitatif faktor keamanan konstruksi terowongan.

Risiko-risiko yang dapat terjadi dalam pembangunan suatu proyek konstruksi dapat dikurangi dengan melakukan suatu manajemen risiko. Manajemen risiko sebaiknya dilakukan pada seluruh tahapan proses pembangunan, yang dimulai dari tahap desain awal, tahap tendering dan negosiasi kontrak serta tahap konstruksi (ITA, 2004).

Beberapa peristiwa dalam proyek konstruksi yang dapat menyebabkan terjadinya risiko, misalnya pembengkakan biaya (Asiyanto, 2005), diantaranya adalah:

- a. Perbedaan kondisi aktual lapangan dengan yang tercantum dalam kontrak.
- b. Pengadaan pekerjaan tambah kurang (*change order*).
- c. Lingkup kerja yang tidak lengkap, tidak sesuai dengan gambar dan spesifikasi, misalnya batas-batas lingkup kerja yang kurang jelas dalam hal material.
- d. Sifat proyek dalam lingkup kerja yang masih baru atau belum pernah dilaksanakan sebelumnya, dengan tingkat kesulitan konstruksi tertentu.
- e. Perubahan, penundaan jadwal pekerjaan atas permintaan atau interupsi penyedia jasa (*owner*).
- f. Kelemahan dalam pengendalian penerimaan pembayaran, misalnya pembayaran pekerjaan yang tidak tepat pada waktunya.
- g. Kenaikan harga-harga di pasar.
- h. Pekerjaan ulang (*rework*) yang disebabkan oleh perubahan desain.
- i. Kelebihan jumlah material yang didatangkan (*waste*) lebih besar dari perkiraan.
- j. Perubahan ruang lingkup pekerjaan.

Dengan adanya manajemen risiko dan telah teridentifikasinya risiko-risiko diatas yang dapat terjadi, maka diharapkan pembagian risiko antara pihak-pihak yang terlibat menjadi lebih seimbang dan mengurangi kompleksitas persengketaan. Pembagian risiko ini biasanya akan dituangkan dalam dokumen kontrak yang diatur pada tahap tendering dan negosiasi kontrak. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pembagian risiko pada tahap ini, diantaranya adalah persyaratan dalam dokumen tender, penilaian risiko dalam evaluasi tender, dan risiko klausa dalam kontrak. Oleh karena itu, persiapan dokumen untuk tender harus dilakukan dengan baik.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam persiapan dokumen tender agar risiko dapat dikurangi dan pembagian risiko seimbang, diantaranya adalah:

- Dasar hukum kontrak konstruksi;
- Jenis kontrak yang digunakan;
- Klausula-klausula kontrak;
- Spesifikasi teknik.

Dari hal-hal tersebut, yang akan dibahas dan diuraikan dalam buku ini, meliputi:

- Pemahaman mengenai kontrak, jenis kontrak dan aplikasinya, serta jenis kontrak yang sesuai untuk pembangunan terowongan jalan;
- Dasar hukum mengenai pembebasan lahan dan aspek lingkungan terkait dengan pembangunan terowongan jalan;
- Hal-hal terkait dengan klausula-klausula dalam dokumen kontrak yang harus diperhatikan dan dapat menimbulkan perselisihan/sengketa,
- Kajian terhadap khususnya metode-metode penggalian yang umum digunakan dalam pembangunan terowongan, terkait dengan spesifikasi teknik untuk pekerjaan penggalian terowongan jalan.

3 Bentuk Kontrak dan Analisa Risiko Kontrak Pekerjaan Terowongan Jalan

3.1 Dasar Hukum Kontrak

Pengertian Kontrak berdasarkan *Black's Law Dictionary* adalah suatu persetujuan antara dua orang atau lebih, dimana menimbulkan sebuah kewajiban untuk melakukan atau tidak melakukan sesuatu secara sebagian.

Aturan-aturan, tatacara dan asas-asas mengenai kontrak di Indonesia telah diatur dalam Kitab Undang-undang Hukum Perdata (KUHP). Dan dalam kaitannya dengan kontrak di bidang konstruksi terdapat beberapa aturan yang digunakan sebagai dasar hukum dalam pelaksanaannya, diantaranya yaitu: Undang-undang No. 19 Tahun 1999, Perpres No. 54 Tahun 2010 dan Permen PU No. 43 Tahun 2007.

3.1.1 Asas Hukum Kontrak

Hal-hal mengenai perjanjian atau kontrak dan kebebasan berkontrak, kemudian diatur didalam Kitab Undang-undang Hukum Perdata atau disingkat KUHP Perdata, meliputi:

- a) KUHP Perdata Klausul 1337; menyatakan bahwa kebebasan berkontrak disini harus dalam koridor batasan – batasan yaitu tidak boleh bertentangan dengan Undang – undang, ketertiban umum maupun kesusilaan.
- b) KUHP Perdata Klausul 1338, menyatakan bahwa intinya:
 - Semua Perjanjian yang dibuat secara sah berlaku sebagai Undang - Undang bagi mereka yang membuatnya ;
 - Suatu Perjanjian tidak dapat ditarik kembali selain dengan sepakat kedua belah pihak, atau karena alasan dinyatakan cukup untuk itu;
 - Suatu Perjanjian harus dilaksanakan dengan itikad baik.

Menurut KUH Perdata, terdapat 3 asas hukum kontrak yang berlaku di Indonesia, yaitu:

- a) Asas kebebasan berkontrak, merupakan kebebasan dalam membuat kontrak sejauh tidak bertentangan hukum, ketertiban, dan kesusilaan. Kebebasan yang dimaksud meliputi:
- Kebebasan para pihak menutup atau tidak menutup kontrak;
 - Kebebasan menentukan dengan siapa para pihak akan menutup kontrak;
 - Kebebasan para pihak menentukan bentuk kontrak;
 - Kebebasan para pihak menentukan isi kontrak.
- b) Asas mengikat sebagai undang-undang.
- c) Asas berkonsensualitas.

3.1.2 Pengadaan Jasa Konstruksi

Dalam kaitannya dengan kontrak di bidang konstruksi, telah terdapat Undang-undang No.18 Tahun 1999 tentang jasa konstruksi, yang menyatakan bahwa pengaturan atau pengikatan hubungan kerja jasa konstruksi antara Pengguna Jasa dan Penyedia Jasa harus dituangkan dalam Kontrak Kerja Konstruksi.

Yang mana dalam klausul-klausul dari undang-undang tersebut, dijelaskan mengenai asas-asas yang digunakan sebagai landasan dalam penyelenggaraan jasa konstruksi, yaitu:

- Adil, yaitu melindungi kepentingan masing-masing pihak secara wajar dan tidak melindungi salah satu pihak secara berlebihan sehingga merugikan pihak lain.
- Seimbang, yaitu pembagian risiko antara pengguna jasa dan penyedia jasa harus seimbang.
- Setara, yaitu hak dan kewajiban pengguna jasa dan penyedia jasa harus setara.

Kemudian untuk pelaksanaan pengadaan barang/jasa khususnya untuk barang/jasa pemerintah, tata cara dan aturan-aturan dalam kegiatan pengadaan diatur dalam Perpres No. 54 Tahun 2010. Peraturan ini mengatur tentang semua pengadaan barang/jasa di lingkungan Kementerian/Lembaga/Satuan Kerja Perangkat Daerah/Institusi lainnya (K/L/D/I) dan pengadaan barang/jasa untuk

investasi di lingkungan Bank Indonesia, Badan Hukum Milik Negara dan Badan Usahan Milik Negara/Daerah yang pembiayaannya baik sebagian atau seluruhnya bersumber/dibebankan dari/pada APBN/APBD, seperti dinyatakan dalam Bagian Kedua, Pasal 2.

Selain itu, dalam peraturan tersebut juga disebutkan beberapa jenis kontrak yang dapat digunakan, seperti kontrak Lump Sum, harga satuan, turnkey, persentase, dll. Pembahasan mengenai jenis-jenis kontrak ini akan dibahas lebih lanjut di bagian selanjutnya dari naskah ilmiah ini.

Selanjutnya, untuk pekerjaan-pekerjaan konstruksi di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum sendiri, telah terdapat Permen PU No. 43 tahun 2007 tentang Standar dan Pedoman Pengadaan Jasa Konstruksi, sebagai pedoman dalam pelaksanaan jasa konstruksi, seperti disebutkan dalam Pasal 2 ayat 1. Hal ini diatur dalam suatu Standar Dokumen Pelelangan Nasional, yang meliputi (Pasal 6):

a) Jasa Pemborongan:

- Standar Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi (Pemborongan) untuk Kontrak Harga Satuan.
- Standar Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi (Pemborongan) untuk Kontrak Lump Sum.
- Pedoman Penilaian Kualifikasi pelelangan nasional pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi (Pemborongan).
- Pedoman Evaluasi Penawaran Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi (Pemborongan) untuk Kontrak Harga Satuan.
- Pedoman Evaluasi Penawaran Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi (Pemborongan) untuk Kontrak Lump Sum.

b) Jasa Konsultansi

- Standar Dokumen Seleksi Nasional Pekerjaan Jasa Konsultansi Kontrak berdasarkan Waktu Penugasan/Time Based (Kontrak Harga Satuan).
- Standar Dokumen Seleksi Nasional Pekerjaan Jasa Konsultansi Kontrak Lump Sum.
- Pedoman Penilaian Kualifikasi Seleksi Nasional Pekerjaan Jasa Konsultansi.
- Pedoman Evaluasi Penawaran Seleksi Nasional Pekerjaan Jasa Konsultansi.

3.2 Analisa Klausul Dokumen Kontrak

Pada dasarnya, susunan dan anatomi kontrak, dapat digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu:

- 1) Bagian Pendahuluan:
 - a. Sub-bagian Pembuka,
 - b. Sub-bagian Pencantuman Identitas Para Pihak,
 - c. Sub-bagian Pertimbangan.
- 2) Bagian Isi:
 - a. Klausul Nilai Kontrak,
 - b. Klausul Peristilahan dan Ungkapan,
 - c. Klausul Kesatuan Dokumen,
 - d. Hierarki Dokumen,
 - e. Hak & Kewajiban,
 - f. Klausul Mulai Berlakunya Perjanjian.
- 3) Bagian Penutup.
- 4) Blok Penandatanganan.

Klausul-klausul yang terdapat dalam setiap bagian dari dokumen kontrak harus disusun dan dicermati dengan hati-hati, karena dapat menimbulkan isu dan implikasi hukum. Seringkali ketidakjelasan klausul dalam kontrak dapat menimbulkan perselisihan, yang dibedakan sebagai berikut:

- Perbedaan pendapat, umumnya masih dapat ditangani dengan dialog dengan pihak – pihak yang berselisih.
- Persengketaan, merupakan perselisihan yang bersifat terbatas dan masih dapat diselesaikan melalui bantuan pihak ketiga.
- Pertentangan, tuntutan dimana masing-masing mengusahakan kemenangan, usaha pembenaran atas argumentasinya, dan usaha penolakan atas argumentasinya, dan usaha penolakan atas argumen lawannya.

Ketidakjelasan klausul dalam kontrak dapat mengakibatkan implikasi hukum yang dapat merugikan pihak yang berkontrak. Berikut ini akan dijelaskan isu-isu hukum penting dan implikasi dari klausul-klausul yang terdapat pada dokumen

kontrak, terutama pada Bagian Isi, yang harus menjadi perhatian (Harry Alexander, 2012):

a. Klausul Nilai Kontrak

Isu Hukum:

Klausul nilai kontrak memiliki isu hukum penting seperti:

- kewajiban harga yang harus dibayarkan oleh PPK kepada Penyedia Jasa dan dasar hukum bagi pengeluaran jumlah dana bagi pelaksanaan pekerjaan.
- kewajiban Penyedia Jasa untuk melaksanakan dan menyelesaikan pekerjaan sesuai persyaratan PPK yang dituangkan dalam dokumen kontrak.

Implikasi hukum:

- Perumusan klausul nilai kontrak yang tidak akurat dapat merugikan PPK dan menyebabkan tidak berjalannya kegiatan penyediaan barang/jasa secara baik.
- Ketidadaan klausul nilai kontrak dapat berakibat pada sahnyanya atau tidaknya suatu perjanjian karena dapat menyebabkan ketidakjelasan syarat sah mengenai "suatu hal/objek tertentu".
- Sebagai tambahan, berdasarkan *United Nations Convention on Contracts for the International Sale of Goods* (CISG), Kontrak harus menyebutkan dengan jelas Nilai Kontrak.

Solusi Hukum:

Klausul nilai kontrak harus dirumuskan dengan angka dan huruf secara jelas, lengkap dan akurat.

b. Klausul Peristilahan dan Ungkapan

Isu Hukum:

Klausul definisi, peristilahan dan ungkapan memiliki isu hukum penting terkait pengertian yang akan digunakan dalam pengaturan dan pelaksanaan Kontrak.

Implikasi hukum:

- Definisi dalam Kontrak harus sesuai Peraturan Presiden No. 54 Tahun 2010 dan peraturan perundang undangan yang berlaku.
- Definisi, peristilahan dan ungkapan yang berbeda dengan Peraturan Presiden No. 54 Tahun 2010 dan peraturan perundang undangan yang berlaku dapat menyebabkan pertentangan dan konflik pengaturan dalam pelaksanaan Kontrak.
- Perumusan klausula definisi, peristilahan dan ungkapan dapat berimplikasi hukum atas ruang lingkup kontrak khususnya hak, kewajiban, waktu dan kegiatan pengadaan barang/jasa.

Solusi Hukum:

Perumusan Klausul definisi, peristilahan dan ungkapan harus dirumuskan dengan merujuk Peraturan Presiden No. 54 Tahun 2010 dan peraturan perundang undangan yang berlaku. Perumusan Klausul definisi harus cermat dan jelas kata demi kata (verbatim).

Jika tidak terdapat definisi, peristilahan dan ungkapan pada Peraturan jasa konstruksi yang terdapat di Indonesia, maka dapat merujuk kepada klausul definisi yang terdapat pada standard kontrak internasional seperti FIDIC.

c. Klausul Kesatuan Dokumen

Isu Hukum:

Klausul satu-kesatuan dokumen memiliki isu hukum penting terkait keberlakuan semua dokumen Kontrak

Implikasi hukum:

- Ketidadaan Klausul satu-kesatuan dokumen menyebabkan salah satu atau beberapa dokumen selain surat perjanjian tidak memiliki kekuatan hukum yang mengikat.
- Keberlakuan dan kekuatan hukum yang mengikat keseluruhan dokumen Kontrak sangat penting karena Pengadaan Barang/Jasa setelah penandatanganan diatur penuh oleh Dokumen Kontrak.

Solusi Hukum:

Perumusan Klausul satu-kesatuan dokumen harus dirumuskan secara lengkap dengan menyebutkan seluruh nama/judul dokumen terkait dengan jelas dan benar (verbatim).

d. Hierarki Dokumen

Isu Hukum:

Klausul hierarki dokumen memiliki isu hukum tata urutan keberlakuan semua dokumen Kontrak.

Implikasi hukum:

- Keberlakuan semua dokumen Kontrak sesuai pengaturan klausul hierarki dokumen Kontrak.
- Penafsiran dan interpretasi dokumen Kontrak dilakukan berdasarkan hierarki dokumen Kontrak.
- Urutan hierarki dokumen Kontrak yang tidak tepat dapat menyebabkan tidak berlakunya ketentuan yang penting dan mendasar pada saat terjadinya pertentangan antar dokumen.

Solusi Hukum:

- Perumusan Klausul hierarki dokumen harus dirumuskan secara cermat, tepat dan urutan sesuai dari dokumen yang paling tinggi, penting dan mendasar.
- Berdasarkan FIDIC, semua dokumen pembentuk kontrak harus dibaca dan saling menjelaskan satu sama lain. Jika tidak ada perbedaan dalam penafsiran dan interpretasi ditemukan, maka urutan hierarki yang diatur pada dokumen kontrak dapat dibaca sesuai hukum yang mengatur. Tetapi jika terdapat perbedaan dalam penafsiran dan interpretasi antara dokumen yang satu dengan yang lainnya, maka Wakil Penyedia Jasa yang ditunjuk memiliki kewenangan untuk mengeluarkan instruksi yang adil dan dapat dipertanggungjawabkan secara profesional untuk menyelesaikan perbedaan yang terjadi.

Pada Gambar 3-1 ditunjukkan contoh klausul Hierarki Dokumen.

<p style="text-align: center;">Pasal 3 Hierarki Dokumen</p>	
1.	Dokumen-dokumen kontrak ini merupakan satu-kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Kontrak ini.
2.	Jika terjadi pertentangan antara ketentuan dalam suatu dokumen dengan ketentuan dalam dokumen yang lain maka yang berlaku adalah ketentuan dalam dokumen yang lebih tinggi berdasarkan urutan hierarki sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none">a. adendum Surat Perjanjian;b. pokok perjanjian;c. surat penawaran berikut daftar kuantitas dan harga (apabila ada);d. syarat-syarat khusus Kontrak;e. syarat-syarat umum Kontrak;f. spesifikasi khusus;g. spesifikasi umum;h. gambar-gambar; dani. dokumen lainnya seperti: jaminan-jamian, SPPBJ, BAHF, BAPP.

FIDIC Red Book 1999:

1.5 -----	
Priority of Documents	<p>The documents forming the Contract are to be taken as mutually explanatory of one another. For the purposes of interpretation, the priority of the documents shall be in accordance with the following sequences:</p> <ul style="list-style-type: none">(a) the Contract Agreement (if any),(b) the Letter of Acceptance,(c) the Letter of Tender,(d) the Particular Conditions,(e) these General Conditions,(f) the Specification,(g) the Drawing, and(h) the Schedules and any other documents forming part of the Contract. <p>If an ambiguity or discrepancy is found in the documents, the Engineer shall issue any necessary clarification or instruction.</p>

Gambar 3-1. Contoh Klausul Hierarki Dokumen

e. Hak & Kewajiban

Isu Hukum:

Klausul Hak dan Kewajiban memiliki isu hukum terkait kewajiban dan hak para pihak dalam Kontrak Pengadaan.

Implikasi hukum:

- Para pihak wajib melaksanakan seluruh kewajiban yang diatur dalam dokumen Kontrak.

- Para pihak berhak mendapatkan hak yang diatur dalam dokumen Kontrak.
- Tertundanya atau tidak dilaksanakannya klausul hak dan kewajiban memiliki implikasi hukum pembayaran ganti rugi, kompensasi dan/atau pemutusan Kontrak.

Solusi Hukum:

Perumusan Klausul Hak dan Kewajiban harus dirumuskan secara cermat, jelas, hati-hati dan sesuai dengan kemampuan para pihak yang diberi wewenang dan tanggung jawab untuk mengawasi atau melaksanakan pekerjaan sesuai ketentuan klausul kontrak, seperti Konsultan Pengawas, Konsultan Perencana, dan Penyedia Jasa yang ditunjuk. Pelaksanaan Klausul Hak dan Kewajiban sebaiknya disertai bukti pendukung antara lain bukti pembayaran, berita acara dan tanda terima.

f. Klausul Mulai Berlakunya Perjanjian

Isu Hukum:

Klausul Mulai Berlakunya Perjanjian memiliki isu hukum terkait ruang lingkup waktu dan masa perjanjian, dan kewajiban dan hak para pihak dalam Kontrak Pengadaan.

Implikasi hukum:

- Klausul Mulai Berlakunya Perjanjian memiliki implikasi hukum dimulainya hubungan hukum secara kontraktual antara para pihak dan mulai berlakunya semua ketentuan dalam dokumen Kontrak.
- Hak dan kewajiban para pihak dalam Kontrak lahir sejak mulai berlakunya perjanjian
- Ruang lingkup waktu (*temporal scope*) sangat ditentukan sejak mulai berlakunya perjanjian.

Solusi Hukum:

Perumusan Klausul Mulai Berlakunya Perjanjian harus dirumuskan secara cermat, akurat dan jelas. Perumusan Klausul Mulai Berlakunya Perjanjian

dalam surat perjanjian tidak boleh saling bertentangan dengan pengaturan dalam SSUK dan SSKK.

3.3 Analisa Risiko Bentuk Kontrak untuk Pembangunan Terowongan Jalan

3.3.1 Bentuk dan Jenis Kontrak

Berdasarkan Peraturan Presiden No 54 tahun 2010, terdapat beberapa jenis kontrak pengadaan barang/jasa, meliputi:

- Kontrak berdasarkan cara pembayaran;
- Kontrak berdasarkan pembebanan Tahun Anggaran;
- Kontrak berdasarkan sumber pendanaan; dan
- Kontrak berdasarkan jenis pekerjaan.

Dan jenis-jenis kontrak untuk setiap pengelompokan tersebut diatas dapat dilihat pada Gambar 3-2.



Gambar 3-2 Jenis-jenis Kontrak

Dalam proyek pembangunan terowongan jalan, terdapat beberapa pekerjaan yang mempunyai tingkat ketidakpastian dan kompleksitas yang tinggi. Oleh

karena itu, cara pembayaran untuk pekerjaan-pekerjaan tertentu harus dipertimbangkan dengan cermat agar tidak menimbulkan perselisihan dan terjadi pembagian risiko yang seimbang diantara pihak-pihak yang terlibat. Karakteristik masing-masing jenis kontrak berdasarkan cara pembayarannya, akan diuraikan sebagai berikut:

- a) Kontrak Lump Sum: kontrak pengadaan barang/jasa untuk penyelesaian seluruh pekerjaan dalam batas waktu tertentu, dengan jumlah harga kontrak yang pasti dan tetap selama tidak terjadi perubahan, serta semua risiko yang mungkin terjadi dalam pelaksanaan pekerjaan sepenuhnya ditanggung oleh penyedia barang/jasa atau Penyedia Jasa pelaksana sebagai berikut:
 - i. Jumlah harga pasti dan tetap serta tidak dimungkinkan penyesuaian harga, kecuali untuk kondisi yang diatur pada klausul kontrak seperti klausul perubahan pekerjaan, eskalasi, terjadinya kondisi diluar kemampuan wajar Penyedia Jasa untuk mengendalikan seperti keadaan kahar, krisis ekonomi dan lain-lain yang diatur dan disepakati dalam kontrak;
 - ii. Semua risiko sepenuhnya ditanggung oleh penyedia barang/ jasa;
 - iii. Pembayaran didasarkan pada tahapan produk/ keluaran yang dihasilkan, sesuai dengan isi kontrak;
 - iv. Sifat pekerjaan berorientasi kepada keluaran (*output based*), total harga penawaran bersifat mengikat dan tidak diperbolehkan adanya tambahan volume pekerjaan atau yang kurang;
 - v. Dimensi kuantitas dan kualitas barang/ jasa yang diperjanjikan harus diidentifikasi secara tegas dan jelas dalam kontrak. Dimensi inilah yang mengikat penyedia barang/ jasa.

Sistem Kontrak *Lumpsum* ini lebih tepat digunakan untuk :

- Jenis pekerjaan borongan yang perhitungan volumenya untuk masing-masing unsur/jenis item pekerjaan sudah dapat diketahui dengan pasti, berdasarkan gambar rencana dan spesifikasi teknisnya.
- Jenis pekerjaan dengan anggaran biaya (*Budget*) tertentu yang terdiri dari banyak sekali jenis/item pekerjaan atau Multi Paket Pekerjaan, yang

sangat berisiko bagi Pemberi tugas atas terjadinya biaya-biaya yang tidak diperkirakan (*"unpredictable cost"*). Seperti misalnya, adanya tuntutan (*claim*) dari Penyedia Jasa akibat adanya ketidak-sempurnaan dari Batasan Lingkup Pekerjaan, Gambar lelang, Spesifikasi teknis, atau Daftar Kuantitas (*Bill of Quantity*) yang ada. Dengan sistem kontrak ini diharapkan dapat meminimalisasi terjadinya biaya-biaya yang tidak diperkirakan (*unpredictable cost*) tersebut, karena harga yang mengikat adalah Total Penawaran Harga (volume yang tercantum dalam Daftar Kuantitas bersifat tidak mengikat).

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan sistem kontrak Lumpsum adalah :

- i. Batasan lingkup pekerjaan yang akan dilaksanakan harus jelas dinyatakan dalam Spesifikasi Teknis / Gambar Lelang.
- ii. Apabila ada perbedaan lingkup pekerjaan antara yang tercantum dalam Spesifikasi Teknis / Gambar dengan Pekerjaan yang akan dilelangkan, maka harus dijelaskan dalam Rapat Penjelasan Lelang (*Aanwijzing*) dan dibuat Addendum Dokumen Lelang yang menjelaskan perubahan lingkup pekerjaan tersebut.
- iii. Penggunaan Daftar Kuantitas dalam pelelangan hanya digunakan sebagai acuan bagi Penyedia Jasa, dalam mengajukan penawaran harga yang bersifat tidak mengikat. dan Peserta Lelang harus melakukan perhitungan sendiri sebelum mengajukan penawaran.
- iv. Untuk mempermudah dalam hal evaluasi penawaran harga, saat rapat penjelasan lelang (*Aanwijzing*) harus ditegaskan bahwa apabila terdapat perbedaan antara volume pada Daftar Kuantitas dengan hasil perhitungan peserta lelang, maka peserta lelang tidak boleh merubah volume Daftar Kuantitas yang diberikan, dan agar menyesuaikan dalam harga satuan yang diajukan.
- v. Dalam perhitungan volume pekerjaan yang akan dicantumkan dalam Daftar Kuantitas, maka harus dihindari kesalahan yang mungkin terjadi sampai sekecil mungkin. Karena setelah terjadi kontrak, volume pekerjaan tidak dapat dikurangi/ditambahkan.

- vi. Bertambah/berkurangnya volume pekerjaan terhadap nilai kontrak yang ada hanya boleh dilakukan apabila:
- Permintaan dari Pengguna Jasa untuk menambah/ mengurangi pekerjaan yang instruksinya dilakukan secara tertulis.
 - Adanya perubahan Gambar/Spesifikasi Teknis dari Perencana yang sudah disetujui oleh Pemberi Tugas.
 - Adanya instruksi tertulis dari pengawas lapangan untuk menyempurnakan suatu jenis pekerjaan tertentu, yang dipastikan sangat berisiko secara struktural atau dapat mengakibatkan sistem tidak berfungsi. Dan hal tersebut sebelumnya tidak dinyatakan dalam spesifikasi teknik.
 - Dalam perhitungan biaya (bertambah/berkurang), harga satuan yang digunakan adalah harga satuan pekerjaan yang tercantum dalam Daftar Kuantitas di dalam kontrak dan bersifat mengikat.

