



**PERENCANAAN TEROWONGAN
DI PROYEK INDUK PEMBANGKIT LISTRIK & JARINGAN
DI TAKENGON – ACEH DENGAN METODE PELEDAKAN**

Diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Sipil (S -1)



**Oleh :
KARYANTO
NIM : 41107110019**

**FAKULTAS TEKNIK PERENCANAAN DAN DESAIN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
2012**

	LEMBAR PENGESAHAN SIDANG SARJANA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS PERENCANAAN DAN DESAIN UNIVERSITAS MERCU BUANA	
---	--	---

Semester : Genap/Ganjil

Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik jenjang pendidikan Strata 1 (S-1) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Perencanaan Dan Desain Universitas Mercu Buana.

Judul Tugas Akhir :

“Perencanaan Terowongan di Proyek Induk Pembangkit Listrik & Jaringan di Takengon – Aceh Dengan Metode Peledakan”

Disusun Oleh

Nama : **Karyanto**

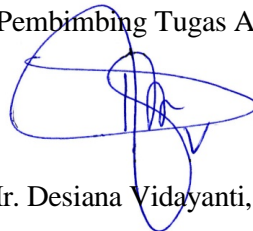
NIM : **41107110019**

Jurusan/Program Studi : **Teknik Sipil**

Telah diajukan dan dinyatakan **LULUS** pada sidang sarjana tanggal 05 April 2012

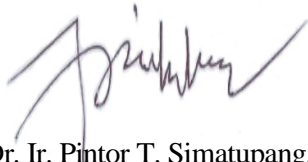
Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Desiana Vidayanti, MT

Mengetahui,
Ketua Penguji

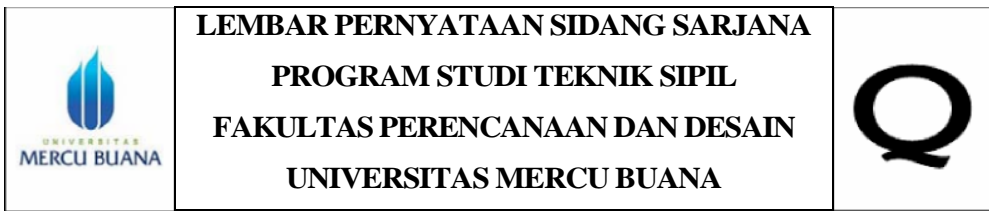


Dr. Ir. Pintor T. Simatupang, MT

Mengetahui,
PJS Ketua Program Studi



Ir. Mawardi Amin, MT



Semester : Genap/Ganjil

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Karyanto

NIM : 41107110019

Jurusan/Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjanaan saya. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat dipertanggungjawabkan sepenuhnya.

Jakarta, 20 Maret 2012

Yang memberikan pernyataan

Karyanto

ABSTRAKSI

Judul : Perencanaan Terowongan di Proyek Induk Pembangkit Listrik & Jaringan di Takengon – Aceh Dengan Metode Peledakan
Nama : Karyanto (41107110019)
Pembimbing : Ir. Desiana Vidayanti, MT

Perencanaan terowongan dengan metode peledakan ini diperlukan mengingat dengan penggalian manual dengan alat berat tidak memungkinkan terkait material galian yang keras (batuan).

Terowongan yang akan direncanakan meliputi terowongan Work Adit dengan 4 (empat) tipe terowongan, Work Adit II dengan 3 (tiga) tipe terowongan dan Work Adit III dengan 5 (lima) tipe terowongan dengan variasi panjang terowongan pada masing-masing tipe.

Metode yang digunakan dalam perhitungan ini adalah dengan mengumpulkan data, meliputi data pengujian dan perencanaan. Data pengujian yaitu *Rock Mass Rating* (RMR) dan data perencanaan yaitu gambar rencana Proyek Induk Pembangkit Listrik dan Jaringan di Takengon - Aceh.

Dari data di atas penulis melakukan analisis data yang meliputi : penentuan *ground support*/perkuatan dinding permukaan terowongan dan menentukan *blasting design* yang aman dan stabil terhadap terowongan itu sendiri pada proyek tersebut.

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

- *Barang siapa yang menginginkan kebaIiagian dunia maka Iiarus dengan ilmu, dan barang siapa yang menginginkan kebaIiagian akIiirat maka Iiarus dengan ilmu, dan barang siapa yang menginginkan kedua-duanya (kebaIiagian dunia dan akIiirat) maka Iiarus dengan ilmu. (AlHadits).*
- *Man Jadda Wajada*
- *Kaizen*

Karya ini Saya persembahkan untuk:

Ibu dan Bapak Tercinta,

Saudara-saudara tercinta,

Keluarga Besar tercinta, Yang selalu

memberikan kesabarannya,

.....

KATA PENGANTAR

Assalamua'laikum wr.wb

Puji dan Syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT., yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang dilaksanakan di Universitas Mercu Buana dengan judul "Perencanaan Terowongan di Proyek Induk Pembangkit Listrik & Jaringan di Takengon – Aceh Dengan Metode Peledakan".