Adapun penyimpangan yang sering dilakukan oleh Penyedia Jasa di lapangan, diantaranya seperti:

- Penyedia Jasa tidak mau melaksanakan pekerjaan tertentu karena item pekerjaan tidak tercantum dalam Daftar Kuantitas
- Penyedia Jasa mengajukan perhitungan perubahan pekerjaan mengacu kepada volume Daftar Kuantitas yang ada.
- Penyedia Jasa melaksanakan pekerjaan di lapangan sesuai volume yang tercantum dalam Daftar Kuantitas.

- b) Kontrak Harga Satuan: merupakan Kontrak Pengadaan Barang/Jasa atas penyelesaian seluruh pekerjaan dalam batas waktu yang telah ditetapkan dengan ketentuan sebagai berikut:
- Harga Satuan pasti dan tetap untuk setiap satuan atau unsur pekerjaan dengan spesifikasi teknis tertentu;
 - volume atau kuantitas pekerjaannya masih bersifat perkiraan pada saat Kontrak ditandatangani;

- pembayarannya didasarkan pada hasil pengukuran bersama atas volume pekerjaan yang benar-benar telah dilaksanakan oleh Penyedia Barang/Jasa; dan
- dimungkinkan adanya pekerjaan tambah/kurang berdasarkan hasil pengukuran bersama atas pekerjaan yang diperlukan.

Sistem Kontrak Unit Price/Harga Satuan ini lebih tepat digunakan untuk :

1. Jenis pekerjaan yang untuk mendapatkan keakuratan perhitungan volume pekerjaan dengan pasti memerlukan :
 - Survey dan penelitian yang sangat dalam.
 - Detail dan sampel yang sangat banyak.
 - Waktu yang lama sehingga biaya sangat besar. Sementara di lain pihak pengukuran volume, akan lebih mudah dilakukan dalam masa pelaksanaan. Pekerjaan bersifat sangat mendesak dan harus segera dilaksanakan.
2. Jenis pekerjaan yang mana volume pekerjaan yang pasti sama sekali tidak dapat diperoleh sebelum pekerjaan selesai dilaksanakan. Sehingga tidak memungkinkan untuk digunakan sistem kontrak Lumpsum.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan sistem kontrak Harga Satuan ini adalah :

1. Untuk pekerjaan-pekerjaan yang terdiri dari banyak sekali item pekerjaan namun volume pekerjaan sudah dapat dihitung dari gambar rencana seperti halnya bangunan gedung, maka kurang tepat apabila digunakan sistem kontrak harga satuan ini karena :
 - Untuk setiap proses pembayaran harus dilakukan pengukuran bersama di lapangan yang dapat dipastikan memerlukan waktu yang cukup lama.
 - Biaya total pekerjaan belum dapat diprediksi dari awal sehingga untuk pekerjaan dengan budget tertentu sangat riskan bagi Pemberi Tugas terhadap terjadinya risiko pembengkakan biaya proyek
2. Untuk penggunaan sistem kontrak harga satuan agar dihindari terjadi adanya harga satuan timpang karena harga satuan bersifat mengikat

untuk perhitungan realisasi biaya kontrak. Jika dalam penawaran Penyedia Jasa terdapat harga satuan timpang untuk item pekerjaan tertentu, maka harus dilakukan klarifikasi dan dibuat Berita Acara Kesepakatan mengenai harga satuan yang akan digunakan untuk perhitungan biaya perubahan. Dalam penggunaan sistem kontrak ini jarang dijumpai adanya Implikasi seperti halnya pada kontrak Lumpsum di atas karena Penyedia Jasa tidak terbebani oleh adanya risiko-risiko pekerjaan yang belum terprediksi pada saat pelelangan.

- c) Kontrak gabungan Lump Sum dan Harga Satuan: kontrak yang merupakan gabungan *Lump Sum* dan Harga Satuan dalam 1 (satu) pekerjaan yang diperjanjikan.

Contohnya: Kontrak pembangunan gedung di atas lahan rawa. Dalam pekerjaan tersebut terdapat volume pekerjaan yang dapat diestimasi dan yang tidak dapat diestimasi sejak awal.

Sistem Kontrak gabungan ini pada umumnya digunakan pada:

1. Jenis pekerjaan borongan yang terdiri dari gabungan antara :
 - Komponen pekerjaan yang perhitungan volumenya untuk masing - masing unsur / jenis / item pekerjaan sudah dapat diketahui dengan pasti berdasarkan gambar rencana dan spesifikasi teknisnya, dan
 - Komponen pekerjaan yang perhitungan volumenya belum dapat diketahui dengan pasti sebelum pelaksanaan pekerjaan dilakukan.
2. Jenis pekerjaan borongan yang sebagian perhitungan volumenya untuk masing-masing unsur/jenis/item pekerjaan sudah dapat diketahui dengan pasti berdasarkan gambar rencana, namun terdapat bagian-bagian tertentu pekerjaan yang masih memerlukan adanya tambahan gambar/detail/sample sedangkan pekerjaan sudah sangat mendesak dan harus segera dilaksanakan.

- d) Kontrak Terima Jadi (*Turn Key*): merupakan Kontrak Pengadaan Barang/Pekerjaan Konstruksi/Jasa Lainnya atas penyelesaian seluruh pekerjaan dalam batas waktu tertentu dengan ketentuan sebagai berikut:

- jumlah harga pasti dan tetap sampai seluruh pekerjaan selesai dilaksanakan; dan
- pembayaran dilakukan berdasarkan hasil penilaian bersama yang menunjukkan bahwa pekerjaan telah dilaksanakan sesuai dengan kriteria kinerja yang telah ditetapkan.

Sistem Kontrak ini pada umumnya digunakan pada :

1. Pembelian suatu barang atau industri jadi yang hanya diperlukan sekali saja, dan tidak mengutamakan kepentingan untuk alih (transfer) teknologi selanjutnya.
2. Jenis pekerjaan spesifik yang hanya bisa dilaksanakan oleh penyedia jasa tertentu baik dari segi perencanaan ataupun konstruksinya. Dalam system kontrak Terima Jadi/Turnkey Pemberi Tugas tidak diharuskan menyiapkan Dokumen Perencanaan berupa gambar detail dan spesifikasi teknis tetapi dapat cukup membuat suatu standar requirement/TOR (*Term of Reference*) saja.

Kontrak *Turn Key* dapat dilakukan pada Kontrak *Lump Sum* maupun Kontrak Harga Satuan.

e) Kontrak Persentase: merupakan Kontrak Pengadaan Jasa Konsultansi/Jasa Lainnya, dengan ketentuan sebagai berikut:

- Penyedia Jasa Konsultansi/Jasa Lainnya menerima imbalan berdasarkan persentase dari nilai pekerjaan tertentu; dan
- pembayarannya didasarkan pada tahapan produk/keluaran yang dihasilkan sesuai dengan isi Kontrak.

Sistem Kontrak Prosentase ini pada umumnya digunakan pada Kontrak Jasa Konsultasi bidang konstruksi atau pekerjaan pemborongan, dimana konsultan yang bersangkutan menerima imbalan jasa berdasarkan prosentase tertentu dari nilai fisik konstruksi / pemborongan tersebut. Namun demikian tidak semua pekerjaan jasa konsultansi menggunakan sistem kontrak Prosentase tetapi dapat pula menggunakan sistem *Billing Rate*.

Selain jenis pembayaran berdasarkan Peraturan Presiden No 54 tahun 2010 diatas, ada 1 jenis kontrak yang dapat juga digunakan sebagai referensi pada kontrak konstruksi (FIDIC Yellow Book, 1999), yaitu:

- Kontrak Rancang Bangun (*Design & Built*): Penyedia Jasa memiliki tugas membuat suatu perencanaan proyek yang lengkap dan sekaligus melaksanakannya dalam satu Kontrak Konstruksi. Penyedia Jasa melaksanakan perencanaan dan pembangunan, dimana perencanaan dapat dilakukan melalui konsultan perencana tetapi kontrak perencanaan dibawah tanggung jawab Penyedia Jasa. Penyedia Jasa juga mendapatkan pembayaran untuk jasa dalam menyediakan perencanaan. Dalam hal pemilihan Penyedia Jasa perlu berhati-hati mengingat semua aspek pembangunan diserahkan kepada satu perusahaan yaitu Penyedia Jasa sehingga profesionalisme dan bonafiditas perusahaan Penyedia Jasa tersebut harus benar – benar dipertimbangkan.

3.3.2 Analisa Risiko Bentuk Kontrak

Berdasarkan pada praktek sejumlah kontrak konstruksi di beberapa negara, telah banyak kontribusi yang dibuat untuk mendefinisikan sumber risiko dalam kontrak dan bagaimana mengembangkan praktek kontrak yang terbaik, yaitu yang memberikan pembagian risiko yang seimbang di antara pihak-pihak yang terlibat.

Beberapa hal yang paling penting dalam pembagian risiko menurut Singh & Goel (2006) dari hasil kajiannya terhadap sejumlah praktek di Inggris dan sebagian besar Austria serta negara-negara Eropa, yaitu:

- Umumnya atribut penerimaan risiko kepada pihak-pihak yang terlibat paling baik adalah kemampuan mengendalikan insiden yang terjadi (kontraktor) atau, untuk risiko kecil, membuat ketentuan yang wajar untuk biayanya,
- Memberikan dorongan untuk menggunakan metode konstruksi yang menunjukkan prospek yang paling baik, dengan pengetahuan yang dapat diakses setiap saat, dan ekonomis,

- Memberikan fleksibilitas terhadap perubahan metode konstruksi mengikuti kisaran variasi pada kondisi tanah dan kondisi lain yang dapat diperkirakan oleh seorang ahli rekayasa (*engineer*), dan
- Pengaturan yang sederhana dan seimbang untuk penyelesaian sengketa.

Menurut Capper (1995), pembagian risiko yang baik dan dituangkan dalam klausul Kontrak diperlukan dalam hal:

- meminimalisasi sesuatu yang tidak pasti; atau
- menyediakan mekanisme untuk tindakan tertentu ketika terdapat ketidakpastian sebagai solusi.

Kemudian Komite Nasional AS (*US national Committee*) untuk Teknologi Terowongan juga memberikan rekomendasi agar kontrak untuk pekerjaan konstruksi bawah tanah dapat menjadi lebih baik, yaitu:

- Berbagi risiko dan biaya antara Pengguna Jasa dan Penyedia Jasa. Risiko meliputi baik risiko konstruksi dan keuangan;
- Penanganan klaim harus dipercepat;
- Mendorong untuk melakukan inovasi dalam konstruksi;
- Penghargaan pekerjaan kepada Penyedia Jasa yang memenuhi syarat harus terjamin, dan
- Penghematan biaya dengan cara lain harus dilakukan (NAS, 1976).

Selain itu, dari hasil kajiannya Singh & Goel (2006) juga menyatakan bahwa dalam dokumen tender/kontrak beberapa sub-klausul yang terdapat dalam pasal perubahan kondisi sebaiknya dimasukkan dalam kontrak terowongan, yaitu:

- (a) Penyedia Jasa harus segera (dan sebelum kondisi tersebut terganggu) memberitahukan ahli rekayasa yang bertanggungjawab (Direksi Teknis) secara tertulis mengenai:
 - kondisi fisik bawah permukaan atau laten di lokasi yang mempunyai perbedaan jenis material dari yang ditunjukkan dalam kontrak, atau
 - kondisi fisik yang tidak diketahui di lapangan, yang bersifat tidak biasa, terdapatnya material yang berbeda dan tidak umum serta secara umum diketahui sebagai bagian yang tidak terpisahkan dalam pekerjaan yang ditentukan dalam

kontrak. Direksi Teknis harus segera menyelidiki kondisi tersebut, dan jika ditemukan bahwa jenis material tersebut sangat berbeda dan menyebabkan peningkatan atau penurunan biaya bagi kontraktor, waktu yang dibutuhkan, kinerja dari setiap bagian dari pekerjaan dalam kontrak, atau tidak berubah sebagai akibat dari kondisi tersebut; maka penyesuaian yang seimbang harus dilakukan dan kontrak dimodifikasi secara tertulis.

- (b) Klaim dari Penyedia Jasa pada pasal ini tidak berlaku dan tidak diperbolehkan kecuali Penyedia Jasa telah memberikan pemberitahuan seperti disyaratkan dalam poin (a) di atas, namun perlu disediakan perpanjangan waktu yang ditentukan oleh pemerintah atau badan pelaksana kontrak.
- (c) Penyedia Jasa tidak diperkenankan melakukan klaim untuk memperoleh penyesuaian yang adil, jika hal ini dinyatakan setelah pembayaran terakhir berdasarkan kontrak ini.

Salah satu contoh negara yang berhasil dengan baik dalam melakukan pembagian risiko untuk kontrak konstruksi terowongan adalah Norwegia. Dengan menggunakan jenis kontrak harga satuan, pembagian risiko dalam kontrak terutama ditujukan pada dua unsur utama risiko, yaitu (*Norwegian Tunnelling Society*, 2004):

- Kondisi tanah. Pengguna jasa (*owner*) bertanggungjawab terhadap kondisi tanah. Pengguna jasa menyediakan lahan dan juga bertanggungjawab terhadap hasil penyelidikan lapangan yang dilakukannya. Jika hasil penyelidikan lapangan tidak sesuai dengan kondisi aktual, maka hal ini akan menjadi tanggungjawab pengguna jasa.
- Kinerja. Kontraktor bertanggungjawab terhadap efisiensi pelaksanaan pekerjaan. Kontraktor harus melaksanakan pekerjaan sesuai dengan spesifikasi teknik. Kontraktor dibayar sesuai dengan harga satuan yang ditenderkan untuk pekerjaan yang telah selesai. Kerangka waktu konstruksi disesuaikan berdasarkan ‘kapasitas standar’ (kesetaraan waktu) untuk aktivitas pekerjaan yang berbeda, jika keseimbangan (peningkatan kurang penurunan) pekerjaan berubah.

Kontrak harga satuan yang digunakan di Norwegia mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Laporan geologi/geoteknik. Laporan ini dibuat untuk Pengguna Jasa (*owner*) berdasarkan hasil investigasi lapangan yang dilakukan, yang akan memberikan keseluruhan informasi yang tersedia. Secara tradisional, laporan ini juga berisi tentang interpretasi, yang tidak terbatas pada data faktual, tetapi dalam praktiknya, hal ini menjadi dapat dikompromikan oleh beberapa Pengguna Jasa. Laporan ini adalah prasyarat bahwa semua informasi geologi yang penting telah diidentifikasi. Para peserta tender tetap harus menetapkan interpretasi mereka sendiri.
- Daftar Kuantitas/*Bill of Quantity* (BoQ). Kuantitas untuk semua aktivitas kerja, seperti penggalian, penyangga batuan, *grouting*, pendindingan, dll., serta instalasi, termasuk dalam kuantitas berdasarkan ekspektasi terbaik pengguna jasa dibantu oleh konsultannya. Sebaiknya, pengguna jasa tidak melakukan taktik inflasi (*tactical inflation*) jumlah untuk mendapatkan harga satuan yang lebih rendah. Penyiasatan harga dari para peserta tender dapat terjadi, tetapi hal ini dapat diketahui dengan melakukan analisis penawaran.
- Variasi dalam kuantitas. Kuantitas yang sebenarnya dapat bervariasi karena variasi dari kondisi tanahnya. Penyedia Jasa dibayar sesuai kuantitas aktual dan harga satuan dari penawarannya. Harga satuan akan tetap bernilai sama dalam kisaran variasi yang telah ditentukan, untuk beberapa kontrak hal ini dapat ditetapkan setinggi $\pm 100\%$.
- 'Standar kapasitas'/*Standard Capacities* ('kesetaraan waktu'). Secara tradisional hal ini telah ditetapkan dari hasil negosiasi antara organisasi kontraktor/penyedia jasa dan pengguna jasa. Standar kapasitas dapat diperbarui sesuai dengan perkembangan teknologi, tetapi biasanya tetap sama pada beberapa kontrak selama beberapa tahun. Selama hal ini masih cukup realistis, masih dapat menyediakan alat yang memadai untuk menyesuaikan dengan waktu konstruksi dan tanggal penyelesaian, jika keseimbangan 'kesetaraan waktu' (*time equivalent*) meningkat lebih dari jumlah tertentu.

Sistem ini dapat bekerja dengan baik, jika didukung dengan kondisi-kondisi berikut ini:

- Pengalaman dari pengguna jasa dan penyedia jasa (kontraktor). Para pihak harus berpengalaman dengan pekerjaan bawah permukaan dan tim manajemen lapangan dari kedua belah pihak harus memiliki otoritas yang diperlukan untuk mengambil keputusan, memungkinkan masalah teknis dan kontrak dapat diselesaikan di lapangan

jika hal itu terjadi. Diperlukan sikap untuk menghargai tugas masing-masing dari setiap pihak.

- Pengambilan keputusan, yang sangat penting adalah kemampuan dan wewenang wakil dari kedua belah pihak untuk mengambil keputusan pada muka bidang terowongan, terutama berkenaan dengan penyangga batuan utama dan perbaikan tanah seperti *pre-grouting*, dll.
- Memahami kontrak. Jika kedua pihak memahami prinsip-prinsip dan rincian kontrak, diskusi dan kesepakatan dapat dibuat dengan bijaksana dan dengan keyakinan saat dibutuhkan. Hal ini biasanya situasi ketika kedua pihak berpengalaman dari sejumlah proyek serupa.

Keuntungan utama dengan sistem ini adalah bahwa dorongan (*incentive*) kontraktor untuk memenuhi batas waktu pinalti akan bertahan, bahkan jika kondisi tanah menjadi lebih buruk.

Pada Gambar 3-3, ditunjukkan hubungan antara pembagian risiko dan jenis kontraknya. Dapat dilihat bagaimana dengan melakukan alokasi risiko biaya dapat menjadi lebih rendah.



Gambar 3-3 Pembagian Risiko dan Jenis Kontrak (Kuesel, 1979; Barton et al., 1992)

Pemahaman terhadap tugas dan tanggung jawab secara kontraktual akan dapat memberikan konsep dan sistem seleksi serta strategi jenis kontrak yang sesuai khususnya untuk proyek terowongan jalan. Sehingga akan meminimalisasi risiko sengketa (*dispute*) selama proyek berlangsung dan memberikan kepastian biaya proyek, serta akan memberikan:

- Hasil pekerjaan yang lebih baik (*Better execution performance*).

- ii. Mengurangi adanya perubahan (*Less variation in results*).
- iii. Struktur organisasi proyek yang lebih jelas akan tugas dan tanggung jawab setiap pihak serta yang terkait dengan interface. (*Clarity of organization roles, responsibilities, and interfaces*).
- iv. Dasar untuk pengembangan lebih lanjut untuk proyek-proyek terowongan dan sejenis. (*Basis for continuous improvement (common work processes, metrics, and lesson learned process)*).

Penyedia Jasa memiliki kekuasaan untuk menentukan jenis kontrak yang akan digunakan dan menetapkan persyaratan dalam Perjanjian Kontrak. Untuk itu perlu adanya langkah-langkah dalam persiapan Kontrak yang matang yaitu dimulai dengan penyiapan dan pemeriksaan draft Kontrak. Sehingga pada saat penandatanganan Kontrak dapat dikatakan semua risiko telah diketahui dan semua pihak mampu melakukan negosiasi setelah memahami, mengukur dan mempertimbangkan secara detail semua aspek yang terkait dengan hak dan kewajiban dalam melaksanakan proyek tersebut. Adapun hal-hal yang perlu dimuat dengan jelas ke dalam isi kontrak adalah:

1. Para pihak yang menandatangani kontrak, yang meliputi: nama, jabatan dan alamat.
2. Pokok pekerjaan yang diperjanjikan.
3. Hak dan kewajiban.
4. Nilai atau harga kontrak pekerjaan serta syarat-syarat pembayaran
5. Persyaratan dan spesifikasi teknis yang jelas dan terperinci.
6. Tempat dan jangka waktu penyelesaian/penyerahan disertai jadwal waktu penyelesaian yang pasti serta syarat-syarat penyerahannya.
7. Jaminan teknis/hasil pekerjaan yang dilaksanakan dan/atau ketentuan mengenai kelaikan.
8. Cidera janji dan sanksi.
9. Pemutusan kontrak selama sepihak.
10. Keadaan memaksa.
11. Kewajiban para pihak dalam hal terjadi kegagalan dalam pelaksanaan pekerjaan.
12. Perlindungan tenaga kerja.
13. Bentuk dan tanggung jawab gangguan lingkungan.
14. Penyelesaian perselisihan.

Penulisan klausul kontrak untuk menyusun hak, wewenang dan kewajiban para pihak secara detail yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan dapat juga merujuk kepada FIDIC:

- Klausul 1 – 3 : Wewenang dan Kewajiban Wakil Pengguna Jasa
(*The Powers and Obligations of the Engineer*)
- Klausul 4 – 7 : Klausul terkait Kewajiban Penyedia Jasa
(*Particular Emphasis on the Obligations of the Contractor*)
- Klausul 8 – 12 : Klausul terkait Keterlambatan, Perpanjangan Waktu dan denda Keterlambatan.
(*Particular Emphasis on Delays/EOT/Delay Damages*)
- Klausul 13 – 16 : Klausul terkait Pembayaran dan Perubahan Pekerjaan
(*Particular Emphasis on Payment and Variations*)
- Klausul 17 – 20 : Klausul terkait Klaim dan Penyelesaian Perselisihan
(*Particular Emphasis on Claims and Disputes Resolution*)

Selanjutnya proyek harus dijalankan sesuai dengan ketentuan Kontrak. Umumnya Kontrak terdiri dari detail dokumen yang berisi istilah hukum dan kondisi Kontrak. Detail lingkup pekerjaan, skedul harga dan ketentuan lain yang menetapkan hak, ekspektasi dan kewajiban para pihak, harus dibuat menjadi Kontrak Konstruksi yang bersifat adil dan wajar.

Berikut ini akan diuraikan perbandingan dua jenis kontrak yang paling umum digunakan di Indonesia, yaitu kontrak harga satuan dan *lump sum*, mengenai analisa kondisi klausul kontrak yang umum mengalami perselisihan selama proses pelaksanaan Proyek Konstruksi, yang juga dapat terjadi pada proyek pembangunan terowongan jalan. Perbandingan juga dilakukan terhadap aplikasi kedua jenis kontrak ini pada jenis pengadaan kontrak secara tradisional (*traditional method*) atau kontrak pelaksanaan pekerjaan dan *EPC (Engineering, Procurement and Construction)*

1. INFORMASI ATAU DOKUMEN YANG DIBERIKAN

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	HARGA SATUAN	LUMP SUM
<p><u>Isu:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Siapa yang menjamin dan bertanggung jawab atas informasi atau data terkait pelaksanaan Proyek Konstruksi yang diberikan?</i> ➤ <i>Keterlambatan penyediaan gambar kerja untuk pelaksanaan.</i> 		
<ul style="list-style-type: none"> Pengguna Jasa harus menyediakan kelengkapan gambar dan bestek serta menjamin keakuratan gambar dan data yang diberikan untuk dilaksanakan. Segala perubahan dari data yang ada Penyedia Jasa berhak untuk mengajukan perpanjangan waktu dan biaya (jika berdampak kepada waktu dan biaya) dan diatur dalam klausul kontrak. 	<ul style="list-style-type: none"> Data yang diberikan dapat tidak berupa detail gambar dan detail informasi seperti data tanah dsb. Pengiraan volume yang terdapat pada BQ bersifat estimasi dimana harga satuan digunakan sebagai rujukan pembayaran berdasarkan aktual volume yang ditetapkan melalui pengukuran bersama. 	<ul style="list-style-type: none"> Pengguna Jasa menyerahkan pekerjaan disain dan pelaksanaan konstruksi kepada satu perusahaan Penyedia Jasa. Pengguna Jasa hanya memberikan Disain dasar (Basic Design) atau Term of Reference (TOR) sebagai kriteria hasil akhir yang diinginkan. Penyedia Jasa juga akan berkoordinasi dengan para Subkontraktor spesialis dalam mempersiapkan dan menyediakan gambar kerja. Penyedia Jasa bertanggung jawab penuh atas desain yang dikeluarkan dan sebelum pelaksanaan dilakukan desain yang dihasilkan oleh Penyedia Jasa, harus mendapat persetujuan dari Pengguna Jasa atau Wakil Pengguna Jasa yaitu Konsultan Perencana yang ditunjuk oleh Pengguna Jasa, dimana persetujuan tersebut tidak melepaskan Kontraktor dari kewajibannya dalam melaksanakan pekerjaan dan memperbaiki kerusakan yang ada.
<ul style="list-style-type: none"> Gambar atau data teknis terkait seperti Penyelidikan Tanah, Desain dan Spesifikasi pekerjaan disiapkan oleh Tim Konsultan Perencana yang ditunjuk oleh Penyedia Jasa. Perlu dibuat Perjanjian tersendiri dengan para Konsultan Perencana 		<p><u>Berdasar FIDIC – EPC General Condition 1st Edition 1999:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Pasal 4.10 – Data lokasi Proyek (<i>Site Data</i>) dinyatakan bahwa Pengguna Jasa dapat memberikan informasi terkait pekerjaan termasuk data kondisi bawah tanah dimana Penyedia Jasa dapat

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	HARGA SATUAN	LUMP SUM
<p>untuk menjamin level keakuratan data dan informasi yang diberikan dan Konsultan Perencana bertanggung jawab atas hasil yang dikeluarkannya seperti desain, spesifikasi, hasil penyelidikan tanah dan lain lain, serta memastikan pelaksanaan oleh Penyedia Jasa sebagai supervisi pelaksanaan agar sesuai dengan dokumen dan disain yang dikeluarkan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verifikasi atas informasi yang diberikan Klien yang berdampak kepada revisi Lingkup Pekerjaan akibat klarifikasi teknis dapat diakui sebagai Variasi. • Pengguna Jasa bertanggung jawab untuk menyediakan gambar kerja kepada Penyedia Jasa sesuai dengan skedul pelaksanaan yang telah disepakati. • Pada perencanaan tender yang baik, gambar kerja harus sudah tersedia sebelum pekerjaan dilakukan. • Tetapi jika persiapan gambar kerja dilakukan paralel pada saat pelaksanaan pekerjaan, maka Pengguna Jasa harus melakukan komunikasi intensif dengan pihak Konsultan Perencana agar dapat menyediakan gambar kerja sesuai skedul pekerjaan Penyedia Jasa. Skedul penyediaan gambar ini harus dicantumkan dalam Kontrak agar tidak terjadi keterlambatan pelaksanaan pekerjaan karena 		<p>dikondisikan untuk bertanggung jawab serta melakukan verifikasi dan interpretasi semua data yang diberikan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dalam hal Pengguna Jasa mengkondisikan tidak bertanggung jawab terhadap keakuratan dan kelengkapan data serta informasi yang diberikan, dan diharapkan Penyedia Jasa melalui data yang diberikan tersebut bertanggung jawab dalam melaksanakan desain yang akan digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan pekerjaan maka dalam proposal penawaran Penyedia Jasa diberikan alokasi biaya untuk item pekerjaan survey tanah yang diperlukan untuk melakukan klarifikasi terhadap kondisi tanah/batuan di lokasi proyek untuk mengakomodir risiko dibawah kondisi ini. Mengingat jika dikondisikan Penyedia Jasa bertanggung jawab terhadap kondisi bawah tanah, maka dengan resiko yang tinggi yang harus ditanggung oleh pihak Penyedia Jasa tidak menutup kemungkinan biaya survey yang diajukan Penyedia Jasa dalam jumlah yang cukup besar. Terlebih untuk jenis pekerjaan terowongan, yang mana jika kondisi bawah tanah tidak diketahui secara akurat akan menimbulkan risiko yang tinggi bagi Penyedia Jasa.

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	HARGA SATUAN	LUMP SUM
<p>Pengguna Jasa tidak dapat menyediakan gambar kerja tepat waktu. Sehingga dapat menimbulkan risiko bagi Penyedia Jasa dalam menyelesaikan pekerjaan tepat waktu dan dapat berdampak kepada perselisihan.</p> <p><u>Berdasar FIDIC – Condition of Contract for Construction 1st Edition 1999:</u> Pasal 1.8 : Ketersediaan Dokumen (<i>Care and Supply of Document</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spesifikasi dan Gambar adalah menjadi tanggung jawab Pengguna Jasa (kecuali dinyatakan lain dalam Kontrak) yang harus diserahkan kepada Penyedia Jasa. • Jika Penyedia Jasa mengalami keterlambatan akibat gambar kerja tidak diserahkan sesuai skedul, maka Penyedia Jasa dapat mengajukan klaim: <ul style="list-style-type: none"> i. Perpanjangan waktu atas keterlambatan tersebut; ii. Pembayaran sejumlah biaya ditambah keuntungan yang akan dimasukkan kedalam Harga Kontrak. 		

2. KONDISI AKTUAL LAPANGAN

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	UNIT RATE	LUMP SUM
<p>Isu: Kondisi fisik aktual lapangan yang tidak dapat diperkirakan dan berbeda dengan data tanah yang diberikan oleh Pengguna Jasa</p>		
<ul style="list-style-type: none"> • Jika terdapat kondisi fisik aktual lapangan yang tidak tercantum dalam laporan yang dibuat oleh Konsultan Perencana, dan berdampak pada perubahan metode kerja serta biaya pelaksanaan, Penyedia Jasa dapat mengajukan klaim dibawah pasal <i>Variation</i> (Perubahan); atau dapat diberikan waktu kepada Penyedia Jasa untuk melakukan investigasi kondisi lapangan untuk memberikan gambaran lokasi proyek, tetapi tidak cukup untuk memberikan informasi akurat terkait kondisi dibawah tanah. • Perlu dituangkan dalam Kontrak dengan Penyedia Jasa batasan kondisi fisik yang menjadi tanggung jawab Penyedia Jasa, adalah yang telah dituangkan dalam data dan informasi yang diberikan pada saat tender mengingat Penyedia Jasa memberikan proposal berdasar data yang diberikan oleh Pengguna Jasa. • Pengguna Jasa dalam hal ini juga harus menuangkan detail tanggung jawab kondisi fisik lapangan yang harus menjadi tanggung jawab Konsultan Perencana sesuai profesi keahlian dalam hal keakuratan data yang diberikan. 		<ul style="list-style-type: none"> • Data fisik lapangan dapat diberikan oleh Pengguna Jasa sebagai acuan Penyedia Jasa dalam melakukan detail desain. Tetapi hal ini masih memungkinkan Penyedia Jasa untuk mengajukan klaim jika ternyata informasi yang diberikan tidak sesuai dengan kondisi aktual. • Pengguna Jasa dapat memberikan lingkup survei kondisi fisik lapangan (penyelidikan tanah termasuk hidrologi dan kondisi bawah permukaan) kepada Penyedia Jasa, jika terdapat ketidaksesuaian antara data yang ada dengan kondisi aktual, maka Penyedia Jasa bertanggung jawab untuk melakukan perbaikan agar persyaratan yang diminta oleh Pengguna Jasa tercapai dimana dampak waktu dan biaya yang timbul dapat di klaim-kan oleh Penyedia Jasa. • Perlu dipertimbangkan dengan memberikan lingkup survei kepada Penyedia Jasa dapat berdampak harga penawaran menjadi tinggi. <p><i>Merujuk FIDIC – EPC 1st Edition 1999; Pasal 4.10 dan 4.12</i></p>

3. PERUBAHAN (VARIATION)

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	UNIT RATE	LUMP SUM
<i>Isu: Definisi perubahan (Variation) yang jelas</i>		
<ul style="list-style-type: none"> • Pengertian harga pasti dalam kontrak lump sum adalah harga tidak berubah selama berlakunya kontrak dan tidak dapat diubah kecuali karena perubahan lingkup pekerjaan atau kondisi pelaksanaan dan perintah tambahan dari Pengguna Jasa sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> – Permintaan dari Pemberi Tugas untuk menambah / mengurangi pekerjaan yang instruksinya dilakukan secara tertulis. – Adanya perubahan gambar/spesifikasi teknis dari Perencana yang sudah disetujui oleh Pemberi Tugas. – Adanya instruksi tertulis dari pengawas lapangan untuk menyempurnakan suatu jenis pekerjaan tertentu yang dipastikan bahwa sangat berisiko secara struktural atau sistem tidak berfungsi tanpa adanya penyempurnaan tersebut dimana hal 	<ul style="list-style-type: none"> • Penyedia Jasa dapat mengajukan klaim tambahan biaya dan perpanjangan waktu pelaksanaan akibat perubahan baik yang diinstruksikan oleh Pengguna Jasa atau inisiasi Penyedia Jasa yang disetujui oleh Pengguna Jasa tetapi dengan harga satuan tetap. • Untuk setiap proses pembayaran harus dilakukan pengukuran bersama di lapangan dimana terkadang kondisi ini memerlukan waktu yang cukup lama. Sehingga perlu disepakati mekanisme waktu (Time Bar) dalam proses sejak instruksi perubahan dikeluarkan yang menjadi bagian dari dokumen rujukan dalam Kontrak. • Hindari terjadi adanya harga satuan timpang karena harga satuan bersifat mengikat untuk perhitungan realisasi biaya kontrak. • Jika terdapat harga satuan timpang untuk item pekerjaan tertentu harus dilakukan klarifikasi & dibuat Berita Acara Kesepakatan mengenai harga satuan yang akan digunakan untuk perhitungan perubahan biaya pada saat proses 	<ul style="list-style-type: none"> • Perubahan Pekerjaan dapat dikeluarkan oleh Pengguna Jasa atau inisiasi Penyedia Jasa. • Jika diinstruksikan oleh Pengguna Jasa, maka Penyedia Jasa dapat mengajukan klaim atas perubahan tersebut dimana perubahan dilaksanakan setelah biaya disepakati kedua belah pihak yang akan diatur mekanisme waktu (Time Bar) pada klausul Kontrak agar tidak berdampak kepada penyelesaian keseluruhan pekerjaan. • Inisiasi Penyedia Jasa dapat dibedakan 2 kondisi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Jika perubahan bertujuan untuk menunjang atau diperlukan memenuhi lingkup pekerjaan, maka biaya ditanggung oleh Penyedia Jasa tetapi perubahan tersebut tetap harus mendapat persetujuan dari Pengguna Jasa.

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	UNIT RATE	LUMP SUM
tersebut sebelumnya belum dinyatakan dalam spesifikasi teknik. – Dalam perhitungan biaya tambah/kurang merujuk kepada analisa harga satuan yang tercantum dalam <i>Bill of Quantity</i> .	tender.	2. Jika perubahan bertujuan untuk efisiensi biaya dengan melakukan “ <i>Value Engineering</i> ”, dimana umumnya hasil efisiensi biaya tersebut menjadi keuntungan bagi pihak Penyedia Jasa; atau jika disepakati umum juga dilakukan pembagian 50-50 dari biaya yang dapat dihemat atas dasar VE ini antara Pengguna Jasa dan Penyedia Jasa.
<u>Berdasar FIDIC – General Condition for Construction 1st Edition 1999 – (Red Book):</u> Instruksi perubahan dapat dikeluarkan oleh Pengguna Jasa selama masa pelaksanaan dan sebelum Berita Acara Serah Terima Pertama dikeluarkan. Perubahan yang dapat dilakukan adalah: <ol style="list-style-type: none"> Perubahan atas volume pekerjaan. Perubahan atas kualitas dan karakteristik dari item pekerjaan. Perubahan atas level atau posisi atau dimensi dari bagian pekerjaan. Pengurangan pekerjaan kecuali jika pengurangan pekerjaan tersebut diberikan kepada pihak lain tanpa alasan yang dapat diterima. Penambahan pekerjaan dari lingkup yang telah disepakati dan dituangkan dalam Kontrak. Perubahan atas waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. 		
Selain merujuk kepada pembahasan diatas, umumnya kondisi yang membolehkan Kontraktor untuk mengajukan Perpanjangan Waktu adalah disebabkan kondisi sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> Force majeure Kondisi cuaca yang sangat ekstrem (<i>Exceptionally inclement weather</i>) dengan pembuktian yang dapat diterima oleh Pengguna Jasa. Kerugian atau kerusakan yang disebabkan oleh risiko tertentu misalnya kebakaran, dll (<i>Loss or damage occasioned by specified risks e.g. fire, etc.</i>) Keributan warga sipil (<i>Civil commotion etc.</i>) jika belum termasuk dalam definisi pada klausul keadaan kahar “<i>force majeure</i>” 		

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	UNIT RATE	LUMP SUM
5. Dalam hal memenuhi instruksi Wakil Klien (<i>Compliance with agent's Instructions</i>) 6. Keterlambatan memberikan informasi dari Wakil Employer (<i>Delay in supply of information from employer's agent</i>) 7. Keterlambatan pekerjaan oleh NSC Pengguna Jasa (<i>Delay on the part of nominated subcontractors/suppliers</i>) 8. Keterlambatan akibat pihak yang terkait dengan Pengguna Jasa (<i>Delay on the part of persons engaged by the client</i>) 9. Pemeriksaan dan Inspeksi pekerjaan yang telah tertutup (<i>Opening up and inspection of covered works</i>) dimana terbukti Penyedia Jasa tidak melakukan kesalahan dan pemeriksaan atau inspeksi ini dilakukan Pengguna Jasa dalam hal untuk memastikan pekerjaan telah dilakukan dengan benar. 10. Ketidakmampuan Kontraktor untuk mengamankan tenaga kerja, barang atau bahan. (<i>Contractor's inability to secure labour, goods or materials</i>). Hal ini umumnya pada kontrak EPC terkait dengan pengadaan material import dari luar negeri yang terkendala akibat kondisi diluar kendali Penyedia Jasa, contoh: adanya peperangan di negara alat atau material tersebut diadakan, dll.		
Isu: Apakah waktu yang diperlukan untuk mengajukan notifikasi adanya perubahan adalah wajar dan dapat diterima?		
<ul style="list-style-type: none"> • Untuk menghindari perselisihan, Kontrak harus memiliki definisi yang dapat diterima dan prosedur yang jelas jika terjadi instruksi Perubahan baik yang dikeluarkan oleh Pengguna Jasa ataupun inisiasi dari Penyedia Jasa. • Perubahan Pekerjaan dapat dikeluarkan oleh Pengguna Jasa atau atas inisiasi Penyedia Jasa yang dilakukan sebelum tanggal Sertifikat Serah Terima Pertama dikeluarkan. • Perlu diperhatikan pemahaman antara pemberitahuan dan penyampaian Klaim atau Variasi. Perlu klarifikasi jangka waktu sebagai penerapan kepada "pemberitahuan" bukan "penyerahan" sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> – Penetapan "Jangka Waktu" yang masuk akal untuk pengajuan suatu klaim Perubahan agar tidak menimbulkan perselisihan. – "Jangka Waktu diukur mulai dari tanggal Penyedia Jasa sadar atas dasar suatu klaim perubahan" dan bukan dari "tanggal terjadinya peristiwa lain yang dianggap relevan". – Untuk itu perlu dituangkan secara detail proses dan urutan jangka waktu (<i>Time Bar</i>) sejak diterimanya Instruksi Perubahan dari Pengguna Jasa sampai dengan disetujuinya proposal biaya dan waktu pelaksanaan oleh Penyedia Jasa. 		

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	UNIT RATE	LUMP SUM
<i>Isu: Adakah harga satuan yang ditetapkan untuk perubahan?</i>		
Harga satuan yang memadai atau mekanisme penentuan harga lainnya harus tercantum untuk evaluasi biaya jika terjadi perubahan. Bila memungkinkan menawarkan Harga Unit terpisah untuk pengurangan Lingkup Pekerjaan (Negatif Variation) dengan pertimbangan maksimum Pekerjaan tambah atau kurang atau perubahan pekerjaan adalah dibatasi, misalnya 5% atau nilai lain yang disepakati untuk memperhitungkan biaya tetap dan keuntungan yang harus dipertahankan Penyedia Jasa.	<p>Perubahan untuk harga satuan yang sudah ada didalam BOQ dapat digunakan sebagai acuan untuk menetapkan biaya pekerjaan tambah atau kurang.</p> <p>Untuk item pekerjaan baru yang harga satuannya belum terdapat dalam BOQ, maka Penyedia Jasa akan mengajukan penawaran harga untuk perubahan pekerjaan yang di instruksikan oleh Penyedia Jasa dimana pada dasarnya Perubahan tersebut dapat dilakukan setelah kedua belah pihak sepakat agar tidak terjadi perselisihan.</p>	Harga satuan umumnya tidak disyaratkan pada jenis kontrak EPC dimana mekanisme penentuan harga akibat adanya perubahan adalah atas persetujuan atas proposal yang diajukan dimana biaya yang diajukan dinilai wajar dan disetujui oleh Pengguna Jasa. Bila disyaratkan Penyedia Jasa memberikan analisa harga, hal ini memungkinkan menawarkan Harga Unit terpisah untuk pengurangan Lingkup Pekerjaan (Negatif Variation) dengan pertimbangan maksimum pekerjaan tambah atau kurang atau perubahan lingkup pekerjaan adalah dibatasi, misalnya 5% atau nilai lain yang disepakati untuk memperhitungkan biaya tetap dan keuntungan yang harus dipertahankan Penyedia Jasa.
Perlu dituangkan mekanisme persetujuan biaya perubahan, penambahan dan pengurangan ("Variation") secara detail. Jika Variasi untuk item pekerjaan baru yang belum terdapat biayanya dalam Bill of Quantity atau perubahan untuk item pekerjaan yang telah terdapat biayanya didalam Bill of Quantity tetapi harga yang tercantum pada Bill of Quantity sudah tidak dapat dijadikan rujukan mengingat telah terjadinya perubahan harga di pasar maka kondisi ini perlu diatur secara detail pada klausul kontrak dan kaitannya dengan klausul eskalasi yang diberikan didalam Kontrak untuk mengurangi perselisihan dalam menetapkan biaya atas Variasi yang terjadi.		

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	UNIT RATE	LUMP SUM
<i>Isu: Pembatasan nilai Instruksi pekerjaan tambah atau kurang</i>		
<ul style="list-style-type: none"> • Jika Pengguna Jasa mengajukan tuntutan dalam melakukan penambahan atau pengurangan lingkup pekerjaan dengan tujuan ekonomis, maka Penyedia Jasa akan mengajukan kompensasi atas penambahan atau pengurangan item pekerjaan tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk membatasi keinginan Pengguna Jasa dalam melakukan penambahan atau pengurangan pekerjaan dalam nilai yang significant dari perencanaan awal. • Pengguna Jasa dapat melakukan pengurangan lingkup pekerjaan dengan dasar pihak Penyedia Jasa dianggap dan terbukti lalai dalam menjalankan kewajibannya dibawah Kontrak, contoh: progress pekerjaan terlambat yang dapat berdampak kepada waktu penyelesaian pekerjaan, maka Pengguna Jasa dapat mengajukan instruksi pengurangan pekerjaan dan memberikan kepada pihak ketiga yang dianggap mampu untuk melaksanakan pekerjaan dengan tujuan agar pekerjaan dapat diselesaikan sesuai waktu yang telah direncanakan dengan biaya pelaksanaan pekerjaan kurang tersebut akan dipotong dari pembayaran kepada Penyedia Jasa. 		
		FIDIC EPC – 1st Edition 1999: <ul style="list-style-type: none"> • pengurangan pekerjaan dengan memberikan kepada Pihak lain karena alasan yang tidak dapat diterima, tidak boleh dilakukan oleh Pengguna Jasa. Sebagai contoh harga item pekerjaan lebih murah jika dilakukan oleh Pihak Ketiga. Penyedia Jasa tidak boleh melakukan ini karena harga yang telah ditawarkan adalah mengikat.

4. PENERIMAAN PEKERJAAN

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	UNIT RATE	LUMP SUM
<p>Isu:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Prosedur definitif untuk penerimaan kerja dan pemberian penyelesaian praktis ➤ Definisi pekerjaan selesai 100% dan “minor defect” ➤ Prosedur dan alasan yang dapat diterima untuk perpanjangan waktu pelaksanaan 		
<ul style="list-style-type: none"> • Kontrak harus memiliki Prosedur Serah Terima yang jelas. • Penyelesaian Pekerjaan dianggap disetujui dengan dikeluarkannya Berita Acara Serah Terima atau Berita Acara Penyelesaian Pekerjaan. Dalam beberapa kasus persetujuan dianggap atau telah dikeluarkan jika Pengguna Jasa telah menggunakan hasil pekerjaan dimana pemeliharaan dan penjagaan atas proyek tersebut beralih kepada Pengguna Jasa. • Sanksi atau denda keterlambatan kepada Penyedia Jasa harus dicantumkan dalam Kontrak dan disepakati oleh kedua belah pihak. • Berdasar FIDIC Red Book 1999, Perpanjangan Waktu umumnya dilakukan jika terjadi keterlambatan sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> a. Definisi keadaan kahar (<i>Force Majeure</i>) yang disepakati. b. Akibat instruksi perubahan (Variasi) yang dikeluarkan oleh Pengguna Jasa. c. Keterlambatan atas kesalahan ataupun kelalaian Pengguna Jasa. d. Penangguhan Pekerjaan kecuali disebabkan oleh kesalahan Penyedia Jasa. e. Kondisi fisik yang tidak terduga. f. Perbaikan kerusakan pada Pekerjaan yang bukan disebabkan oleh Kontraktor. • Jika ada ketentuan mengenai Denda Keterlambatan, maka harus ada juga ketentuan untuk Perpanjangan Waktu berkaitan dengan keterlambatan yang disebabkan oleh sebab – sebab yang dituliskan diatas. • Denda Keterlambatan yang wajar adalah sebesar 5% - 10% dari Total Nilai Kontrak (TNK) atau Total Nilai setelah dikurangi penyelesaian pekerjaan secara parsial (jika ada) atau nilai lain yang disepakati kedua belah pihak. • Diperlukan persamaan pandangan dan aturan mengenai penyebab terjadinya keterlambatan, ruang lingkup yang termasuk ke dalam keterlambatan dan persamaan definisi mengenai pekerjaan selesai 100% serta kondisi yang termasuk <i>minor defect</i> dimana perlu disepakati 		

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	UNIT RATE	LUMP SUM
<p>kondisi minor defect yang dapat diterima oleh Pengguna Jasa.</p> <p><u>FIDIC Red Book – Kondisi Umum Pelaksanaan Konstruksi 1st Edition 1999:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sebelum Pengguna Jasa menerima hasil pekerjaan, Penyedia Jasa harus melaksanakan pengujian pada akhir pelaksanaan dimana Konsultan yang ditunjuk oleh Pengguna Jasa akan mempertimbangkan hasil dari Pengujian akhir tersebut apakah telah memenuhi persyaratan serta karakteristik yang diminta oleh Pengguna Jasa sesuai yang dituangkan dalam Kontrak. • <i>“Minor Defect” adalah cacat mutu yang secara substansial tidak mempengaruhi penggunaan Pekerjaan atau bagian Pekerjaan sesuai dengan tujuan yang dimaksud, dimana Penyedia Jasa tetap harus melakukan perbaikan atas segala defect atau cacat yang terdapat pada Pekerjaan selama masa pemeliharaan.</i> • Apabila Penyedia Jasa tidak melakukan pengujian akhir, maka Pengguna Jasa dapat melakukan pengujian ini dengan biaya pelaksanaan pengujian dibebankan kepada Penyedia Jasa. • Apabila Pekerjaan atau bagian dari pekerjaan tidak lolos atau tidak memenuhi kriteria yang telah disepakati dalam Kontrak, maka Pengguna Jasa berhak untuk menolak dan meminta Penyedia Jasa untuk melakukan perbaikan sebelum dilakukan pengujian ulang sampai dinyatakan pekerjaan tersebut telah lulus uji dan Pengguna Jasa mengeluarkan Berita Acara sebagai tanda disetujui dan diterimanya hasil pekerjaan Penyedia Jasa. 		

5. JAMINAN PENYEDIA JASA

SISTEM TRADISIONAL (Penyedia Jasa Sebagai Pelaksana Pekerjaan)		SISTEM EPC (Penyedia Jasa Melakukan Proses Disain - Pelaksanaan)
LUMP SUM	UNIT RATE	LUMP SUM
<p><i>Isu: terjadi perselisihan karena ketidakjelasan pengaturan jaminan Penyedia Jasa selama pelaksanaan pekerjaan</i></p> <p>Mekanisme dan tata cara terkait jaminan perlu diatur secara rinci, diantaranya adalah sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kontrak harus mengatur dalam hal apa saja kelalaian dari Penyedia Jasa yang membolehkan Pengguna Jasa dapat mencairkan Jaminan dengan memberikan pemberitahuan secara tertulis kepada Penyedia Jasa. Walaupun pada umumnya kondisi pada Jaminan yang diberikan adalah bersifat "<i>Unconditional</i>", yaitu Pengguna Jasa dapat mencairkan Jaminan tanpa menunggu persetujuan dari Penyedia Jasa. 2. Tetapi akan lebih "fair" jika kondisi pencairan jaminan Penyedia Jasa berdasar penilaian kegagalan Penyedia Jasa dalam menjalankan Kontrak. Kontrak harus menjelaskan secara rinci mekanisme pencairan seperti Pengguna Jasa akan memberikan pemberitahuan secara tertulis dalam waktu 14 (empat belas) hari yang menyatakan bahwa Penyedia Jasa telah gagal memenuhi tanggung jawabnya secara Kontrak sesuai dengan pasal yang mengatur didalam Kontrak. 3. Perlu disepakati dan dituangkan secara rinci jangka waktu berlakunya Jaminan sehingga Penyedia Jasa dapat mengakomodir biaya untuk membuat Jaminan tersebut didalam harga penawaran. 		

3.4 Pembebasan Lahan untuk Pembangunan Terowongan Jalan

Terdapat beberapa aturan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia dalam hubungannya dengan pengadaan/pembebasan lahan untuk kegiatan suatu proyek pembangunan. Berikut ini disampaikan mengenai klausul-klausul mengenai hal tersebut dari beberapa perundang-undangan yang ada beserta legal opininya:

1) Perpres No. 65 Tahun 2006

❖ Klausul 1 ayat (3), bunyi ayat:

Pengadaan tanah adalah setiap kegiatan untuk mendapatkan tanah dengan cara memberikan ganti rugi kepada yang melepaskan atau menyerahkan tanah, bangunan, tanaman, dan benda-benda yang berkaitan dengan tanah.

Legal Opini:

Agar diperhatikan Prinsip Pemisahan Horizontal dalam proses pengadaan tanah yang membedakan pemilikan atas tanah dengan pemilikan atas bangunan, tanaman, dan benda-benda yang berkaitan dengan tanah, guna menghindari pertanggung-jawaban Penyedia Jasa (untuk mengganti kerugian) atas bangunan, tanaman, dan benda-benda yang berkaitan dengan tanah milik pihak ketiga yang berada di atas lokasi Proyek, meskipun tanah/lahan sudah bebas.

❖ Klausul 2 ayat (1), bunyi ayat:

Pengadaan tanah bagi pelaksanaan pembangunan untuk kepentingan umum oleh Pemerintah atau Pemerintah Daerah dilaksanakan dengan cara pelepasan atau penyerahan hak atas tanah.

❖ Klausul 5, bunyi ayat:

Pembangunan untuk kepentingan umum yang dilaksanakan Pemerintah atau Pemerintah Daerah sebagaimana dimaksud dalam Klausul 2, yang selanjutnya dimiliki atau akan dimiliki oleh Pemerintah atau Pemerintah Daerah, meliputi: jalan umum dan jalan tol, rel kereta api (di atas tanah, di ruang atas tanah, ataupun di ruang bawah tanah), saluran air minum/air bersih, saluran pembuangan air dan sanitasi.

Legal Opini:

Agar diperhatikan bahwa pada dasarnya Pemerintah/Pemda, dalam hal ini Panitia Pengadaan Tanah, bertanggung jawab atas pengadaan tanah bagi pelaksanaan pembangunan untuk kepentingan umum. Pengadaan tanah disini artinya tanah/lahan proyek yang telah bebas, sah secara hukum

dimiliki/dikuasai Negara, bahkan secara fisik bersih dari bangunan-bangunan ilegal (baik permanen maupun semi-permanen) yang berdiri di atasnya, tidak didiami/ dihuni oleh siapapun juga. Perlu diketahui bahwa istilah "Penyedia Jasa" atau "Penyedia Jasa" tidak disebut dalam Perpres No. 65 Tahun 2006 dan Perpres No. 36 Tahun 2005, sehingga secara hukum Penyedia Jasa seyogianya tidak bertanggung-jawab atas pengadaan tanah, meskipun dalam praktiknya Penyedia Jasa secara moril dituntut untuk proaktif mendukung proses pembebasan lahan atau pengadaan tanah, kecuali apabila, misalnya penghancuran bangunan-bangunan ilegal di atas lahan yang sudah bebas, disepakati sebagai pekerjaan tambah.

❖ Ps. 18 A, bunyi ayat:

Apabila yang berhak atas tanah atau benda-benda yang ada di atasnya yang haknya dicabut tidak bersedia menerima ganti rugi sebagaimana ditetapkan dalam Keputusan Presiden, karena dianggap jumlahnya kurang layak, maka yang bersangkutan dapat meminta banding kepada Pengadilan Tinggi agar menetapkan ganti rugi sesuai Undang-Undang Nomor 20 Tahun 1961 tentang Pencabutan Hak-Hak Atas Tanah dan Benda-Benda yang Ada di Atasnya dan Peraturan Pemerintah Nomor 39 Tahun 1973 tentang Acara Penetapan Ganti Kerugian oleh Pengadilan Tinggi Sehubungan dengan Pencabutan Hak-Hak Atas Tanah dan Benda-Benda yang ada di Atasnya.

2) Peraturan Kepala BPN No. 3 Tahun 2007

❖ Klausul 1 (2), bunyi ayat:

Pemilik adalah pemegang hak atas tanah, dan/atau pemilik bangunan, dan/atau pemilik tanaman, dan/atau pemilik benda-benda lain yang berkaitan dengan tanah.

Legal Opini:

Agar diperhatikan adanya dokumentasi yang membuktikan telah terjadinya pelepasan, penyerahan atau pencabutan hak atas tanah dari pemilik atau pemegang hak atas tanah, dan/atau pemilik bangunan, dan/atau pemilik tanaman, dan/atau pemilik benda-benda lain yang berkaitan dengan tanah. Seyogianya, seluruh lahan proyek diserahkan-terimakan kepada Penyedia Jasa dalam kondisi bebas dan legal sebelum/ pada tanggal Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK).

❖ Klausul 6, bunyi ayat:

Keputusan penetapan lokasi sebagaimana dimaksud dalam Klausul 5 ayat (3) diberikan untuk jangka waktu :

- i) Satu tahun, bagi pengadaan tanah yang memerlukan tanah seluas sampai dengan 25 (dua puluh lima) hektar;
- ii) Dua tahun, bagi pengadaan tanah yang memerlukan tanah seluas lebih dari 25 (dua puluh lima) hektar sampai dengan 50 (lima puluh) hektar;
- iii) Tiga tahun, bagi pengadaan tanah yang memerlukan tanah seluas lebih dari 50 (lima puluh) hektar.

Apabila dalam jangka waktu penetapan lokasi sebagaimana dimaksud pada point (d.i) perolehan tanah belum selesai, namun telah memperoleh paling sedikit 75% (tujuh puluh lima persen) dari rencana pembangunan, Bupati/Walikota atau Gubernur untuk wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta hanya dapat menerbitkan 1 (satu) kali perpanjangan penetapan lokasi untuk jangka waktu paling lama 1 (satu) tahun.

Legal Opini:

Agar diperhatikan ketentuan yang memungkinkan perpanjangan Keputusan Penetapan Lokasi dalam hal perolehan tanah telah mencapai 75%, yang mengindikasikan bahwa dalam praktiknya dapat saja terjadi, dimana Kontrak telah ditanda-tangani atau SPMK telah diterbitkan, namun lahan masih dalam kondisi belum bebas sepenuhnya dan permasalahan pembebasan lahan berlarut-larut.

❖ Klausul 39, bunyi ayat:

Lokasi pembangunan untuk kepentingan umum tidak dapat dipindahkan secara teknis tata ruang ke tempat atau lokasi lain sebagaimana dimaksud dalam Klausul 19 ayat (4) huruf b, Klausul 35 ayat (2) dan Klausul 37 ayat (1), apabila :

- a) berdasarkan aspek historis, klimatologis, geografis, geologis dan topografis tidak ada di lokasi lain;
- b) dipindahkan ke lokasi lain memerlukan pengorbanan, kerugian, dan biaya yang lebih atau sangat besar;
- c) rencana pembangunan tersebut sangat diperlukan dan lokasi tersebut merupakan lokasi terbaik dibandingkan lokasi lain atau tidak tersedia lagi lokasi yang lain; dan/atau
- d) tidak di lokasi tersebut dapat menimbulkan bencana yang mengancam keamanan dan keselamatan masyarakat yang lebih luas.

Legal Opini:

Jika ditafsirkan secara *a contrario*, maka lokasi pembangunan untuk kepentingan umum dapat saja dipindahkan, meskipun hal ini jarang terjadi. Namun, agar diperhatikan keterkaitan antara Klausul 39 (Lokasi Pembangunan yang Tidak Dapat Dipindahkan) yang memberikan hak

kepada Pemerintah/ Pemda pemilik proyek untuk memindahkan lokasi proyek, dengan dampaknya bagi perhitungan Penyedia Jasa. Tidak dijelaskan lebih lanjut bilamana keputusan pemindahan lokasi proyek dilakukan pada tahapan kualifikasi yang mana.

❖ Klausul 67 (1), bunyi ayat:

- i) Pelaksanaan pembangunan fisik atas lokasi yang telah diperoleh instansi pemerintah yang memerlukan tanah, dimulai setelah pelepasan/ penyerahan hak atas tanah dan/atau penyerahan bangunan dan/atau penyerahan tanaman sebagaimana dimaksud dalam Klausul 49 dan Klausul 50, atau telah dititipkannya ganti rugi sebagaimana dimaksud dalam Klausul 48.
- ii) Dalam hal ganti rugi kepada yang berhak atas ganti rugi dititipkan ke Pengadilan Negeri, maka Bupati/Walikota atau Gubernur untuk wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta menerbitkan keputusan untuk melaksanakan pembangunan fisik.

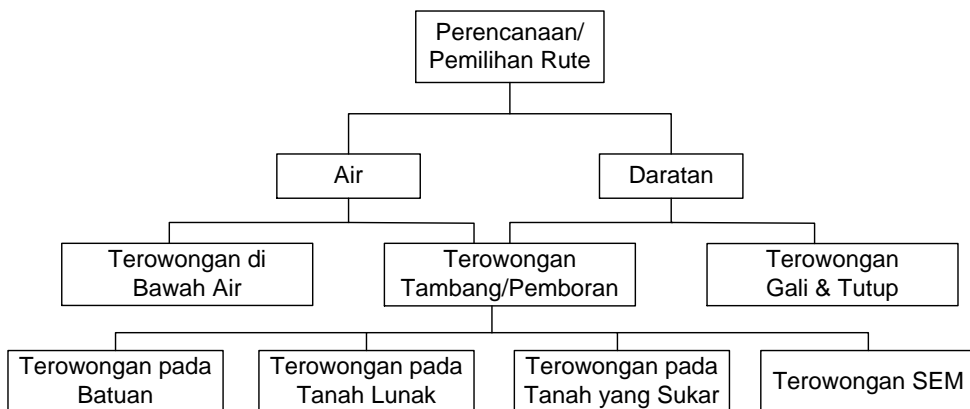
Legal Opini:

Agar diperhatikan bahwa pelaksanaan pembangunan fisik atas lokasi yang telah diperoleh instansi pemerintah yang memerlukan tanah, dimulai setelah dilakukannya pelepasan/ penyerahan hak atas tanah dan/atau penyerahan bangunan dan/atau penyerahan tanaman, atau telah dititipkannya ganti rugi. Baru setelah itu, proses selanjutnya adalah serah-terima lahan dan SPMK diterbitkan. Namun, tidak diuraikan lebih lanjut bilamana pelaksanaan pembangunan dimulai setelah tanah/ lahan ini sudah bebas seluruhnya, atau 75% sebagaimana dimaksud dalam Ps. 6 (3), atau persentase lain.

4 Pekerjaan Penggalan Terowongan

Pekerjaan penggalian terowongan jalan merupakan pekerjaan yang memiliki tingkat resiko tinggi. Hal ini dikarenakan tingginya tingkat risiko pembangunan terowongan jalan karena adanya ketidakpastian kondisi yang tidak terlihat (*unforeseeable physical condition*) di bawah permukaan dan kompleksitas pekerjaan, jika dibandingkan dengan pembangunan jalan permukaan. Oleh karenanya, untuk mengurangi resiko kegagalan konstruksi, diperlukan pengetahuan yang cukup mendalam mengenai identifikasi kondisi tanah/batuan beserta metode penggalian dan peralatan yang diperlukan untuk membuat terowongan.

Terowongan dapat dibangun dengan berbagai teknik atau metode yang berbeda. Teknik atau metode yang dipilih biasanya tergantung kepada kondisi tanah/batuan dimana terowongan tersebut akan dibangun dan bentuk terowongannya. FHWA (2009) memberikan ilustrasi proses pemilihan awal tipe terowongan sebagai studi konseptual, setelah dilakukan kajian terhadap rute terowongan, seperti terlihat pada Gambar 4-1 berikut. Selanjutnya, selain kondisi tanah, pemilihan tipe terowongan juga ditentukan berdasarkan pada konfigurasi geometri, jenis persimpangan dan persyaratan lingkungan.

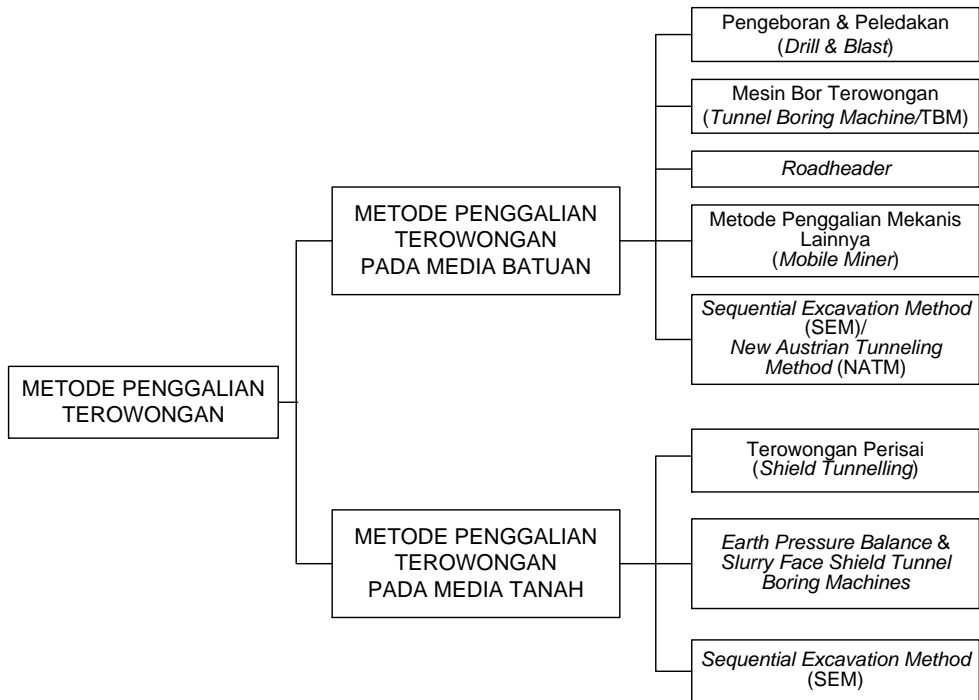


Gambar 4-1 Proses Pemilihan Awal Tipe Terowongan (FHWA, 2009)

Perbedaan teknik dan metode dalam pembangunan terowongan ini biasanya terkait dengan metode penggalian dan penyanggaannya. Teknik penggalian pada media batuan, misalnya akan memerlukan karakteristik peralatan yang berbeda dengan untuk media tanah. Begitu juga untuk sistem penyangganya, misalnya pada media tanah, terutama yang tidak memiliki kekuatan untuk menahan beban tanah itu sendiri (*stand up time*), maka akan diperlukan pemasangan sistem penyangga segera sesaat setelah dilakukan penggalian.

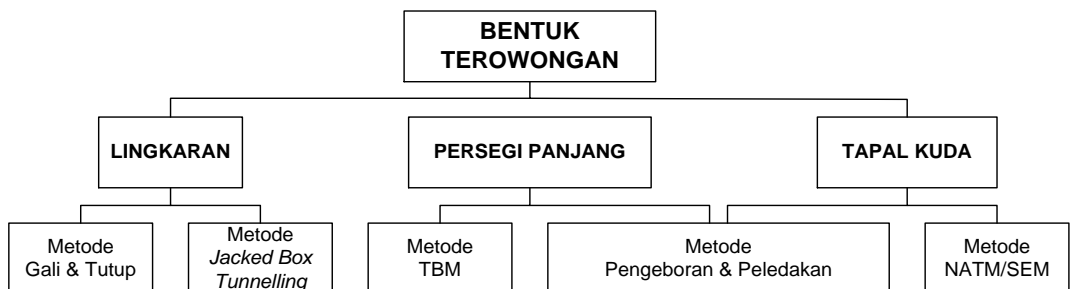
Kolymbas (2008) mendefinisikan penggalian sebagai suatu proses pemisahan batuan dengan menggunakan metode dan peralatan palu pneumatik dan hidrolik, ekskavator, *roadheader*, mesin bor terowongan (*Tunnel Boring Machine/TBM*) serta pengeboran dan peledakan (*drill & blast*).

Dan FHWA (2009) dalam Manual Teknik untuk Desain dan Konstruksi Terowongan Jalan – Bagian Sipil, telah menguraikan mengenai beberapa metode penggalian terowongan yang telah umum digunakan baik untuk media tanah maupun media batuan, diantaranya adalah: metode pengeboran dan peledakan (*drill and blast*), Mesin Bor Terowongan (*Tunnel Boring Machine/TBM*), *Roadheader*, dan NATM (*New Austrian Tunnelling Method*) atau SEM (*Sequential Excavation Method*), terowongan perisai (*Shield Tunnelling*), *Earth Pressure Balance & Slurry Face Shield Tunnel Boring Machines*. Untuk lebih jelasnya, metode-metode penggalian yang dapat digunakan pada media tanah dan media batuan dapat dilihat pada Gambar 4-2.



Gambar 4-2 Metode Penggalian Terowongan (FHWA, 2009)

Dan jika dilihat dari klasifikasi bentuk terowongan, tidak semua metode tersebut di atas dapat digunakan untuk semua tipe bentuk terowongan. Untuk lebih jelasnya mengenai metode yang sesuai digunakan untuk setiap tipe bentuk terowongannya, dapat dilihat pada Gambar 4-3 berikut ini.



Gambar 4-3 Bentuk dan Metode Konstruksi Terowongan (FHWA, 2009)

Uraian mengenai karakteristik peralatan, prosedur, batasan-batasan dan hal-hal lain yang berkaitan dengan setiap metode penggalian tersebut, akan dijelaskan secara lebih rinci dalam sub bab berikut ini.

4.1 Metode Penggalian Terowongan pada Media Batuan

4.1.1 Klasifikasi Massa Batuan

Karakteristik massa batuan dan diskontinuitas batuan biasanya memiliki pengaruh yang lebih besar pada perilaku tanah selama pembangunan terowongan dan pembebanan terowongan daripada sifat-sifat batuan intak/utuh (*intact rock*) (FHWA, 2009). Sifat-sifat khusus batuan intak penting untuk aplikasi terowongan terutama dalam pemilihan pahat batuan untuk mesin bor terowongan dan jenis lain ekskavator batuan, serta untuk memprediksi pengausan pahat (*cutter wear*).

Beberapa klasifikasi massa batuan telah dikembangkan oleh beberapa peneliti. Dan Karl Terzaghi (1946) merupakan peneliti pertama yang mengembangkan klasifikasi massa batuan secara kualitatif. Setelah itu beberapa peneliti mulai mengembangkan juga klasifikasi massa batuan dengan berbagai pendekatan yang lebih kuantitatif, seperti diantaranya Deere dan Deere (1988), Barton et al. (1974), dan Z.T. Bieniawski (1989). Konsep klasifikasi massa batuan yang telah dikembangkan dari masing-masing peneliti tersebut akan diuraikan berikut ini.

a) Klasifikasi dari Terzaghi

Konsep dari klasifikasi massa batuan dari Terzaghi (1946) adalah memberikan sokongan untuk tinggi batuan/*height of rock* (beban batuan) yang cenderung untuk jatuh keluar dari atap terowongan. Uraian klasifikasi ini dapat dilihat pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Klasifikasi Massa Batuan dari Terzaghi (1946)

Kondisi Batuan	Deskripsi
Batuan utuh	Tidak mempunyai kekar-kekar atau retak rambut. Oleh karena itu, jika pecah batuan ini akan pecah dengan utuh. Pada proses peledakan, pecahan batuan akan runtuh dari atap beberapa jam atau beberapa hari setelah peledakan. Hal ini dikenal sebagai kondisi keruntuhan (<i>spalling condition</i>). Selain itu kondisi <i>popping</i> juga dapat terjadi yaitu ketika pecahan batuan secara spontan dan dengan kasar terlepas/runtuh dari sisi atau atap terowongan.
Batuan berlapis	Terdiri dari lapisan individual dengan resistansi pada garis batas lapisan yang kecil atau tidak ada sama sekali. Kekar-kekar melintang dapat melemahkan lapisan tetapi juga dapat tidak berpengaruh. Pada kondisi batuan seperti itu kondisi keruntuhan (<i>spalling</i>) cukup umum terjadi.

Kondisi Batuan	Deskripsi
Batuan yang terkekarkan sedang (<i>moderately jointed rock</i>)	Mempunyai kekar-kekar dan retak rambut, tetapi blok-blok antara kekar setempat tumbuh bersama atau saling mengikat dengan erat yang mana dinding vertikal tidak memerlukan penyangga lateral. Pada batuan jenis ini, kondisi keruntuhan (<i>spalling</i>) dan <i>popping</i> dapat terjadi.
Batuan berblok dan berlapis-lapis (<i>Blocky and seamy rock</i>)	Terdiri dari fragmen batuan kimiawi utuh atau hampir utuh yang sepenuhnya terpisah satu sama lain dan saling terikat dengan sempurna. Pada batuan seperti ini, dinding vertikal mungkin memerlukan penyangga lateral.
Batuan intak kimiawi yang terhancurkan (<i>Crushed but chemically intact rock</i>)	Mempunyai karakter seperti batu pecah (<i>crusher run</i>). Dominan atau semua fragmen berukuran butir pasir halus dan tidak ada proses sementasi lagi yang terjadi, batuan pecah di bawah muka air tanah menunjukkan sifat menyimpan air (<i>water-bearing</i>).
Batuan yang termampatkan (<i>squeezing rock</i>)	Masuk ke dalam terowongan secara perlahan dengan peningkatan volume yang tidak kelihatan. Prasyarat untuk menekan adalah persentase partikel mikro dan submikro mineral mika atau mineral lempung yang mempunyai kemampuan mengembang rendah.
Batuan mengembang	Masuk ke dalam terowongan terutama karena adanya pengembangan. Kapasitas untuk mengembang terbatas pada batuan-batuan yang mengandung mineral lempung seperti monmorilonit, dengan kemampuan mengembang tinggi.

b) RQD

Deere dan Miller (1966) mengembangkan suatu indeks kualitas batuan atau dikenal dengan *Rock Quality Designation* (RQD), yang memberikan suatu metode sistematis untuk menggambarkan kualitas massa batuan dari hasil log pemboran inti. RQD digambarkan sebagai panjang (sebagai persentase dari panjang inti total) dari potongan inti yang utuh dan kuat dengan panjang 4 inci (10 cm) atau lebih. Penggunaan utama RQD dalam desain terowongan modern adalah sebagai faktor utama dalam klasifikasi massa batuan sistem Q atau RMR. Untuk metode perhitungan RQD dan pengukuran yang benar dapat dilihat dalam Manual Teknik untuk Desain dan Konstruksi Terowongan Jalan – Bagian Sipil (FHWA, 2009). Dan hubungan nilai RQD dengan jenis kualitas batuan dapat dilihat pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2 Nilai RQD dan Deskripsi Kualitas Batuannya
(Deere and Deere 1989, dari Deere et al. 1967)

RQD (%)	Kualitas Batuan
< 25	Sangat jelek
25 – 50	Jelek
50 – 75	Sedang
75 – 90	Bagus
90 – 100	Sangat bagus

c) Sistem Q

Barton et al. (1974) berdasarkan dari hasil studi kasus terhadap sejumlah pekerjaan penggalian bawah tanah membuat suatu indeks kualitas terowongan (Q) untuk menentukan karakteristik massa batuan dan kebutuhan penyangga untuk terowongan. Terdapat 6 parameter yang digunakan untuk mendapatkan nilai indeks tersebut, yaitu:

- RQD
- Jumlah kekar/*joint set number* (J_n)
- Jumlah kekasaran kekar/*joint roughness number* (J_r)
- Jumlah kekar alterasi/*joint alteration number* (J_a)
- Faktor reduksi air kekar/*joint water reduction factor* (J_w)
- Faktor reduksi tekanan (SRF)

Dengan nilai numerik indeks Q bervariasi pada skala logaritmik dari 0,001 sampai maksimum 1.000 dan dihitung dengan formula berikut (Barton, 2002):

$$Q = \left[\frac{RQD}{J_n} \right] \times \left[\frac{J_r}{J_a} \right] \times \left[\frac{J_w}{SRF} \right]$$

Perlu diketahui bahwa RQD/J_n adalah ukuran blok, J_r/J_a adalah ukuran kuat friksi kekar, J_w/SRF adalah ukuran tekanan kekar.

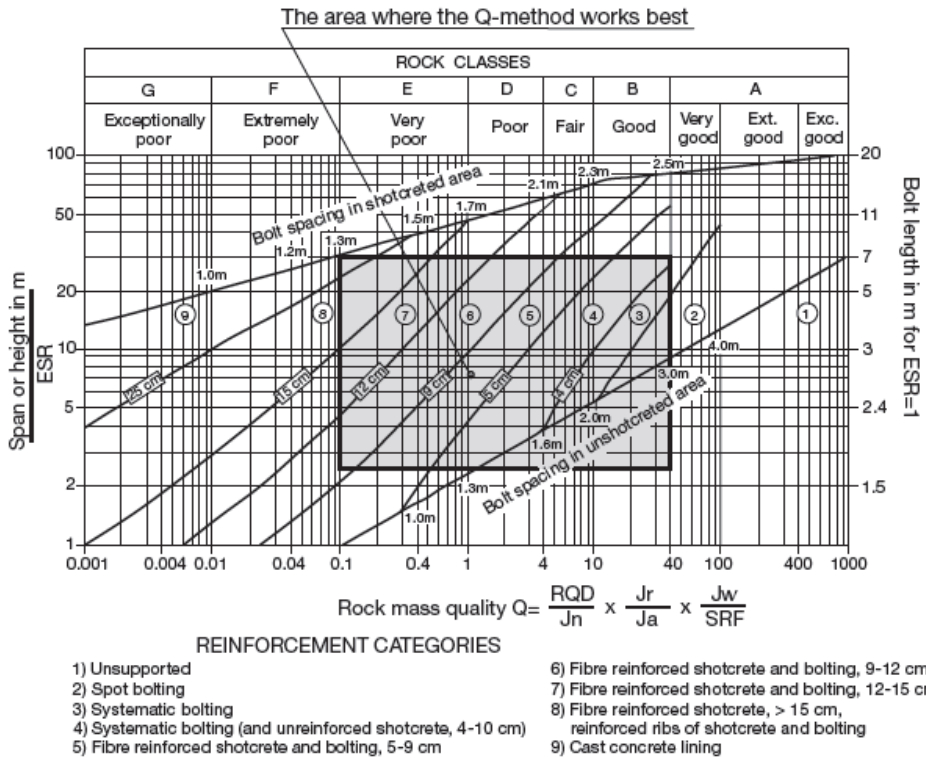
Selain itu Barton juga memberikan parameter tambahan yang disebut dengan *equivalent dimension* (D_e), dari penggalian. Dimensi ini diperoleh dari persamaan berikut:

$$D_e = \frac{\text{rentang penggalian, diameter atau tinggi (m)}}{\text{rasio penyangga penggalian, ESR}}$$

Nilai ESR terkait dengan tujuan dari penggalian dan tingkat keamanan, yang memiliki pengaruh pada sistem penyangga yang akan dipasang untuk menjaga stabilitas penggalian. Pada Tabel 4-3 ditunjukkan kisaran dari nilai ESR. Dan pada Gambar 4-4 dapat dilihat grafik hubungan antara D_e terhadap nilai Q dengan kriteria untuk sistem penyangga.

Tabel 4-3 Rasio Penyangga Penggalian yang Disarankan (ESR)
(Barton dan Grimstad 1993, dari Barton et al. 1974)

	Jenis Penggalian	ESR
A	Bukaan tambang sementara	2.0 – 5.0
B	Bukaan tambang permanen, terowongan air untuk PLTA (tidak masuk pintu air bertekanan tinggi) terowongan percontohan, terowongan dengan bukaan yang besar, ruang tekanan (<i>surge chambers</i>)	1.6 – 2.0
C	Gua penyimpanan, instalasi pengolahan air, terowongan jalan dan kereta api kecil, terowongan akses	1.2 – 1.3
D	Pembangkit listrik, terowongan jalan dan kereta api utama, ruang pertahanan sipil, portal, persimpangan	0.9 – 1.1
E	PLTN bawah tanah, stasiun kereta api, fasilitas olahraga dan umum, pabrik, terowongan pipa gas utama	0.5 – 0.8



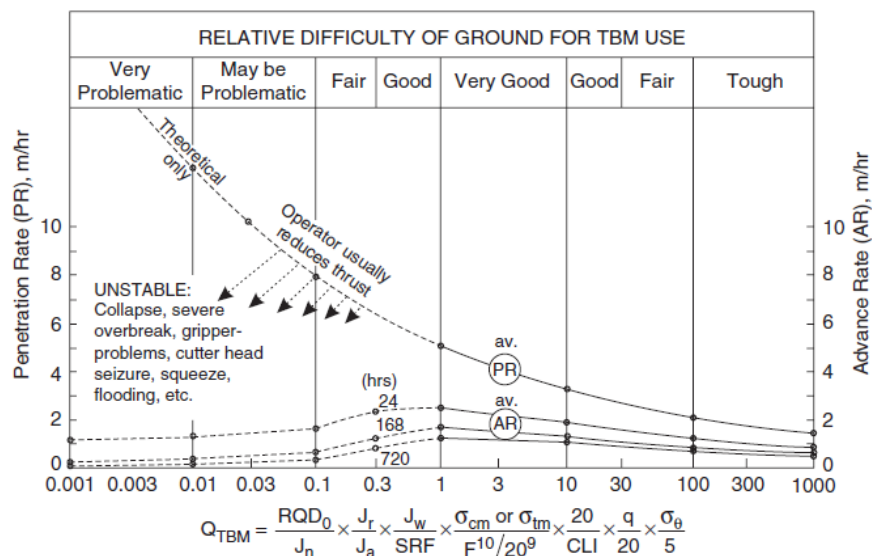
Gambar 4-4 Perkiraan Kategori Penyangga berdasarkan Nilai Q (Grimstad dan Barton, 1993; direproduksi oleh Palmström and Broch, 2006)

Pada tahun 1999, Barton mengembangkan metode untuk memperkirakan tingkat penetrasi (*Penetration Rate/PR*) dan tingkat kemajuan (*Advance Rate/AR*) menggunakan nilai Q dan Q_{TBM} . Metode ini didasarkan pada parameter-parameter Q yang telah dikenal tetapi dengan parameter tambahan interaksi mesin-massa batuan. Kedua nilai-nilai ini memberikan 12 orde tingkat kisaran nilai Q_{TBM} . Nilai sesungguhnya akan tergantung pada kekuatan pemotong. Hubungan antara tingkat penetrasi (PR), tingkat kemajuan (AR) dan nilai Q_{TBM} dapat dilihat pada Gambar 4-5. Dan komponen dari Q_{TBM} sendiri adalah sebagai berikut:

$$Q_{TBM} = \frac{RQD_0}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \times \frac{\sigma_{cm} \text{ or } \sigma_{tm}}{F^{10}} \times \frac{20}{CLI} \times \frac{q}{20} \times \frac{\sigma_\theta}{5}$$

dimana

- RQD = RQD (%) yang diinterpretasikan pada arah penggalian terowongan. RQD_0 juga digunakan untuk mengevaluasi nilai Q untuk perkiraan kekuatan massa batuan
- J_n, J_r, J_a, SRF = peringkat dari Barton et al. (1974) dan tidak berubah
- F = beban pemotong rata-rata (tnf) melalui zona yang sama, dinormalisasi dengan 20 tnf (alasan untuk istilah daya tinggi akan terlihat nanti)
- σ_{cm} atau σ_{tm} = perkiraan kekuatan tekan dan tarik massa batuan (MPa) dalam zona yang sama
- CLI = indeks ketahanan pemotong (*cutter life index*) (misalnya: 4 untuk kuarsit, 90 untuk batugamping)
- q = kandungan kuarsa dalam persen
- σ_θ = tekanan biaksial terinduksi pada muka bidang terowongan (MPa) di zona yang sama, dinormalisasi pada kedalaman sekitar 100m (≈ 5 MPa)



Gambar 4-5 Hubungan antara PR, AR dan Q_{TBM} (Barton, 1999)

d) Sistem RMR (*Rock Mass Rating*)

Bieniewski (1989) telah mengembangkan suatu sistem klasifikasi "*Rock Mass Rating*" (RMR), dengan menggunakan 6 parameter, yaitu:

- Kuat tekan uniaksial batuan,
- RQD,

- Spasi diskontinuitas,
- Kondisi diskontinuitas,
- Kondisi air tanah,
- Orientasi diskontinuitas.

Penilaian untuk masing-masing parameter tersebut dalam klasifikasi massa batuan dengan sistem RMR ini dapat dilihat pada Gambar 4-6. Untuk penerapan sistem RMR dalam terowongan, Bieniawski (1989) memberikan panduan dalam pemilihan perkuatan batuan (sebagai catatan pedoman ini hanya berlaku untuk terowongan dengan rentang 10 m yang dibangun dengan metode pengeboran dan peledakan). Panduan ini tergantung pada beberapa faktor seperti kedalaman sumbu terowongan (tekanan in situ), ukuran dan bentuk terowongan dan metode penggalian.

Selain itu, informasi mengenai waktu penyanggaan sendiri (*stand up time*) batuan dan maksimum rentang batuan yang stabil dapat diperoleh dari sistem RMR, seperti ditunjukkan pada Gambar 4-7. Dan klasifikasi massa batuan dalam kaitannya dengan penggunaan mesin bor terowongan (TBM) dapat dilihat pada Gambar 4-8, yang merupakan hasil modifikasi dari Gambar 4-7.

e) Klasifikasi Massa Batuan NATM

Rabcevicz, Müller dan Pacher telah mengembangkan *New Austrian Tunneling Method* (NATM) antara tahun 1957 dan 1965 di Austria. Menurut Bieniawski (1989), klasifikasi massa batuan NATM merupakan sistem klasifikasi tanah/batuan yang bersifat kualitatif yang harus mempertimbangkan secara keseluruhan konteks dari NATM.

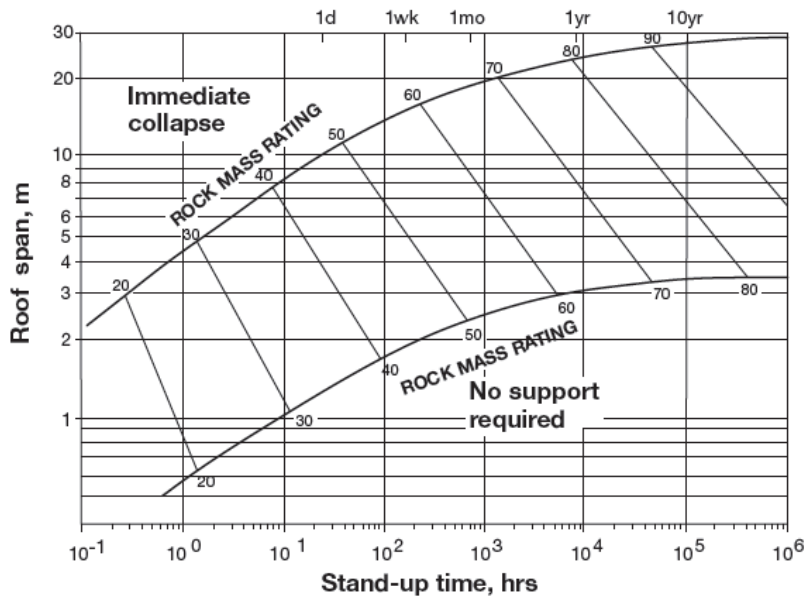
Menurut NATM, massa batuan diklasifikasikan tanpa penilaian kualitas numerik; kondisi batuan/tanah dijelaskan secara kualitatif. Standar Austria ONORM B2203 Oktober 1994 berdasarkan saran dari Rabcewicz (1964), telah mengembangkan klasifikasi massa batuan dan perilaku massa batuan untuk setiap kelompoknya seperti diuraikan pada Tabel 4-5.

A. Klasifikasi Parameter dan Rating									
Parameter			Batasan Nilai						
1	Kekuatan material batuan padat (<i>intact rock</i>)	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Untuk nilai yang lebih kecil dilakukan uji uniaxial		
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Rating		15	12	7	4	2	1	0
2	Nilai RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Jarak diskontinuitas		> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Kondisi diskontinuitas (lihat E)		Permukaan sangat kasar Tidak menerus Tidak ada pemisahan Batuan segar	Permukaan agak kasar Pemisahan < 1 mm Lapuk ringan	Permukaan agak kasar Pemisahan < 1 mm Lapuk kuat	Permukaan yang tergerus (slickensided) atau Gouge, tebal < 5 mm atau Pemisahan 1-5 mm Menerus	Gouge halus, tebal > 5 mm Pemisahan > 5 mm Menerus		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Air tanah	Aliran (inflow) tiap 10 m panjang terowongan (l/m)	tidak ada	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		tekanan air kekar tegangan utama, σ	0	< 0,1	0,1 - 2	0,2 - 0,5	> 0,5		
		Kondisi umum	Kering	Lembab	Basah	Menetes	Mengalir		
	Rating		15	10	7	4	0		
B. Penyesuaian Rating untuk Orientasi Diskontinuitas (lihat F)									
Orientasi strike dan dip			Sangat Sesuai	Sesuai	Cukup	Tidak Sesuai	Sangat Tidak Sesuai		
Rating	Terowongan & tambang		0	-2	-5	-10	-12		
	Pondasi		0	-2	-7	-15	-25		
	Lereng		0	-5	-25	-50			
C. Kelompok Massa Batuan dari Total Rating									
Rating			100 <-- 81	80 <-- 61	60 <-- 41	40 <-- 21	< 21		
Nomor Kelompok			I	II	III	IV	V		
Deskripsi			Sangat Bagus	Bagus	Cukup	Jelek	Sangat Jelek		
D. Keterangan setiap Kelompok Batuan									
Nomor Kelompok			I	II	III	IV	V		
Rata-rata <i>stand-up time</i>			20 th utk rentang 15 m	1 th utk rentang 10 m	1 minggu utk rentang 5 m	10 hari utk rentang 2.5 m	30 menit utk rentang 1 m		
Kohesi massa batuan (kPa)			> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100		
Sudut geser massa batuan (derajat)			> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15		
E. Panduan untuk Klasifikasi Kondisi Diskontinuitas									
Panjang diskontinuitas (persistence)			< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
Rating			6	4	2	1	0		
Pemisahan (aperture)			tidak ada	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
Rating			6	5	4	1	0		
Kekasaran			Sangat kasar	Kasar	Agak kasar	Halus	Tergerus/slickensided		
Rating			6	5	3	1	0		
Pengisian (gouge)			tidak ada	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm		
Rating			6	4	2	2	0		
Pelapukan			Tidak lapuk	Lapuk ringan	Lapuk sedang	Lapuk kuat	Hancur/decomposed		
Rating			6	5	3	1	0		
F. Pengaruh Orientasi Arah jurus dan Kemiringan Diskontinuitas pada Terowongan									
Arah jurus (strike) tegak lurus poros terowongan					Arah jurus (strike) sejajar poros terowongan				
Searah dengan dip - Dip 45 - 90°		Searah dengan dip - Dip 2° - 45°			Dip 45 - 90°		Dip 20 - 45°		
Sangat sesuai		Sesuai			Sangat tidak sesuai		Sesuai		
Berlawanan arah dengan dip - Dip 45 - 90°		Berlawanan arah dengan dip - Dip 20 - 45°			Dip 0-20 - Irrespective of strike				
Sesuai		Tidak Sesuai			Sesuai				

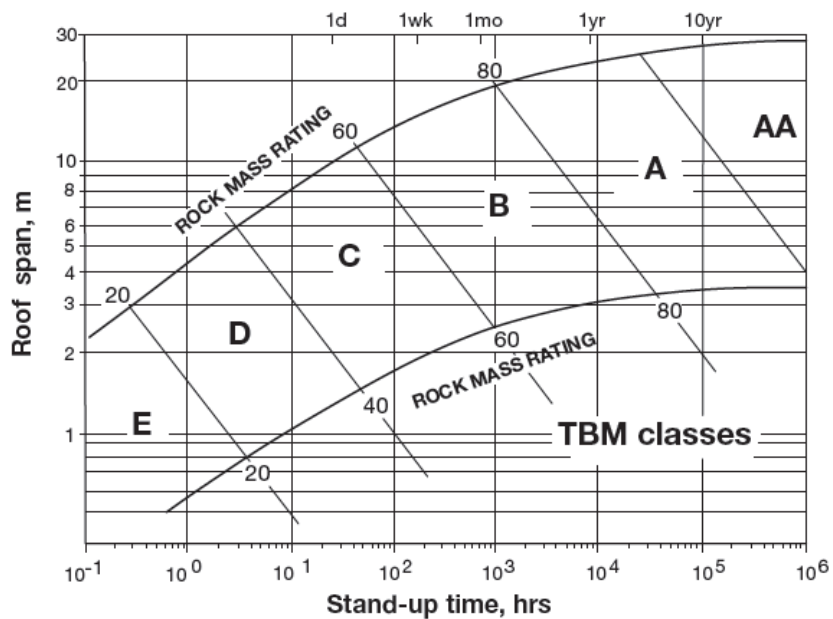
Gambar 4-6 Kategori dan Penilaian dari RMR (Bieniewski, 1989)

Tabel 4-4 Panduan untuk Penggalian dan Penyanggaan Terowongan pada Media Batuan berdasarkan Sistem RMR (Bieniawski, 1989)

Kelompok Massa Batuan	Penggalian	Rock bolts/Baut Batuan (diameter 20 mm, digROUT seluruhnya)	Beton Semprot	Rangkaian Baja (Steel sets)
I - Sangat Bagus RMR: 81 - 100	Seluruh muka, kemajuan 3 m	Tidak diperlukan, kecuali pembautan setempat (<i>spot bolting</i>)		
II - Bagus RMR: 61 - 80	Seluruh muka, kemajuan 1 - 1.5 m Penyangga penuh 20 m dari permukaan.	Setempat, baut dipasang pada puncak dengan panjang 3 m, jarak 2.5 m dengan jaring kawat (<i>occasional wire mesh</i>)	Jika diperlukan, 50 mm pada bagian puncak.	Tidak diperlukan
III - Cukup RMR: 41 - 60	Bagian atas dan <i>bench</i> , kemajuan 1.5 - 3 m pada bagian atas. Penyangga dipasang setiap setelah peledakan. Penyangga penuh 10 m dari permukaan.	Baut dipasang secara sistematis dengan panjang 4 m, jarak 1.5 - 2 m pada puncak dan dinding dengan jaring kawat pada bagian puncak.	50 - 100 mm pada bagian puncak dan 30 mm di bagian tepi.	Tidak diperlukan
IV - Jelek RMR: 21 - 40	Bagian atas dan <i>bench</i> , kemajuan 1.0 - 1.5 m pada bagian atas. Pasang penyangga bersamaan dengan penggalian, 10 m dari permukaan.	Baut dipasang secara sistematis dengan panjang 4 - 5 m, jarak 1 - 1.5 m pada puncak dan dinding dengan jaring kawat pada bagian puncak.	100 - 150 mm pada bagian puncak dan 100 mm di bagian tepi.	Tulangan ringan sampai sedang berjarak 1.5 m jika diperlukan.
V - Sangat Jelek RMR: < 20	Beberapa arah (<i>drift</i>), kemajuan 0.5 - 1.5 m pada bagian atas. Pasang penyangga bersamaan dengan penggalian. Beton semprot dipasang secepatnya setelah peledakan.	Baut dipasang secara sistematis dengan panjang 5 - 6 m, jarak 1 - 1.5 m pada puncak dan dinding dengan jaring kawat pada bagian puncak. <i>Bolt invert</i> .	150 - 200 mm pada bagian puncak dan 100 mm di bagian tepi dan 50 mm pada permukaan.	Tulangan sedang sampai berat berjarak 0.75 m dengan <i>steel lagging</i> dan <i>forepoling</i> jika diperlukan. <i>Close invert</i> .



Gambar 4-7 Hubungan antara Waktu Penyanggaan Sendiri Batuan (*stand-up time*) dan Rentang Atap berdasarkan Nilai RMR (Bieniawski, 1989)



Gambar 4-8 Batas Kelas Massa Batuan untuk Penggunaan TBM (Bieniawski 1989, modifikasi dari Lauffer 1988)

Tabel 4-5 Klasifikasi Massa Batuan NATM
(Geoconsult, 1993 and ONORM B 2203,1994)

Klasifikasi Massa Batuan	Perilaku Massa Batuan		Uraian
	ONORM B 2203 setelah Okt. 1994	ONORM B 2203 sebelum Okt. 1994	
A	A1 Stabil	A1 Stabil	Massa batuan bersifat elastis. Deformasi kecil dan berkurang dengan cepat. Tidak ada kecenderungan <i>overbreaking</i> setelah penskalaan bagian batuan yang terganggu akibat peledakan. Massa batuan secara permanen stabil tanpa dukungan.
	A2 Sedikit <i>overbreak</i>	A1 Sedikit <i>overbreak</i>	Massa batuan bersifat elastis. Deformasi kecil dan berkurang dengan cepat. Cenderung mengalami sedikit <i>overbreaks</i> pada atap terowongan dan di bagian atas dinding samping yang disebabkan oleh diskontinuitas dan bobot mati massa batuan yang ada.
B	B1 Rapuh	B1 Rapuh	Sebagian besar dari massa batuan bersifat elastis. Deformasi kecil dan berkurang dengan cepat. Kekuatan massa batuan rendah dan terbatasnya waktu penyanggaan sendiri batuan (<i>stand-up time</i>) terkait dengan pola diskontinuitas yang berlaku yang menghasilkan <i>overbreaks</i> dan sifat lepas dari strata batuan di atap terowongan dan dinding samping atas jika tidak ada dukungan yang dipasang saat itu.
	B2 Sangat Rapuh	B2 Sangat Rapuh	Jenis batuan ini ditandai dengan sebaran yang luas zona nonelastis, hingga jauh ke dalam massa batuan sekitarnya. Pemasangan langsung sistem penyangga terowongan, dapat memperkecil deformasi dan menghentikannya dengan cepat. Dalam kasus, tertundanya pemasangan atau kurangnya jumlah elemen-elemen penyangga, rendahnya kekuatan massa batuan berkekuatan rendah akan menyebabkan keruntuhan (<i>loosening</i>) dalam dan pembebanan (<i>loading</i>) penyangga awal. Waktu penyanggaan sendiri (<i>stand-up time</i>) dan rentang tanpa penyanggaan menjadi pendek. Potensi keruntuhan dalam dan keruntuhan tiba-tiba dari atap, dinding samping dan muka bidang terowongan menjadi tinggi.
	B3 <i>Rolling</i>		
C	C1 Batuan Retak (<i>bursting</i>)	C1 Mampat	C1 ditandai dengan zona plastik yang menyebar jauh hingga ke massa batuan sekitarnya dan mekanisme keruntuhan seperti patah (<i>spalling</i>), <i>buckling</i> , geser dan merekahnya (<i>rupture</i>) struktur batuan, karena pemampatan (<i>squeezing</i>) atau kecenderungan retaknya batuan. Massa batuan ini menunjukkan tingkat kekuatan sedang, namun dalam waktu yang berbeda tergantung perilaku pemampatan; deformasi akan menurun dengan perlahan kecuali dalam kasus batuan yang retak (<i>rock bursts</i>). Besaran dan kecepatan deformasi pada batas rongga adalah sedang.
	C2 Mampat (<i>squeezing</i>)		
	C3 Sangat	C2 Sangat	C2 ditandai dengan meluasnya zona keruntuhan

Klasifikasi Massa Batuan	Perilaku Massa Batuan		Uraian
	ONORM B 2203 setelah Okt. 1994	ONORM B 2203 sebelum Okt. 1994	
	mampat (<i>heavily squeezing</i>)	mampat (<i>heavily squeezing</i>)	dalam dan pergerakan yang cepat dan signifikan dari massa batuan ke dalam rongga dan deformasi yang turun dengan sangat lambat. Elemen-elemen penyangga akan sering mengalami tekanan yang berlebih.
	C4 Mengalir (<i>flowing</i>)	L1 Stabil dalam waktu yang singkat dengan kohesi yang tinggi	Dengan keterbatasan rentang tanpa penyanggaan pada lengkungan dan muka terowongan, massa batuan akan tetap stabil untuk waktu yang terbatas.
	C5 Mengembang	L2 Stabil dalam waktu yang singkat dengan kohesi yang rendah	Tidak mempunyai waktu berdiri sendiri tanpa penyangga dengan sebelumnya memasang <i>forepolling</i> atau <i>forepiling</i> dan beton semprot yang menutup muka bidang terowongan dan dilakukan bersamaan dengan penggalian. Kohesi rendah memerlukan sejumlah subdivisi.

f) Klasifikasi Batuan untuk Terowongan Jalan dari JSCE (*Japan Society of Civil Engineers*)

Beberapa parameter yang menjadi penilaian dalam klasifikasi dari Jepang ini, diantaranya adalah tipe batuan, kecepatan gelombang elastis, faktor kompetensi, kondisi inti bor dan nilai RQD, serta kondisi geologinya. Klasifikasi ini membagi jenis massa batuan menjadi 5 kelompok, seperti diperlihatkan pada Tabel 4-6.

Faktor kompetensi yang menjadi salah satu parameter penilaian dalam klasifikasi ini, didefinisikan sebagai:

$$\text{Faktor kompetensi} = q_u / (\gamma \cdot H)$$

dimana q_u = kuat tekan bebas tanah/batuan (MPa)

γ = berat satuan tanah/batuan (MPa)

H = kedalaman tanah di atas terowongan (m)

Untuk batuan/tanah yang telah dipengaruhi oleh proses patahan dll., dimana kondisi ini dapat diabaikan, nilai kuat tekan bebas spesimen dapat digunakan sebagai nilai kuat tekan bebas massa batuan/tanah, tetapi untuk tanah yang dipengaruhi oleh patahan, dll., yang tidak dapat diabaikan, maka kuat massa batuan semu q_u' (tf/m²) harus digunakan:

$$q_u' = (V_p/U_p)^2 \cdot q_u$$

dimana V_p = kecepatan gelombang elastis massa tanah (P, km/detik)
 U_p = kecepatan gelombang ultrasonik spesimen (P, km/detik)
 q_u = kuat tekan bebas spesimen (MPa)

Umumnya nilai U_p adalah sama atau lebih besar dari V_p tetapi jika V_p lebih besar dari U_p , maka kuat tekan semu massa batuan harus ditentukan dengan U_p dibagi dengan V_p .

Tabel 4-6 Klasifikasi Batuan dari Jepang (JSCE, 2002)

Kriteria Klasifikasi Tanah											
Kelas Batuan	Tipe Batuan	(1) Kecepatan gelombang elastis (V _p km/detik)					(2) Faktor Kompetensi	(3) Inti Bor	RQD (%)		
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0		6.0		Kondisi Inti	
A	a							-	Inti umumnya berkondisi 90% atau lebih, dalam bentuk silinder yang hampir sempurna. Mempunyai panjang 20cm atau lebih, termasuk serpihan kecil	80 atau lebih	
	b										
	c										
	d										
B	a							-	Inti umumnya berkondisi 70% atau lebih, dalam bentuk serpihan besar, silinder yang cukup pendek; panjang inti berkisar 10 – 20cm tetapi panjang 5cm pun dapat diperoleh	90 - 60	
	b										
	c										
	d ₁										
C	I	a						-	Inti umumnya berkondisi 40% - 70%, mengandung serpihan kecil sepanjang 5cm atau lebih kecil yang diakibatkan retakan yang terdapat pada batuan. Sangat sulit bahkan tidak mungkin untuk memperbaiki bentuk contoh.	70 - 20	
		b									
		c									
		d ₁									
	II	d ₂						4 atau lebih			
		a									-
		b									
		c									
D	I	d ₁						4 - 2	Kualitas inti sangat menurun, kadang-kadang 40% atau lebih kecil. Inti berbentuk serpihan kecil, terkadang mengandung lempung, atau pasir dengan campuran fragmen batuan	20 atau lebih kecil	
		d ₂									
		e									
		a									2 atau lebih
		b									
	II	c						2 - 1			
		d ₁									
		d ₂									
		e									
E	a						1 atau lebih kecil		-		
	b										
	c										
	d ₁										
	d ₂										
	e										

Catatan:

1) Tipe batuan

- a: batuan metamorfis (*phyllite, graphite schist, siliceous graphite schist, quartz schist, greenschist, gneiss, serpent, hornfels*, dll)
 Batuan *Plutonic* (*gabbro, peridotite*, dll)
 b: *Paleozoic* dan strata *Mesozoic* (*slate*, batu pasir dan konglomerat, *graywacke*, batu gamping, *quartzite, schalstein*, dll)
 c: Batuan vulkanik (*quartz trachyte, andesite, basalt*, dll)
 Batuan *Dike* (*gronoporphyry, quartz porphyry, diabasa*, dll)
 Batuan *Plutonic* (*granit, diorite*, dll)
 d: Tertier dan strata diluvial rendah (batu lumpur, *shale, siliceous*, batu pasir, dan konglomerat, tufa, tufa breksi, dll)
 Kelompok batuan ini dibagi menjadi d₁ dan d₂, yang ditentukan oleh nilai kuat tekan bebas
 $d_1 : q_u \geq 20\text{MPa}$
 $d_2 : q_u < 20\text{MPa}$
 e: Strata atas diluvial (*loam* dan deposit lempung piroklastik) Strata aluvial (rombakan lereng, permukaan tanah, dll)
 2) Kondisi inti bor, RQD dan spasi retakan digunakan pada batuan a, b, c, dan d₁

Kriteria Klasifikasi Tanah				
(4) Kondisi Geologi (Hasil survei geologi/kondisi permukaan-kerja)	(5) Pengamatan		Kondisi Setelah Penggalian	
	Pengujian dengan Palu Geologi	Jarak Retakan	Kemampuan untuk Menyangga-sendiri	Besarnya Konvergensi (mm)
<ul style="list-style-type: none"> - Batuan sangat keras dan segar, masif dan menerus dengan hampir tidak ada retakan dan bersifat stabil. - Tidak rusak karena air. 	Palu geologi memantul. Batuan dengan permukaan segar.sukar pecah pada ayunan keras.	100 – 50 atau lebih	Kondisi sangat baik, tidak ada kehilangan tekanan tanah dalam periode yang lama.	Menit
<ul style="list-style-type: none"> - Batuan segar dan keras, retakan berjumlah sedikit. - Batuan keras, kecenderungan perusakan akibat pelapukan juga terlihat. - Lapisan batuan keras dan pecahan tipis terlihat, dan batuan mudah terbelah. - Tidak terjadi perusakan akibat air. 	Batuan pecah karena pukulan palu geologi yang cukup keras, tetapi hampir semua pecahan berukuran besar sepanjang retakan, sesar, dan bidang kelemahan lainnya.	70 - 30	<ul style="list-style-type: none"> - Permukaan-kerja penggalian mampu menyangga-sendiri. Batuan jatuh dapat terjadi di beberapa lokasi tetapi permukaan-kerja penggalian secara keseluruhan adalah stabil. - Kehilangan tekanan tanah lokal menyebabkan dibutuhkannya penyangga. - Tinggi zona kehilangan tekanan tanah biasanya 1.5 – 3m. 	Menit
<ul style="list-style-type: none"> - Batuan menjadi lunak hasil pelapukan. - Batuan relatif keras, retakan halus terbentuk dan mengandung lapisan tipis lempung. - Batuan mudah terbagi dalam potongan halus. - Batuan mengandung sesar sempit di bagian sisi. - Perusakan dalam skala kecil akibat air. 	Sangat mudah pecah akibat pukulan palu geologi. Pecah menjadi fragmen kecil sepanjang bidang patahan, sebaliknya sangat sukar dipecahkan di luar bidang retakan tersebut.	50 atau lebih kecil	<ul style="list-style-type: none"> - Permukaan-kerja penggalian mampu menyangga-sendiri. - Beton-semprot dibutuhkan pada puncak-terowongan yang tidak disangga, segera setelah peledakan berakhir. - Tinggi zona kehilangan tekanan tanah biasanya 2 – 4m. 	50 atau lebih kecil
			<ul style="list-style-type: none"> - Permukaan-kerja penggalian mampu menyangga-sendiri. - Batuan jatuh terjadi di sekitar puncak-terowongan pada daerah yang tidak disangga sehingga diperlukan pra-penyanggaan. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Batuan menjadi lunak hasil pelapukan bahkan menjadi tanah, tetapi masih terdapat bagian yang keras. - Batuan mengandung retakan yang sangat banyak, dan sangat mudah menjadi serpihan. - Zona patahan yang mengandung lempung tidak meluas, dan mengandung campuran tanah kohesif dan fragmen batuan kecil, juga terdapat bagian-bagian yang keras. - Material tanah, rombakan lereng, dll. - Permukaan-kerja penggalian menjadi lunak karena air, D_u. 	Batuan mudah menjadi serpihan akibat pukulan palu geologi. Batuan mudah pecah hanya dengan ditekan dengan jari.	-	<ul style="list-style-type: none"> - Batuan jatuh dapat terjadi pada permukaan-kerja penggalian dan penampang galian yang tidak disangga, jepitan lateral terkadang terjadi. - Pra-penyangga dan penyangga pada permukaan-kerja penggalian diperlukan. 	60 atau lebih kecil
	Batuan mudah menjadi serpihan hanya dengan pukulan palu geologi yang lemah. Ujung palu geologi tertancap di batuan.	-	<ul style="list-style-type: none"> - Batuan jatuh dapat terjadi pada permukaan-kerja penggalian. - Jepitan lateral terkadang terjadi akibat penampang galian yang tidak disangga. - Daerah plastik atau tinggi zona kehilangan tekanan tanah adalah 3 – 6m. 	200 atau lebih kecil
<ul style="list-style-type: none"> - Sesar, daerah patahan, daerah rombakan lereng besar, dll - Mengandung formasi lempung dengan tekanan tanah tidak simetris. - Perlunakan akibat perusakan oleh air. 		-	<ul style="list-style-type: none"> - Tanah terjepit akan terjadi pada permukaan-kerja penggalian, dan dapat menjadi runtuh. - Fenomena tanah terjepit akibat tekanan akan terjadi pada bukaan yang tidak disangga. 	400 atau lebih kecil

4.1.2 Palu Pneumatik dan Hidrolik

Palu pneumatik dan hidrolik dapat digunakan untuk penggalian terowongan di media batuan lunak dan mempunyai kinerja yang sebanding dengan metode pengeboran dan peledakan (Kolymbas, 2008). Penggalian dengan menggunakan peralatan ini, tidak akan menimbulkan getaran seperti jika menggunakan metode pengeboran dan peledakan. Pada Tabel 4-7 berikut ini, dapat dilihat contoh kapasitas kecepatan penggalian palu pneumatik/hidrolik)

berdasarkan jenis kekuatan batuan. Dan palu hidrolik ini biasanya diletakkan dan dibawa oleh traktor seperti terlihat pada Gambar 4-9. Untuk mengurangi debu yang dihasilkan akibat aktivitas alat ini, biasanya dilakukan penyemprotan air pada daerah penggalian.

Tabel 4-7 Kinerja Palu Hidrolik (Kolymbas, 2008)

Kuat Tekan Tidak Terkekang (<i>Unconfined Strength</i>) Batuan (MPa)	Kapasitas Penggalian (m ³ /jam)
40 – 50	40
70 – 80	26
80 – 100	20

Catatan: palu hidrolik tipe HM 2500 dari Krupp Berco

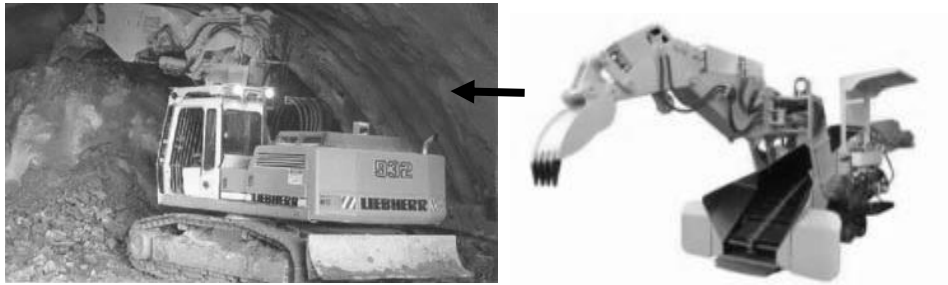


Gambar 4-9 Pahat Hidrolik untuk Penggalian Terowongan

4.1.3 Ekskavator

Ekskavator dapat digunakan untuk penggalian di media batuan lunak dan menunjukkan kinerja yang tinggi pada batuan yang mempunyai nilai $RMR < 30$ (*soft or jointed rock*) (Kolymbas, 2008). Jika terdapat inklusi batuan keras, maka diperlukan mesin pemecah tipis (*thin rippers*) dan pahat hidrolik (*hydraulic chisel*). Dan penggarukan (*ripping*) umumnya digunakan pada batuan dengan RMR antara 30-60 dan batuan yang mempunyai kecepatan gelombang P antara

1-2 km/detik. Agar dapat mengikuti profil terowongan sesuai dengan gambar desain, maka alat ini mempunyai kemampuan untuk dapat bergerak memutar dengan bebas. Pada Gambar 4-10 dapat dilihat contoh dari alat ini.



Gambar 4-10 Ekskavator untuk Penggalan Terowongan

4.1.4 **Roadheader (Mesin Bor Terowongan Parsial)**

Roadheader dikenal juga sebagai mesin bor terowongan parsial (*partial face boring machine*). Alat ini digunakan untuk batuan dengan kekuatan sedang dan untuk batuan yang mempunyai struktur berlapis (Kolymbas, 2009), atau pada batuan/tanah dengan kekuatan kompresi uniaksial sekitar 100 Mpa (Chapman et al., 2010).

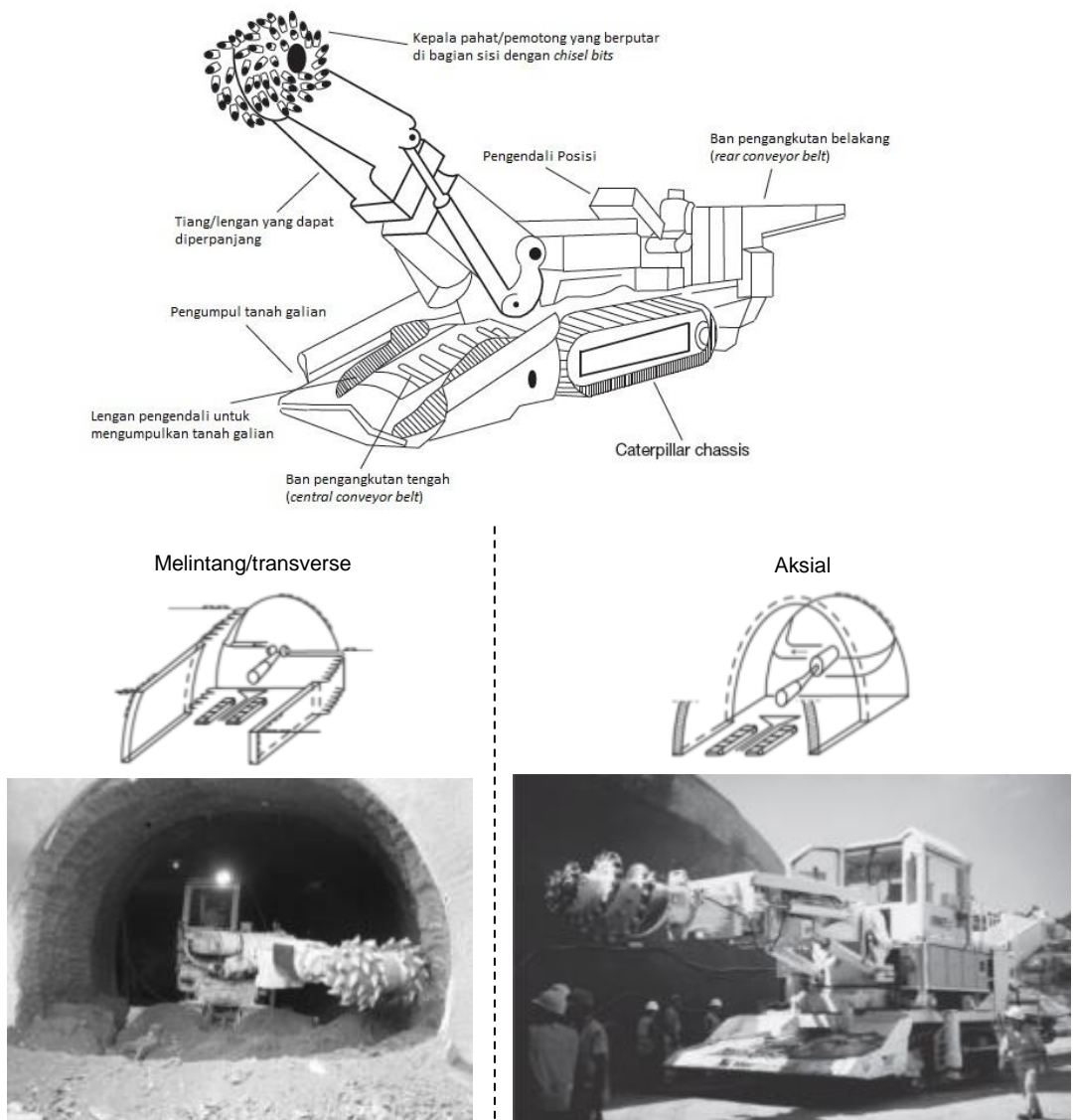
Pemotong dipasang pada perpanjangan lengan ekskavator dan memecahkan batuan menjadi potongan-potongan kecil. Dengan demikian, kelebihan penggalian (*overprofiling*) dapat dikendalikan, begitu juga meluasnya keruntuhan batuan sekitarnya dapat dihindari. Daya yang diperlukan oleh alat ini akan meningkat sesuai dengan kekuatan batumannya.

Berdasarkan arah pergerakan kepala pahat/pemotongnya, *roadheader* ini dapat dibedakan menjadi (Chapman et al., 2010):

- *roadheader* aksial, yang kepala pahat/pemotongnya berputar pada poros lengannya. Jenis ini akan menghasilkan profil dinding terowongan yang lebih halus dibandingkan dengan jenis yang melintang. Namun mempunyai bobot mesin yang lebih berat.
- *roadheader* melintang (*transverse*), yang kepala pahat/pemotong berputar pada bagian sisi lengannya. Profil dinding terowongan yang dihasilkan

dengan *roadheader* jenis ini lebih bergelombang dan diperlukan waktu lebih lama untuk menghaluskannya.

Untuk lebih jelasnya pada Gambar 4-11 berikut ini, dapat dilihat gambar skematik dari *roadheader*, jenis dan bagian-bagiannya.



Gambar 4-11 *Roadheader*

Langkah-langkah pencegahan terhadap debu yang dihasilkan dari kegiatan penggalian dengan alat ini juga harus dipersiapkan. Biasanya, untuk mencegah debu yang dihasilkan, maka dipasang ventilasi dan alat penghisap debu atau dilakukan penyemprotan air. Namun, tindakan pencegahan tersebut tidak akan sepenuhnya menghilangkan debu yang dihasilkan. Oleh karena itu, penggunaan alat ini pada daerah dengan kondisi tanah/batuan yang mengandung kuarsa, tidak boleh dilakukan karena kuarsa dapat menyebabkan penyakit kanker.

4.1.5 Pengeboran dan Peledakan (*drill and blast*)

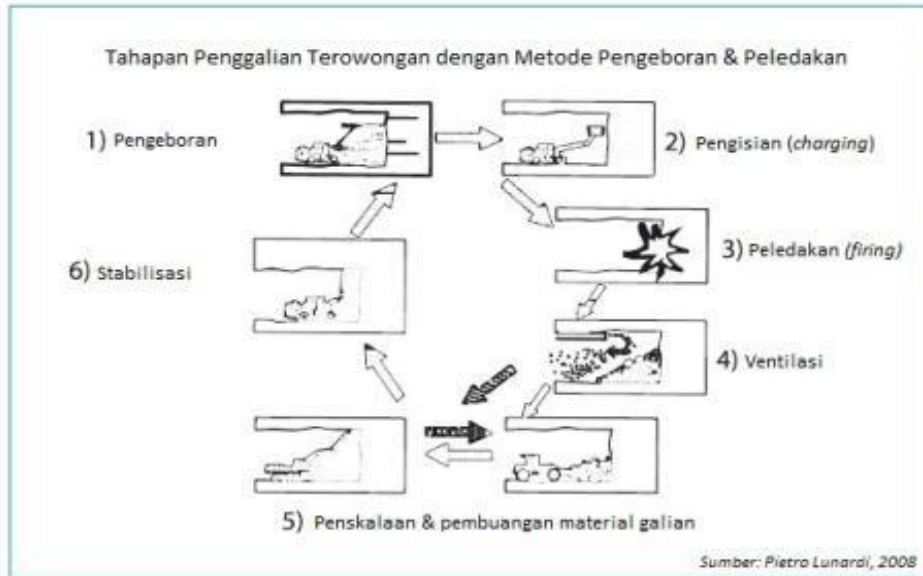
Prinsip dasar dari metode pengeboran dan peledakan ini adalah mengebor lubang-lubang kecil dengan pola tertentu, mengisi lubang-lubang tersebut dengan bahan peledak, dan kemudian meledakkan bahan peledak tersebut sehingga menghasilkan sebuah bukaan (*opening*) pada batuan (FHWA, 2009). Pecahan-pecahan batuan kemudian dibersihkan dan penyangga batuan dipasang, sehingga seluruh proses tersebut dapat diulang kembali sampai keseluruhan terowongan yang diinginkan selesai.

Metode pengeboran dan peledakan dapat digunakan baik untuk batuan keras (misalnya: granit, gneis, basal, kuarsa) maupun batuan lunak (napal, lempung, kapur). Namun penggunaan metode ini akan lebih menguntungkan dan direkomendasikan untuk digunakan pada (Kolymbas, 2008; Chapman, 2010):

- Daerah dengan kondisi batuan yang keras.
- Daerah dengan kondisi perubahan batuan yang sangat bervariasi. Dimana kegiatan pengeboran dan peledakan juga sistem penyanggaan dapat disesuaikan pada setiap kemajuan muka penggalian.
- Terowongan pendek, dimana kalau menggunakan metode TBM akan menjadi tidak ekonomis.
- Terowongan dengan bentuk yang tidak melingkar atau profil muka terowongan yang sangat besar.

Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam metode pengeboran dan peledakan ini, secara berurutan pada umumnya adalah sebagai berikut: pengeboran, pengisian (*charging*), peredaman (*stemming*), peledakan, ventilasi, pembuangan material galian (*mucking*) dan penyanggaan. Masing-masing

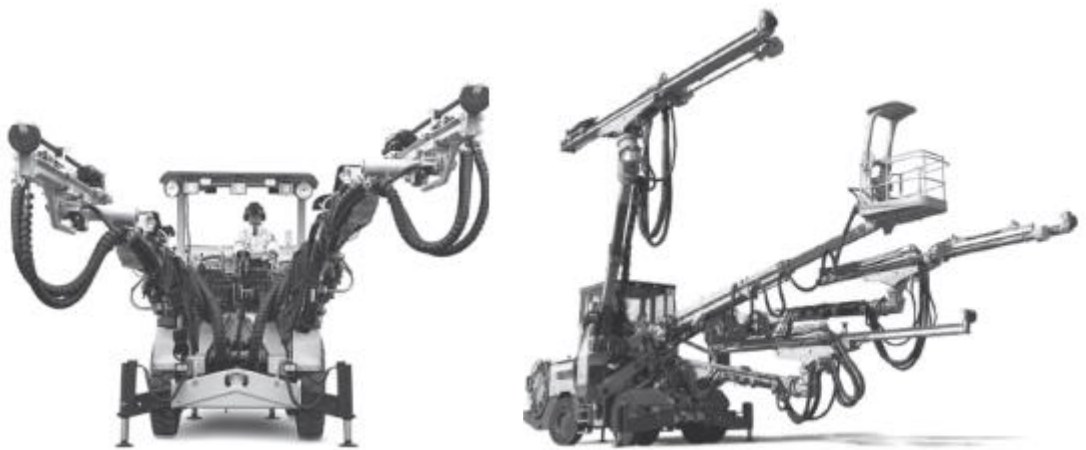
langkah-langkah tersebut, akan diuraikan berikut ini. Gambaran tahapan dari metode pengeboran dan peledakan ini (Lunardi, 2008) dapat dilihat pada Gambar 4-12.



Gambar 4-12 Ilustrasi Penggalian dengan Metode Pengeboran dan Peledakan (Lunardi, 2008)

1) Pengeboran

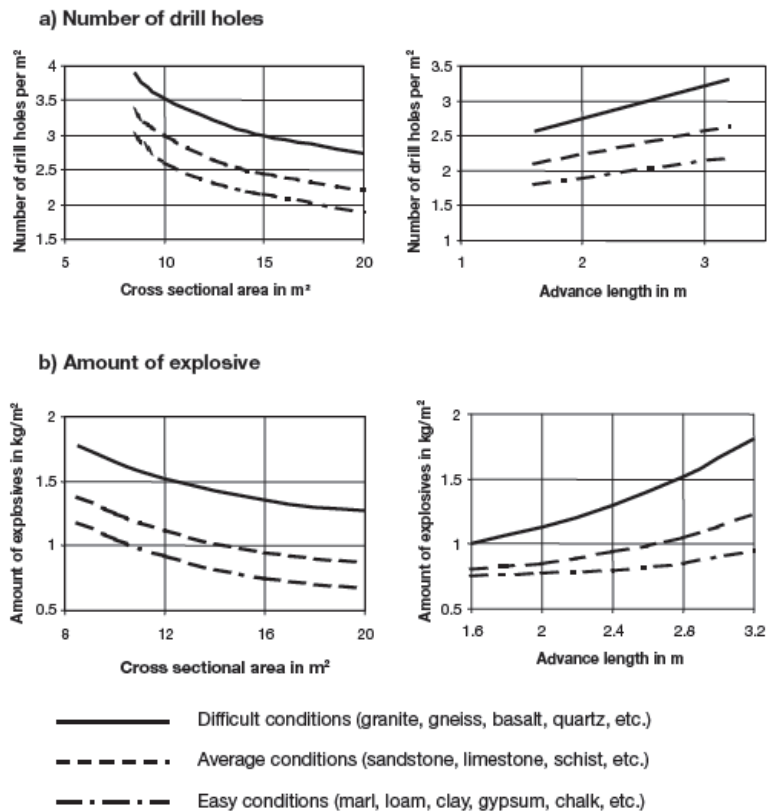
Untuk pengeboran ini diperlukan suatu kendaraan yang mempunyai dua hingga empat lengan bor hidrolik, dimana bor putar (*boom*) terpasang pada lengan-lengan hidrolik tersebut, seperti dapat dilihat pada Gambar 4-13. Kecepatan rata-rata penggalian adalah sekitar 1 – 5 m/menit. Bor pada lengan-lengan hidrolik tersebut harus diletakkan pada posisi yang tepat agar diperoleh hasil ledakan yang memuaskan. Oleh karena itu, agar penempatan posisi dapat dilakukan dengan tepat, biasanya bor pada lengan-lengan hidrolik ini dikendalikan menggunakan komputer. Dan hal ini juga untuk menjamin diperolehnya kedalaman lubang yang seragam bahkan pada profil muka terowongan yang mempunyai retakan-retakan dan tidak rata.



Gambar 4-13 Kendaraan Bor dengan Dua dan Empat Lengan Hidrolik

Hal-hal lain yang perlu diperhatikan dalam kegiatan pengeboran ini, diantaranya adalah (Chapman et al., 2010):

- Lubang bor biasanya dibor sekitar 10% (biasanya 20 cm) lebih panjang dari panjang yang diinginkan. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa panjang lubang kemajuan yang diinginkan tercapai, dengan asumsi bahwa batuan sepanjang total lubang bor tidak selalu hancur seluruhnya.
- Diameter lubang bor berkisar antara 30 – 100 mm, dengan diameter yang umum digunakan adalah antara 40 – 50 mm.
- Jumlah lubang bor yang diperlukan tergantung pada berbagai faktor, yaitu kemampuan meledaknya (*blastability*) batuan/tanah, ukuran profil penggalian, panjang kemajuan, ukuran dan bentuk bahan peledak. Jumlah lubang bor per m² berkurang dengan bertambah luasnya penampang melintangnya. Secara umum jumlah lubang bor per m² tidak berkurang secara signifikan setelah sekitar 30 m². Untuk lebih jelasnya mengenai hubungan antara jumlah lubang bor dan luas penampang dapat dilihat pada Gambar 4-14.
- Jangan memulai pengeboran dari lubang bor yang telah digunakan pada siklus sebelumnya.



Gambar 4-14 Jumlah Lubang Bor dan Bahan Peledak sebagai Fungsi dari Luas Penampang dan Panjang Kemajuan (Muller, 1978)

2) Pengisian (*charging*)

Pengisian adalah proses menempatkan bahan peledak ke dalam lubang bor. Teknik pengisian tergantung pada jenis bahan peledak yang digunakan. Terdapat 3 tipe bahan peledak yang biasa digunakan yaitu bubuk, emulsi dan kartrid (*cartridge*).

Pengisian untuk bahan peledak tipe bubuk dan emulsi, dilakukan dengan menuangkan atau memompakannya ke dalam lubang bor. Proses pengisian ini lebih cepat dan lubang bor sepenuhnya akan terisi oleh bahan peledak. Namun, untuk tipe bahan peledak emulsi, diperlukan suatu kendaraan khusus

yang akan mengangkut bahan peledak ke muka terowongan dan memompanya. Pompa dikendalikan dengan komputer sehingga menjamin jumlah bahan peledak di dalam setiap lubang dengan tepat. Kendaraan khusus ini memerlukan biaya yang cukup besar, tetapi pengisian dapat menjadi sangat efisien dan aman.

Untuk bahan peledak tipe kartrid (*cartridge*), pengisian dilakukan dengan mendorong kartrid ke dalam lubang bor dengan bantuan suatu batang. Proses pengisian ini memerlukan waktu yang cukup lama, karena lubang bor harus benar-benar bersih dari segala serpihan/runtuhan batuan/tanah. Dan pengisian harus dipandu secara manual dengan tangan sampai ke ujung lubang bor dengan bantuan batang pengisian (*charging pole*). Ukuran lubang bor tergantung pada ukuran kartridnya, biasanya diameter kartrid mempunyai ukuran 5 sampai 15 mm lebih kecil dari diameter lubang bor (Chapman et al. 2010).

3) Pembendung (*stemming*)

Pembendung akan menutup lubang bor dan menahan gas akibat peledakan dan mencegah agar tidak keluar ke dalam terowongan. Manfaat lain dari pembendung ini adalah untuk mencegah bahan peledak keluar dari lubang pengisian yang tidak meledak, dan untuk mengurangi debu.

4) Peledakan (*Detonating*)

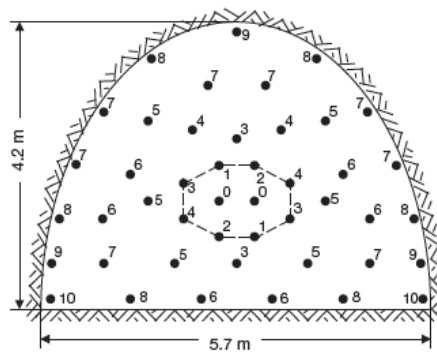
Untuk menyalakan bahan peledak maka diperlukan suatu detonator. Terdapat dua jenis detonator, yaitu:

- a. Detonator listrik: jenis detonator ini terdiri dari suatu rangkaian listrik tertutup, yang mana kontak-elemen akan memanaskan jembatan filamen dan akan menyulut bahan primer.
- b. Detonator non-listrik: merupakan suatu tabung kejut plastik berongga (*hollow plastic shock tube*) yang mengantarkan impuls ledakan ke detonator. Detonator jenis ini menjadi lebih aman terhadap sebagian besar bahaya yang berhubungan dengan arus listrik liar.

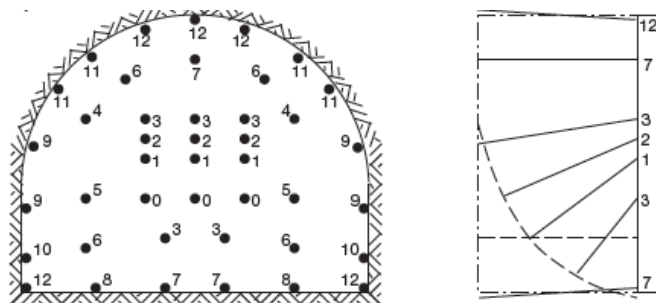
Selain jenis detonator dan bahan peledak, pola lubang peledakan merupakan hal yang penting dalam tahapan peledakan. Pola lubang peledakan yang berbeda akan menghasilkan mekanisme keruntuhan yang berbeda pula.

Umumnya pola lubang peledakan dapat dibedakan menjadi:

- pola lubang peledakan paralel, dalam pola lubang peledakan paralel, lubang bor mempunyai arah yang paralel dengan arah terowongan dan pada sudut kanan muka terowongan. Contoh pola dapat dilihat pada Gambar 4-16.
- pola lubang peledakan menyudut, lubang bor ditempatkan dengan sudut tertentu ke arah terowongan, ke arah permukaan bebas yang ada atau permukaan yang perlu digali (Gambar 4-16). Beberapa lubang bor yang tidak diisi atau dikenal dengan istilah “*burn cut*”, biasanya digunakan dalam pola peledakan ini. Lubang ini akan memberikan ruang bebas (rongga) untuk memantulkan gelombang kejut (*shock wave*) dan memperpanjang bukaan muka terowongan.



Gambar 4-15 Pola Lubang Peledakan Paralel (Chapman et al., 2010)



Gambar 4-16 Pola Lubang Peledakan Menyudut (*Angular*) (Chapman et al., 2010)

Untuk meminimalkan kelebihan penggalian (*overbreak*) dan merapikan sisi penggalian sesuai dengan ukuran dan bentuk yang diperlukan, maka diperlukan suatu teknik peledakan halus (*smooth blasting*). Dalam teknik ini digunakan suatu lubang perimeter, yaitu lubang bor peledakan yang diletakkan dekat dengan tepi lingkaran terowongan. Lubang perimeter ini dibor dengan jarak yang dekat dan hanya diisi dengan sejumlah kecil bahan peledak. Lubang ini disebut pemangkas (*trimmer*) atau peledakan luar dan umumnya dipicu terakhir.

5) Ventilasi

Ventilasi diperlukan tidak hanya untuk mengalirkan udara untuk dihirup di dalam terowongan selama pekerjaan berlangsung, tetapi juga dapat berfungsi untuk membersihkan dan mengurangi debu serta awan gas hasil ledakan.

Waktu pengendalian sirkulasi udara yang diperlukan tergantung pada efisiensi ventilasi, bahan peledak yang digunakan serta pada hukum dan peraturan setempat yang berlaku. Umumnya, waktu yang diperlukan untuk pengendalian sirkulasi udara (*ventilation time*) adalah minimum 15 menit (waktu rata-rata dari berbagai penampang melintang terowongan yang besar), dengan kecepatan udara minimal 0.3 m/detik, sebelum pekerja boleh memasuki daerah kerja dan pekerjaan dilanjutkan.

Udara bersih dapat disalurkan ke dalam terowongan dengan menggunakan saluran dengan pipa masuk yang terletak di jalan masuk terowongan, dan biasanya mempunyai ukuran diameter 300 – 2000 mm (Chapman et al., 2010).

6) Pembuangan Material Galian (*mucking*)

Pembuangan material galian dapat dilakukan dengan menggunakan alat angkut dengan ban berjalan, kendaraan dengan atau tanpa trek, kendaraan beroda karet, dll.

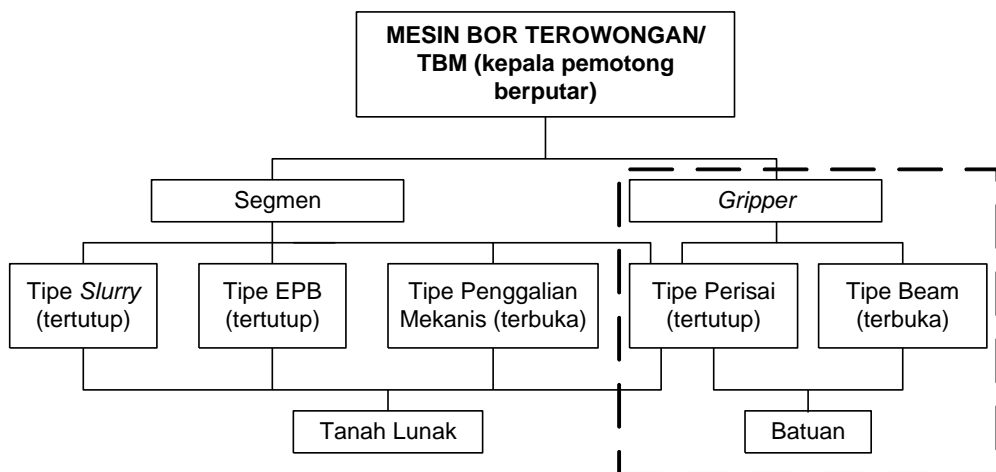
Kinerja dari proses pembuangan ini terutama ditentukan oleh pengaturan dari aliran material di dalam terowongan (logistik) yang benar. Kapasitas pemuatan kendaraan yang digunakan misalnya, harus dioptimalkan dengan jumlah dan ukuran material galiannya.

4.1.6 Mesin Bor Terowongan (*Tunnel Boring Machine/TBM*)

Mesin bor terowongan (TBM) merupakan suatu sistem yang kompleks dengan satu bagian utama dan unsur pendukung lainnya yang dibuat menjadi suatu mekanisme untuk menggali, mendorong, menggerakkan, menjepit, mengebor, kontrol tanah dan penyanggaan, memasang dinding, pembuangan material galian, ventilasi dan memasok daya (*power supply*).

Secara umum, klasifikasi dari tipe-tipe mesin bor terowongan baik untuk batuan dan tanah lunak ditunjukkan pada Gambar 4-17 (FHWA, 2009).

TBM dapat digunakan untuk berbagai kondisi geologi. Dan salah satu persyaratan umum dari penggunaan alat ini adalah kondisi geologi sepanjang rute terowongan harus konsisten (Chapman et al., 2010).



Gambar 4-17 Klasifikasi Mesin Gali Terowongan (FHWA, 2009)

Hal utama yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan jenis mesin bor terowongan yang digunakan (*gripper* atau perisai) adalah pengendalian stabilitas tanah selama konstruksi dan perkiraan volume masuknya air (Chapman et al. 2010).

TBM untuk batuan keras terdapat empat bagian utama, yang membentuk mesinnya (Maidl et al., 2008). Keempat bagian tersebut adalah:

- bagian pengeboran, yang terdiri dari kepala pemotong, pendorong dan penjepit (*clamping*), yang berfungsi untuk membuat mesin bergerak maju;
- bagian pembuangan material galian, yang menangani pekerjaan pengumpulan, pengangkutan dan pembuangan material yang digali;
- bagian penyanggaan, dimana sistem penyanggaan pada terowongan dipasang.

Kecepatan penetrasi TBM sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut (Robbins, 1990):

- Total tenaga dorong mesin,
- Spasi pahat/pemotong,
- Diameter pahat dan geometri tepi,
- Kecepatan perubahan kepala pahat/*cutterhead turning speed* (putaran per menit)
- Torsi penggerak kepala pahat
- Diameter terowongan
- Kekuatan, kekerasan, dan sifat keausan (*abrasivity*) batuan
- Kekar, pelapukan dan karakteristik lain batuan.

Namun, tingkat penetrasi (parameter sesaat) sendiri tidak menjamin lajunya kecepatan kemajuan rata-rata. Kecepatan kemajuan memerlukan kombinasi yang baik dari kecepatan penetrasi dan waktu penggalian aktual. Yang mana, waktu penggalian aktual dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut (FHWA, 2009):

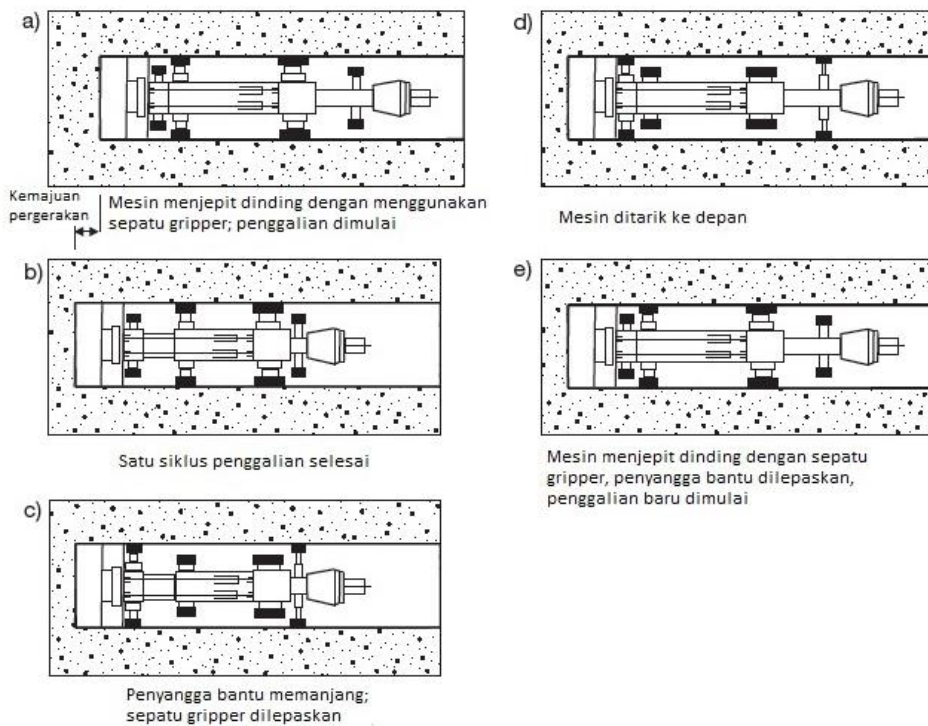
- Uji coba saat awal penggalian (*learning/start-up curve*),
- Waktu yang diperlukan untuk mengubah pemotong,
- Waktu yang diperlukan untuk perbaikan/pemeliharaan mesin lain,
- Desain yang terlalu rumit/kompleks,
- Jalur kereta cadangan (*back-up (trailing) system*),
- Persyaratan penyanggaan terowongan,
- Penanganan pembuangan material galian,
- Pengendalian air,
- Pengeboran lubang uji, *grouting*,
- Waktu yang tersedia (total dan waktu pergantian/*shift*).

Dalam menggunakan mesin TBM, salah satu pertimbangan biaya yang paling penting adalah biaya peralatan penggaliannya (misal: mata bor). Perhitungan biaya untuk alat penggali ini harus meliputi juga perhitungan waktu yang diperlukan untuk mengganti mata bor yang sudah tidak bagus dan kecepatan penggalian yang dicapai, yang mana hal ini terkait dengan kecepatan penggalian mata bor (*cutting rate of the bits*). Istilah kecepatan pengeboran (*boring speed*) biasanya digunakan untuk menjelaskan mengenai rasio antara panjang daerah yang telah digali dengan kecepatan pengeboran. Sedangkan istilah "kecepatan penggalian terowongan" menjelaskan mengenai kemajuan pekerjaan, yaitu rasio antara panjang daerah yang telah digali dengan keseluruhan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan keseluruhan pekerjaan termasuk pemasangan sistem penyangga.

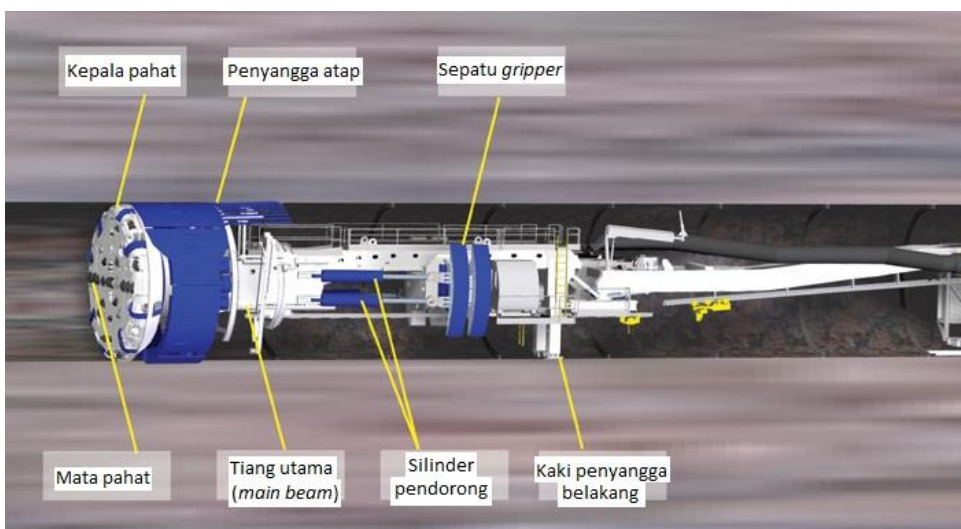
Proses penggalian, pembuangan material galian, stabilisasi batuan/tanah dengan menggunakan metode ini dapat dilakukan secara paralel dengan gerak majunya mesin. Dan ini menjadi salah satu kelebihan metode mesin TBM jika dibandingkan dengan metode pengeboran dan ledakan (*drill & blast*).

4.1.6.1 TBM dengan *Gripper*

TBM jenis ini dapat digunakan untuk kondisi batuan yang stabil dan aliran air kecil. Prinsip kerja dari TBM dengan *gripper* ini dapat dilihat pada Gambar 4-18 dan contoh dari mesin serta bagian-bagiannya pada Gambar 4-19.



Gambar 4-18 Prinsip Kerja TBM dengan *Gripper* (diambil dari Arker Wirt)



Gambar 4-19 TBM dengan *Gripper*

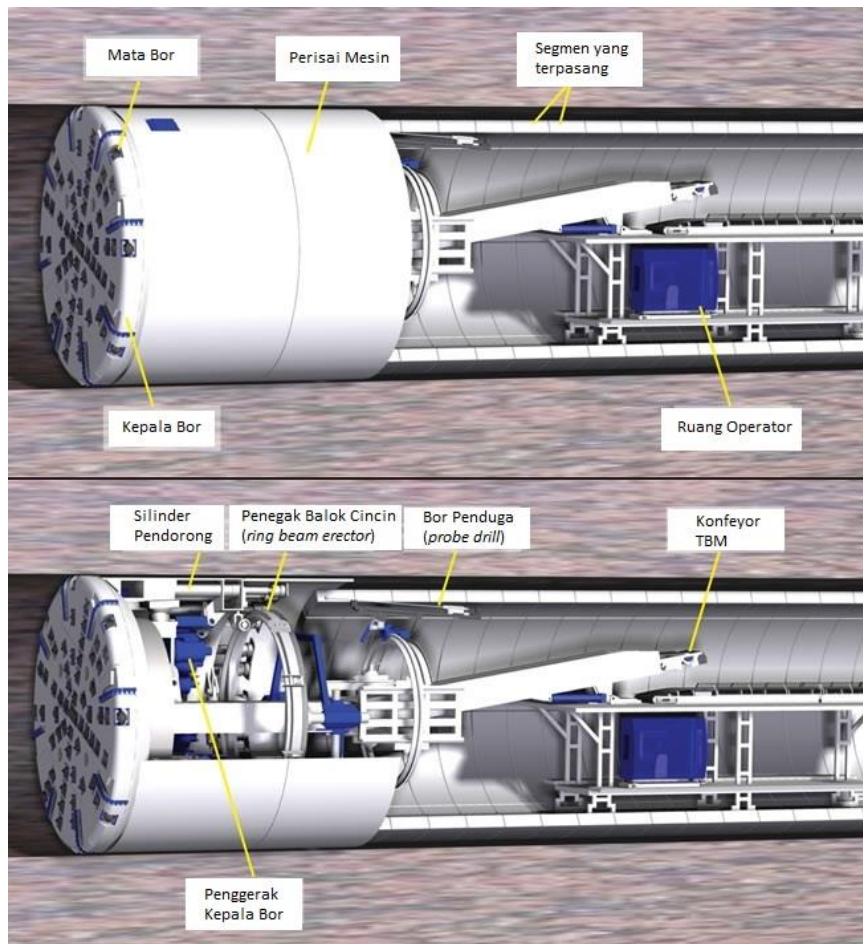
Panjang total mesin ini dengan semua kelengkapannya dapat mencapai sekitar 200 m. Sistem penyanggaan yang digunakan dengan metode ini dapat bervariasi tergantung kualitas batuan/tanahnya. Peralatan untuk sistem penyanggaan dapat langsung dipasang di belakang kepala pemotong, seperti angkur/baut, pelengkung baja (*steel arch*), beton semprot bahkan dinding segmental (*segmental lining*) yang biasa digunakan pada metode terowongan konvensional. Gaya maksimum *gripper* ditentukan oleh kuat tekan kompresi batuan dan berada dalam kisaran 2 hingga 3 kali gaya dorong mesin.

4.1.6.2 TBM Perisai

Berbeda dengan TBM *gripper*, TBM perisai memiliki perisai yang dapat diperpanjang pada bagian depan mesin. Perisai ini berfungsi untuk meyangga tanah dan melindungi personil, sehingga pekerjaan pendindingan terowongan dapat dilakukan dengan aman. Ada dua tipe dasar TBM perisai yang dapat digunakan untuk media batuan keras, yaitu: perisai tunggal dan perisai ganda.

1) TBM Perisai Tunggal

TBM perisai tunggal ini terutama digunakan untuk kondisi batuan yang tidak stabil, dimana terdapat kemungkinan terjadinya keruntuhan batuan. Dengan mesin jenis ini, tenaga dorong dipertahankan secara aksial terhadap segmen dinding yang dipasang. Salah satu keuntungan dari mesin TBM perisai tunggal ini yaitu jika terjadi muka air tinggi, maka dapat diubah menjadi sistem tertutup (*closed mode*). Pada Gambar 4-20 diperlihatkan jenis mesin TBM perisai tunggal ini.

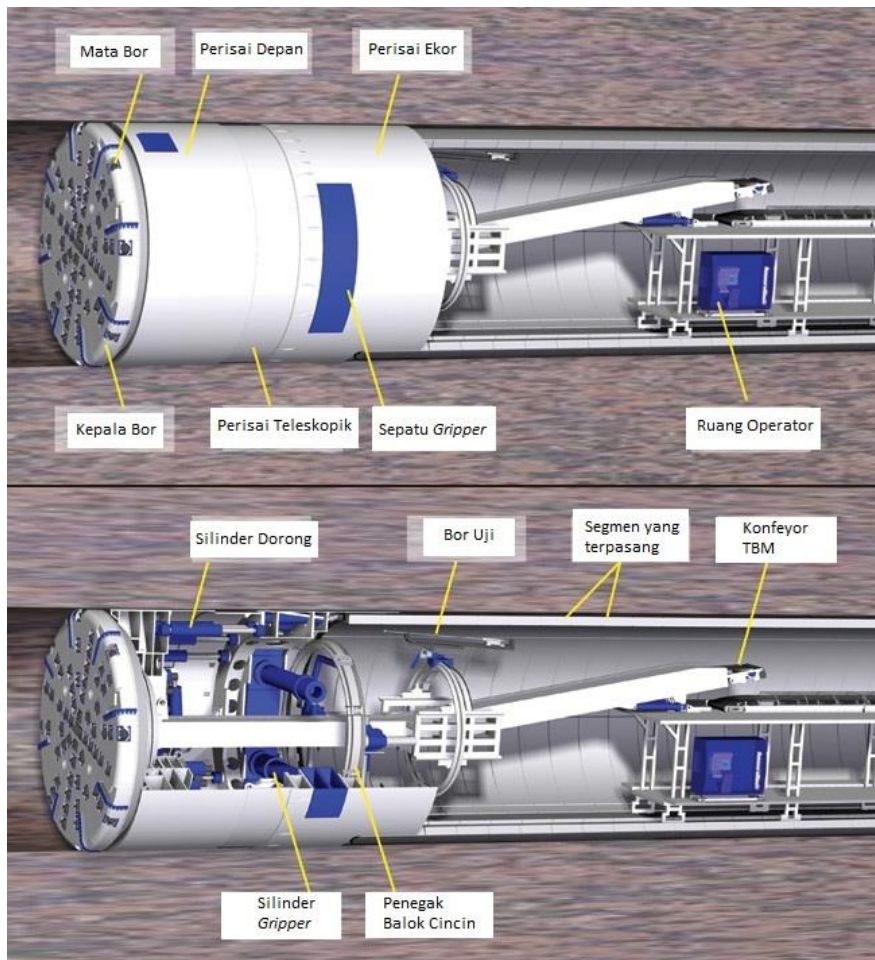


Gambar 4-20 TBM Perisai Tunggal (Robbins)

2) TBM Perisai Ganda

Mesin TBM perisai ganda (Gambar 4-21) menggabungkan prinsip-prinsip teknik dari TBM *gripper* dan perisai. Oleh karena itu mesin ini dapat diterapkan untuk berbagai kondisi geologi. Mesin perisai ganda terdiri dari perisai depan dengan kepala pahat, serta bagian *gripper* dengan sepatu *gripper*, sebuah perisai ekor dan dongrak dorong tambahan (*auxiliary thrust jack*). Kedua bagian mesin dihubungkan oleh bagian yang disebut perisai teleskopik. Prinsip kerja mesin ini berbasis pada sepatu *gripper* yang menekan dinding terowongan, ketika penggalian dan pemasangan segmen

dilakukan pada saat yang bersamaan (pemasangan segmen berlangsung di belakang mesin). Sistem ini juga menambahkan beberapa fleksibilitas, sehingga memungkinkan mesin untuk bekerja baik dengan gripper atau sebagai TBM perisai.



Gambar 4-21 TBM Perisai Ganda (Robbins)

4.1.7 Sequential Excavation Method (SEM)/New Austrian Tunneling Method (NATM)

Pembangunan terowongan juga dapat dilakukan dengan melakukan penggalian secara berurutan, dengan membuat suatu terowongan kecil (*drift*) dan bukaan

mengikuti prinsip kerja Metode Penggalian Berurutan (*Sequential Excavation Method/SEM*) (FHWA, 2010), atau New Austrian Tunneling Method (NATM) yang pertama kali dipublikasikan oleh Prof. Rabcewicz (1964). Rabcewicz (1948) dalam patennya menjelaskan mengenai filosofi dari NATM, yang secara ringkas sebagai berikut:

“NATM didasarkan pada prinsip mengambil dan menggunakan secara maksimal kekuatan batuan yang dimiliki untuk mendukung dirinya sendiri, dengan hati-hati dan sengaja mengendalikan gaya dalam proses penyesuaian yang terjadi disekeliling batuan setelah rongga terbentuk, dan untuk beradaptasi sesuai dengan penyangga yang dipilih”.

Berdasarkan filosofi tersebut, beberapa peneliti telah mencoba untuk memberikan penjelasan mengenai metode NATM ini, diantaranya:

1) FHWA (2010)

SEM/NATM telah didefinisikan sebagai: "sebuah metode dimana pada sekeliling formasi batuan atau tanah dari terowongan atau bukaan bawah tanah diintegrasikan dengan sebuah struktur cincin penyangga", dan memperhatikan prinsip-prinsip berikut:

- Karakteristik geoteknik harus masuk dalam perhitungan.
- Kondisi tekanan dan deformasi yang merugikan harus dihindari dengan menerapkan sistem penyanggaan yang sesuai tepat pada waktunya.
- Penyelesaian pendorongan membuat struktur cincin penyangga tersebut di atas mempunyai sifat-sifat statis suatu pipa.
- Sistem penyanggaan dapat/harus dioptimalkan sesuai dengan deformasi yang diterima.
- Pengendalian umum, pengukuran/penyelidikan geoteknik dan pemeriksaan yang terus menerus untuk mengoptimalkan sistem penyangga yang telah ada harus dilakukan (ILF, 2004).

2) Rokahr (1995)

Mendefinisikan “NATM adalah metode penyanggaan untuk menstabilkan perimeter terowongan dengan beton semprot, angkur dan penyangga lainnya, dan menggunakan pemantauan untuk kontrol stabilitas”.

3) Chapman et al. (2010)

Kemudian berdasarkan definisi dari Rokahr (1995) tersebut, Chapman et al. (2010) menguraikan bahwa yang termasuk sebagai NATM adalah:

- Penyanggaan dengan beton semprot;
- Penyangga dengan memasang angkur secara sistematis jika diperlukan;
- Melakukan pengukuran untuk mengontrol efektivitas penyangga;
- Melakukan pendekatan fleksibel untuk pengukuran penyangga, misalnya: peningkatan dan penurunan penyangga sesuai dengan kondisi geologi.

Dan yang tidak termasuk sebagai NATM adalah:

- Penggalian dengan menggunakan TBM;
- Penyanggaan dengan dinding segmental (baja, SGI, beton);
- Tidak menggunakan sistem penyangga sama sekali;
- Semua beban berlebih dapat disangga;
- Tidak ada pendekatan fleksibel yang diadopsi untuk penyanggaan.

Dengan tahapan-tahapan dalam proses konstruksinya adalah sebagai berikut:

- Penggalian;
- Penutupan tanah yang tersingkap jika diperlukan;
- Pengangkutan dan pembuangan material galian;
- Pemasangan balok kisi (*lattice girder*) dan lapisan pertama tiang perkuatan (*reinforcing bars*) atau perkuatan anyaman (*mesh reinforcement*) dan penggunaan beton semprot. Tergantung kepada kondisi kekuatan tanahnya, penyangga bisa dipasang terlebih dahulu sebelum pembuangan material galian.
- Pemasangan lapisan kedua perkuatan potensial dan aplikasi beton semprot.
- Pemasangan angkur, jika diperlukan, dan mengencangkan angkur satu hari kemudian serta memasang beton semprot pada kepala angkur.
- Konstruksi dinding bagian dalam.

Jadi secara singkat, prinsip dasar dari NATM adalah (Singh & Goel, 2006):

a) Mobilisasi kekuatan massa batuan,

- b) Proteksi beton semprot untuk mempertahankan kapasitas beban daya dukung (*load-carrying capacity*) cincin masa batuan,
- c) Pemantauan deformasi pada massa batuan yang digali,
- d) Menyediakan penyangga fleksibel dan aktif,
- e) Penutupan lantai kerja membentuk sebuah cincin penyangga beban daya dukung untuk mengendalikan deformasi massa batuan.

Saat ini NATM bukan metode penyanggaan terowongan yang baru. NATM didasarkan pada pengalaman praktis dan dirancang agar sesuai dengan kondisi aktual lapangan. Dengan tujuan dapat menjadi metode yang efisien dalam melakukan pekerjaan terowongan pada kondisi yang sulit. Perlu untuk dicatat bahwa NATM bukan metode penggalian. Pemilihan metode penggalian didasarkan pada pertimbangan praktis.

4.2 Metode Penggalian Terowongan pada Media Tanah

4.2.1 Klasifikasi Sifat-sifat Tanah untuk Pekerjaan Terowongan

Kajian terhadap sifat-sifat tanah dalam kaitannya dengan pembangunan terowongan telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya adalah:

- Heuer (1974) membuat klasifikasi tanah dengan melakukan modifikasi terhadap klasifikasi yang telah di buat oleh Terzaghi (1950), seperti dapat dilihat pada Tabel 4-8.
- Terzaghi (1977), yang membuat klasifikasi berdasarkan sifat-sifat pasir dan kerikil, seperti ditunjukkan pada Tabel 4-9.
- Bickel et al. (1996), yang membuat klasifikasi terhadap tanah lempungan dan lanau pasiran, seperti dijelaskan pada Tabel 4-10.

Tabel 4-8 Klasifikasi Sifat-sifat Tanah untuk Pekerjaan Terowongan (Terzaghi, (1950) modifikasi Heuer (1974))

Klasifikasi		Perilaku	Tipikal Jenis Tanah
Teguh (<i>Firm</i>)		Bagian atas (<i>heading</i>) dapat maju tanpa penyangga awal, dan pendindingan akhir dapat dibangun sebelum tanah mulai bergerak.	Loess di atas muka air tanah; lempung keras; napal; pasir tersemenkan dan kerikil jika tidak mengalami tekanan yang tinggi
Terurai (<i>raveling</i>)	Terurai perlahan ----- Terurai dengan cepat	Bongkahan atau serpihan material mulai berjatuhan dari lengkungan atau dinding, kadang-kadang setelah tanah telah tersingkap, karena berkurangnya ikatan atau tekanan berlebih dan retakan yang "rapuh" (tanah terpisah atau patah sepanjang permukaan yang berbeda, berlawanan dengan tanah yang	Tanah residual atau pasir dengan sejumlah kecil bahan pengikat mungkin akan terurai cepat di bawah muka air tanah, terurai perlahan di atas muka air tanah. Lempung kaku (<i>stiff</i>) pecah-pecah mungkin akan terurai lambat atau cepat tergantung pada tingkat tekanan berlebih.

Klasifikasi		Perilaku	Tipikal Jenis Tanah
		mampat). Pada tanah yang terurai cepat, proses akan terjadi dalam beberapa menit, jika tidak tanah akan terurai dengan lambat.	
Pemampatan (<i>squeezing</i>)		Tanah termampatkan atau tertekan (<i>extrudes</i>) secara plastis ke dalam terowongan, tanpa terlihat adanya rekahan atau hilangnya kontinuitas, dan tanpa peningkatan yang jelas dalam kadar air. Bersifat elastis, plastis dan mengalir karena tekanan berlebih.	Tanah dengan kekuatan gesekan rendah. Tingkat pemampatan tergantung pada tingkat tekanan berlebih. Terjadi pada lempung dikedalaman dangkal sampai menengah dengan konsistensi sangat lunak hingga menengah. Lempung kaku hingga keras dibawah lapisan penutup yang tebal dapat bergerak dalam kombinasi terurai pada permukaan penggalian dan termampatkan pada kedalaman di balik permukaan.
Bergerak dengan cepat (<i>running</i>)	Bergerak dengan cepat – kohesif ----- Bergerak dengan cepat	Material granular non kohesi tidak stabil pada lereng pada sudut yang lebih besar dari kondisi material ini tersingkap (sekitar 30°-35°). Ketika tersingkap pada lereng curam maka material bergerak seperti gula pasir atau gundukan pasir sampai pada daerah dengan sudut lereng yang rata.	Material granular kering dan bersih. Kohesi semu (<i>apparent</i>) pada pasir basah, atau sementasi yang lemah dalam tanah granular, memungkinkan material untuk berdiri dan tidak terurai dalam jangka waktu singkat sebelum akhirnya runtuh dan mengalir. Perilaku tersebut merupakan perilaku aliran-kohesif (<i>cohesive-running</i>).
Mengalir (<i>flowing</i>)		Campuran tanah dan air yang mengalir ke dalam terowongan seperti cairan kental. Materi dapat memasuki terowongan dari lantai kerja dan juga dari bidang muka terowongan, mahkota, dan dinding, serta dapat mengalir untuk jarak yang jauh, dalam beberapa kasus memenuhi keseluruhan terowongan.	Lanau, pasir atau kerikil yang terdapat di bawah muka air tanah dengan sedikit kandungan lempung yang dapat memberikan sifat kohesi dan plastisitas yang signifikan. Juga dapat terjadi pada lempung yang sangat sensitif ketika material tersebut terganggu.
Mengembang		Tanah menyerap air, volume meningkat dan menyebar ke dalam terowongan secara perlahan.	Lempung pre-konsolidasi sangat tinggi dengan indeks plastisitas lebih dari 30, umumnya mengandung montmorilonit dalam persentase yang signifikan.

Tabel 4-9 Sifat-sifat Tanah Pasir dan Kerikil untuk Pekerjaan Terowongan (Terzaghi, 1977)

Jenis Tanah	Derajat Kekompakan	Perilaku dalam Pekerjaan Terowongan	
		Di Atas Muka Air Tanah	Di Bawah Muka Air Tanah
Pasir Sangat Halus	Lepas, $N \leq 10$	Bergerak dengan cepat dan bersifat kohesif (<i>cohesive running</i>)	Mengalir (<i>flowing</i>)
	Padat, $N > 30$	Terurai cepat (<i>fast raveling</i>)	Mengalir
Pasir Halus dengan Lempung sebagai Pengikat	Lepas, $N \leq 10$	Terurai dengan cepat (<i>rapid raveling</i>)	Mengalir
	Padat, $N > 30$	Teguh (<i>firm</i>) atau terurai dengan lambat	Terurai dengan lambat
Pasir atau Kerikil Pasiran dengan Lempung sebagai Pengikat	Lepas, $N < 10$	Terurai dengan cepat	Terurai dengan cepat atau mengalir
	Padat, $N > 30$	Teguh	Teguh atau Terurai dengan lambat
Kerikil Pasiran dan Pasir Sedang hingga Kasar		Tanah yang bergerak dengan cepat (<i>running ground</i>). Material seragam ($C_u < 3$) dan lepas ($N < 10$) dengan bentuk butiran yang membuldar, akan mengalir dengan lebih bebas daripada yang material yang mempunyai gradasi baik ($C_u > 6$) dan padat ($N > 30$) dengan bentuk butiran menyudut.	Mengalir berkombinasi dengan debit air yang sangat besar.

Tabel 4-10 Sifat-sifat Tanah Lempungan dan Pasir Lanauan untuk Pekerjaan Terowongan (Bickel et al., 1996)

Faktor Stabilitas, *N _{kritikal}	Sifat Tanah untuk Pekerjaan Terowongan
Tanah Kohesif	
1	Stabil
2 - 3	Rayapan kecil
4 - 5	Rayapan, biasanya cukup lambat sehingga pekerjaan terowongan masih dapat dilakukan
6	Dapat mengakibatkan keruntuhan geser. Lempung akan cenderung mengisi area ekor (<i>tail space</i>) dengan cepat tanpa bisa dicegah
Pasir Lanauan di Atas Muka Air Tanah (yang sebagian bersifat kohesif)	
1/4 - 1/3	Teguh (<i>firm</i>)
1/3 - 1/2	Terurai dengan lambat (<i>slow raveling</i>)
1/2 - 1	Terurai (<i>raveling</i>)

*)
$$N_{kritikal} = \frac{P_z - P_a}{S_u}$$
 dengan P_z adalah tekanan berlebih (*overburden pressure*) pada pusat terowongan, P_a adalah tekanan dalam yang merata dan setara (*equivalent uniform interior pressure*) pada muka terowongan (hasil dari tekanan udara), dan S_u adalah kuat geser nirsalir (untuk pekerjaan ini dianggap sebagai satu setengah dari kuat tekan tidak terkekang) (Peck, 1969)

Dengan mengetahui kondisi dan sifat-sifat tanah seperti telah diuraikan di atas, pemilihan metode penggalian yang sesuai dapat dilakukan dengan lebih baik.

4.2.2 TBM dengan *Earth Pressure Balance* (EPB) dan Mesin Lumpur (*Slurry Machine*)

Secara umum, perbedaan utama mesin TBM yang digunakan untuk media tanah dengan media batuan adalah pada peralatan penggaliannya, yaitu *cutter dressing* pada kepala bor dan persyaratan sistem penyangga, dimana kondisi stabilitas tanah umumnya rendah.

Untuk pembangunan terowongan pada media tanah biasanya terdapat dua jenis mesin bor terowongan yang dapat digunakan yaitu TBM *Earth Pressure Balance* (EPB) dan Mesin Lumpur (*Slurry Machine*). Perbedaan dari kedua mesin ini terutama adalah:

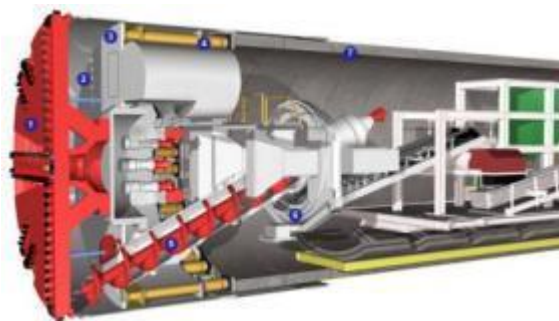
- 1) EPB: tekanan ditransmisikan ke muka terowongan secara mekanis, melalui butiran tanah, dan tekanan akan berkurang karena adanya gesekan

sepanjang konfeyor ulir. Kontrol tekanan diperoleh dengan mencocokkan volume tanah dengan volume tanah yang dibuang dari muka terowongan bertekanan oleh konfeyor ulir dan disimpan (pada tekanan setempat) pada konfeyor atau mobil pengangkut.

- 2) Mesin Lumpur: tekanan ditransmisikan pada muka terowongan secara hidrolik melalui suatu fluida yang dibentuk dari pencampuran material galian dan lumpur (*slurry*) (biasanya bentonit dan air). Tekanan dapat dikontrol melalui alat ukur tekanan dan katup pengendali pada sistem pipa. Dengan sistem ini kontrol tekanan akan menjadi lebih tepat dan konsisten.

Skema dari kedua mesin tersebut di atas dapat akan dijelaskan pada Gambar 4-22 dan

Gambar 4-23 berikut.



Keterangan:

- 1 Kepala bor
 - 2 Ruang penggalian (*excavation chamber*)
 - 3 Dinding tekanan (*pressure bulkhead*)
 - 4 Silinder pendorong
 - 5 Konfeyor ulir
 - 6 Penegak (*erector*)
 - 7 Segmen dinding
- (Sumber: Herrenknecht)

Gambar 4-22 Skema *Earth Pressure Balance* (EPB)



Keterangan:

- 1 Dive wall
 - 2 Dinding tekanan (*pressure bulkhead*)
 - 3 Ruang ekstraksi
 - 4 Ruang tekan
 - 5 Pipa penyambung (*communicating pipe*)
 - 6 Saluran lumpur (*slurry conduit*)
 - 7 Saluran konfeyor
 - 8,9 Saluran pemasok (*supply conduit*)
 - 10, 11 Peralatan pengatur udara
 - 12 Bantalan tekanan udara
 - 13 Kisi-kisi pengisap (*suction rack*)
- (Sumber: Herrenknecht)

Gambar 4-23 Skema Mesin Lumpur (*Slurry Machine*)

4.2.3 Pemilihan Jenis Mesin Bor Terowongan untuk Media Tanah (EPB dan Mesin Lumpur)

Pemilihan antara mesin bor terowongan yang EPB atau mesin lumpur dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor (FHWA, 2009), diantaranya:

- Jenis dan karakteristik tanahnya.

Kondisi tanah yang dihadapi sepanjang rute terowongan dapat bervariasi dan karenanya perlu untuk menentukan sistem yang mampu menangani berbagai macam kondisi yang dapat terjadi. Beberapa upaya telah dilakukan oleh beberapa peneliti untuk mengelompokkan sifat-sifat tanah untuk kebutuhan pekerjaan terowongan, sebagaimana telah diuraikan sebelumnya.

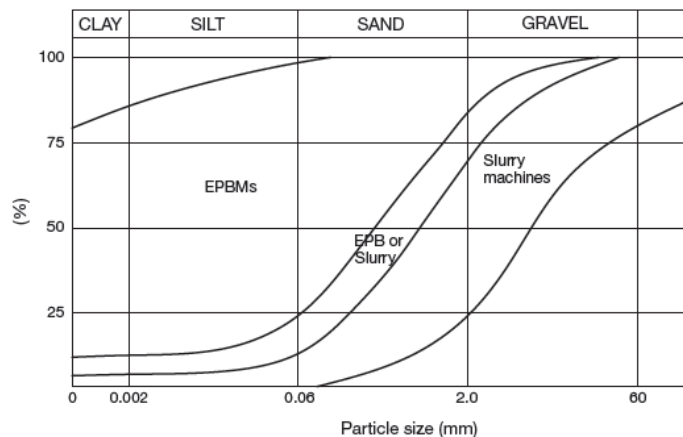
- Distribusi ukuran butir dan plastisitas tanah.

Mesin lumpur lebih sesuai jika digunakan pada tanah granular mengandung yang bersifat lepas (*loose waterbearing granular soils*) yang mudah terurai pada instalasi pemisahan (*separation plant*). Namun sebaliknya mesin ini tidak sesuai untuk tanah lempung dan beberapa tanah lanau. Dan pada tanah yang mempunyai ukuran butir halus (ukuran partikel $<60\ \mu\text{m}$ atau lolos saringan #200, BSI 2002) lebih besar dari 20%, maka penggunaan mesin lumpur menjadi lebih sulit walaupun masih memungkinkan.

Mesin EPB lebih sesuai digunakan pada tanah lanauan, tapi jika kandungan butiran halusnya turun di bawah 10% maka penggunaan mesin ini akan menjadi lebih mahal karena akan diperlukan lebih banyak zat pengkondisi tanah (*soil conditioner*).

Tanah lempung dengan nilai plastisitas tinggi akan menimbulkan masalah baik pada mesin EPB maupun mesin lumpur.

Secara umum, pemilihan penggunaan jenis mesin yang digunakan, apakah EPB atau mesin lumpur, berdasarkan jenis tanahnya, dapat dilihat pada Gambar 4-24.



Gambar 4-24 Grafik Hubungan Kurva Distribusi Ukuran Butir Tanah dengan Pemilihan Penggunaan Mesin EPB atau Mesin Lumpur (BTS/ICE 2005)

- Permeabilitas.

Secara umum, titik batas nilai permeabilitas dalam pemilihan antara EPB dan mesin lumpur adalah 1×10^{-5} m/s, dimana mesin EPB sesuai untuk tanah dengan permeabilitas rendah dan mesin lumpur untuk tanah dengan permeabilitas tinggi. Namun mesin EPB juga dapat digunakan pada tanah dengan permeabilitas lebih dari 1×10^{-5} m/s tapi dengan menambah penggunaan zat pengkondisian tanah (*conditioning agent*) pada plenum.

- Kepala hidrostatik (*Hydrostatic Head*).

Pada kondisi dimana kepala hidrostatik tinggi dan permeabilitas tinggi atau terdapat celah (*fissure*) maka akan lebih tepat jika menggunakan mesin lumpur, karena lumpur bentonit akan membantu menutup muka terowongan selama terjadi intervensi di bawah kondisi udara yang terkompresi.

- Kriteria penurunan.

Kedua jenis mesin tersebut dapat bekerja dengan efektif dalam mengendalikan pergerakan dan penurunan tanah, jika dioperasikan dengan benar. Karena pengendalian penurunan tidak menjadi faktor utama dalam pemilihan jenis mesin, namun hal yang harus dipertimbangkan adalah biaya-biaya yang terkait dengan meminimalisasi penurunan. Seperti diperlukannya zat pengkondisi tanah dalam jumlah yang besar untuk mengurangi risiko

kelebihan penggalian dan pengendalian penurunan pada tanah granular untuk mesin EPB.

- Faktor lain: seperti keberadaan gas, keberadaan bongkah, gaya putar/torsi dan dorong yang diperlukan dari tiap jenis TBM, serta pengalaman dengan setiap metode.

Keputusan utama dalam memilih jenis mesin yang tepat untuk digunakan adalah pada kemampuan dalam memberikan kestabilan tanah selama proses penggalian dengan kontrol pengoperasian yang benar di lapangan dan pada saat digunakan. Seperti dinyatakan oleh *British Tunneling Society* (BTS, 2005) bahwa pemilihan mesin yang tepat tanpa kontrol manajemen dan pengoperasian yang benar sama dengan memilih jenis mesin yang salah untuk proyek.

Dalam hal pelaksanaan pekerjaan terowongan terkait dengan pekerjaan tanah utama yaitu penggalian terowongan, terdapat beberapa metode dengan karakteristik baik pekerjaan dan peralatan yang berbeda. Pemilihan jenis metode penggalian akan sangat mempengaruhi terhadap biaya dan waktu pembangunan terowongan. Oleh karena itu pemilihan jenis metode penggalian yang tepat akan memberikan efisiensi dan efektivitas keseluruhan pekerjaan pembangunan terowongan.

Dari uraian sebelumnya, dapat diketahui bahwa jenis metode penggalian yang tepat untuk digunakan sangat bergantung kepada kondisi dan karakteristik dari batuan/tanah yang akan menjadi jalur lintasan proyek terowongan. Pengukuran dan penilaian terhadap kondisi dan karakteristik tanah/batuan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa sistem klasifikasi batuan yang telah ada. Hasil penilaian yang berbeda dari masing-masing sistem klasifikasi dapat terjadi. Oleh karena itu, sebaiknya dilakukan penilaian menggunakan beberapa sistem klasifikasi yang ada dan mengevaluasinya untuk mendapatkan gambaran kondisi batuan/tanah yang paling sesuai. Sehingga dapat ditentukan metode penggalian dan sistem penyangga yang paling sesuai. Penentuan metode penggalian dan sistem penyangga yang sesuai berdasarkan kajian yang komprehensif dapat

mengurangi resiko perubahan desain saat konstruksi. Untuk resiko yang tidak dapat dikurangi, harus dibuat suatu ketentuan yang dapat mengurangi konsekuensi resiko dan mengaturnya. Manajemen resiko sebaiknya dilakukan dan dibuat terintegrasi dan harus diperbarui berkala untuk mengidentifikasi semua resiko pada semua tahapan proyek, mulai dari tahapan perencanaan awal, perencanaan teknis dan pelaksanaan penggalian terowongan beserta mitigasi dan pembagian resikonya.

5 Penutup

Dalam kaitannya dengan kontrak konstruksi khususnya untuk pembangunan terowongan dan jalan bawah tanah, dapat digarisbawahi bahwa umumnya permasalahan yang sering terjadi adalah karena:

- a) Perbedaan persepsi atas pemahaman kontrak yang memicu terjadinya perselisihan antara para pihak yang terlibat dalam pekerjaan konstruksi.
- b) Terjadinya perubahan (variasi) karena adanya perbedaan kondisi tanah aktual di lapangan. Hal ini menggambarkan bahwa pengetahuan teknis dalam pembuatan terowongan, terutama pada tahap penggalian terowongan menjadi sangat penting.
- c) Pembagian risiko yang kurang seimbang antara pihak-pihak yang terlibat.
- d) Antisipasi dan pencegahan risiko yang lemah dalam hal kontraktual oleh Penyedia Jasa yang menyebabkan timbulnya klaim pada saat pelaksanaan.
- e) Kurangnya pengalaman dari pihak-pihak yang terlibat dalam proyek pembangunan terowongan dan jalan bawah tanah sehingga pengambilan keputusan terhadap masalah teknis dan kontrak yang terjadi tidak dapat diselesaikan dengan baik di lapangan.

Oleh karena itu, jika setiap pihak dapat memahami kontrak dengan baik serta melaksanakan seluruh hak dan kewajiban yang tercantum di dalam kontrak maka akan membawa kesuksesan bagi organisasi atau perusahaan dan proyek secara keseluruhan. Negosiasi perlu direncanakan dengan baik untuk mendapatkan hasil yang memuaskan dalam pelaksanaan Kontrak. Untuk itu penguasaan terhadap filosofi Kontrak sangat diperlukan dalam menentukan arah kebijakan negosiasi yang menguntungkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. 2005. *Manajemen Produksi untuk Jasa Konstruksi*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Barton, N. 1999. *TBM Performance Estimation In Rock Using Q_{TBM}* . Tunnels & Tunnelling International, 31(9), 30-34.
- Barton, N. 2002. *Some New Q-value Correlations to Assist in Site Characterization and Tunnel Design*. ISRM, 39, p185-216, Pergamon.
- Barton, N., Grimstad, E., Aas, A. Opsahl, O. A., Bakken, A., Pederson and Johansen, E. D. 1992. *Norwegian Method of Tunnelling*. World Tunnelling, June and August 1992, UK.
- Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. 1974. *Rock Mechanics: Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support*. Vol. 6, No. 4.
- Bickel, Kuesel and King. 1996. *Tunnel Engineering Handbook*, 2nd ed. Chapman & Hall, N.Y.BTS/ICE 2005.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil And Petroleum Engineering*. 251p., Wiley, NewYork.
- Capper, Phillip. 2004. *International Arbitration: A Handbook*. ISBN 1843113260
- Chapman, D., Metje, N., Stärk, A. 2010. *Introduction to Tunnel Construction*. Spon Press London & New York: ISBN 0-203-89515-0 Master e-book ISBN.
- Consortium of Indonesia Contractor. 2006. *Construction Method: Jatigede Dam Project*.
- Deere, D. U., and Deere, D. W. 1988. *Rock Classification Systems for Engineering Purposes: The Rock Quality Designation (RQD) Index in Practice*. L. Kirkaldie, ed., ASTM 1984.
- Ditjen Bina Marga. 2007. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Ditjen SDA and JICA. 2000. *The Detailed Design of Flood Control, Urban Drainage and Water Resources Development in Semarang in The Republic Of Indonesia*. Ministry of Public Works.
- Ditjen SDA. 2004. *Review Detail Design Waduk Jatigede di Kabupaten Sumedang*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Ditjen SDA. 2008. *Detail Engineering Design Terowongan Pengelak Waduk Jatigede*. Departemen Pekerjaan Umum.

- FHWA. 2009. *Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels - Civil Elements*. FHWA-NHI-10-034, December.
- Geoconsult ZT GmbH. 1993. *Technical Specification for Civil Underground Tunnel Works, Prepared for the General Directorate of Highways Republic of Turkey*. Austria.
- Grimstad, E. & Barton, N. 1993. *Updating of the Q-System for NMT*. In Kompen, Opsahl & Berg (eds), *Proc. Of the International Symposium on Sprayed Concrete – Modern Use of Wet Mix Sprayed Concrete for Underground Support*, Fagernes.
- Harry Alexander. 2012. *Modul Pelatihan: Penyusunan dan Manajemen Kontrak Pengadaan*.
- ITA. 2004. *Guidelines for Tunnelling Risk Management*. ITA Working Group 2, Research, ITA-AITES, c/o EPFL, Bat GC, CH 1015 Lausanne, Switzerland.
- Japan Society of Civil Engineers. 2002. *Pedoman Pekerjaan Terowongan Pegunungan*.
- Kolymbas, Dimitrios. 2008. *Tunnelling and Tunnel Mechanics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: ISBN 978-3-540-25196-5.
- NAS. 1976. *Recommendations on Better Contracting for Underground Construction*. National Research Council. Washington, DC, 151.
- Norwegian Tunnelling Society. 2004. *Norwegian Tunnelling: Risk Sharing Norwegian Style*. Publication No. 14, ISBN-NR.82-91341-79-6.
- Palmstrom, A. and Broch, E. 2006. *Use and Misuse of Rock Mass Classification Systems with Particular Reference to the Q-system*. *Tunnels and Underground Space Technology*, 21, 575-593.
- Pietro Lunardi. 2008. *Design and Construction of Tunnels: Analysis of Controlled Deformation in Rocks and Soils (ADECO-RS)*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-540-73874-9.
- Pusjatan. 2009. *Laporan Akhir: Pengembangan Teknologi Terowongan dan Jalan Bawah Tanah*. Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Rabcewicz, L. 1964. *The New Austrian Tunneling Method*, Part I. *Water Power*, pp. 453-457.
- Rokahr R.B. 1995. *Wie sicher ist die NÖT?*. *Felsbau*, 13(6): 334–40. Huer 1974.
- Singh, B., Goel, R.K. 2006. *Tunnelling in Weak Rocks*. Elsevier Geo-Engineering Book Series Volume 5: ISBN 13: 978-0-08-044987-6.
- Terzaghi K. 1950. *Geologic Aspects of Soft Ground Tunnelling*. *Applied Sedimentation* (ed. P.D. Trask), John Wiley & Sons, New York, pp. 193–209.
- Terzaghi, K. 1946. *Rock Defects and Loads on Tunnel Supports Rock Tunneling with Steel Support*. R. V. Proctor and T. White, Commercial Shearing Co., Youngstown, OH: 15-99.

Terzaghi, K. 1977. *Earth Tunneling with Steel Supports*. Commercial Shearing and Stamping Co., Youngstown, OH.