Laporan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat kelulusan mahasiswa S1 Fakultas Teknik Perencanaan dan Desain Program Studi Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.

Dalam melaksanakan tugas akhir ini, penulis merasa berhutang budi atas segala bimbingan dan dorongan kepada penulis yang diberikan dengan penuh pengertian dan kesabaran, maka sudah seharusnya penulis menghaturkan terima kasih kepada :

1. Ir. Desiana Vidayanti, MT selaku Dosen Pembimbing
2. Ir. Mawardi Amin, MT selaku PJS Ketua Program Studi Teknik Sipil
3. Sylvia Indriany, MT selaku Koordinator Tugas Akhir
4. Bapak/Ibu Dosen pengajar Universitas Mercubuana
5. Ibu, Bapak dan Keluarga besar tercinta, yang telah memberikan cinta, kasih sayang, semangat dan dukungan do'a.
6. Tim Manajemen Universitas Mercu Buana
7. Teman-teman seperjuangan, serta semua pihak yang telah memberikan dorongan dan bimbingan sehingga tugas akhir ini dapat berjalan lancar.

Semoga atas segala bimbingan, dorongan dan pengertian Bapak-bapak dan Ibu mendapat pahala yang setimpal dari Allah SWT.

Dengan penuh keyakinan, tugas akhir ini telah memberikan banyak pengalaman yang sangat berharga, sehingga hal ini akan menjadi bekal yang tidak ternilai harganya untuk masa yang akan datang.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan, oleh karena itu penulis akan senantiasa menunggu saran dan kritik yang membangun untuk perkembangan untuk kemajuan kita di masa yang akan datang.

Jakarta, Maret 20 12
Penulis.

Karyanto

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN SIDANG SARJANA	iii
ABSTRAKSI	iv
LEMBAR MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Penulisan	2
1.5 Sistematika Penulisan	5

BAB II DASAR-DASAR TEORI PERENCANAAN TEROWONGAN DENGAN METODE PELEDAKAN

2.1 Terowongan	6
2.2 Proyek-proyek yang berhasil dan sedang dikerjakan dengan metode peledakan	8
2.3 Batuan	
2.3.1 Klasifikasi Batuan	11
2.3.2 Kondisi Batuan di Permukaan Bumi	15
2.3.3 Sifat-sifat Index Batuan	16
2.3.4 Diskontinuitas Sebagai Sifat Fisik Pada Batuan	19
2.3.5 Keruntuhan Batuan & test Terhadap Kekuatannya	20
2.3.6 Klasifikasi Massa Batuan Dari Terzaghi	22
2.3.7 Rock Quality Designation Index (RQD)	23
2.3.8 Klasifikasi Massa Batuan Dengan Rock Mass Rating (RMR)	24
2.4 Pengenalan Bahan Peledak	
2.4.1 Reaksi Dan Produk Peledakan	28
2.4.2 Klasifikasi Bahan Peledak	30
2.4.3 Klasifikasi Bahan Peledak Industri	31
2.4.4 Karakteristik Bahan Peledak	32
2.4.5 Jenis Dan Tipe Bahan Peledak Industri	40
2.4.6 Perlengkapan Peledakan	44
2.4.7 Primer Dan Booster	60
2.4.8 Peralatan Peledakan	65
2.5 Persiapan Peledakan	69

2.6 Teknik Peledakan	96
2.7 Aplikasi Bahan Peledak Pada Terowongan	128
BAB III DATA RENCANA TEROWONGAN	
3.1 Lokasi	138
3.2 Data Hasil Pengujian Di Lapangan Dan Rencana Terowongan	138
3.3 Tahapan Pekerjaan Terowongan Di Lapangan	148
BAB IV ANALISA BLASTING DESIGN & GROUND SUPPORT	
4.1 Analisa Ground Support	151
4.2 Analisa Design Blasting	159
4.3 Kebutuhan Bahan Peledak	175
4.4 Firing Pattern.....	177
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	180
5.2 Saran	180
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagan alir perencanaan terowongan	4
Gambar 2.1 Contoh terowongan	6
Gambar 2.2 Penggalian terowongan tradisional	7
Gambar 2.3 Penggalian terowongan menggunakan tunnel drilling machine	8
Gambar 2.4 Jatigede Project	9
Gambar 2.5 Siklus pembentukan batuan	12
Gambar 2.6 Batuan Beku Asam	12
Gambar 2.7 Batuan Beku Menengah	13
Gambar 2.8 Batuan Beku Basa	12
Gambar 2.9 Batuan Beku Ultrabasa	12
Gambar 2.10 Profil Pelapukan Batuan Menjadi Tanah	15
Gambar 2.11 Lekukan Batuan antiklin dan Sinklin	16
Gambar 2.12 Skematis Alat Point Load Test Pada Batuan	17
Gambar 2.13 Contoh Keruntuhan Yang Disebabkan Terjadinya Keretakan Dari Batuan	21
Gambar 2.14 Keruntuhan Dari Batuan Tipe Topping Dimana Diskontinunya Hampir Tegak Lurus	21
Gambar 2.15 Prosedur Massa Batuan Dengan Rock Mass Rating	24
Gambar 2.16 Penjelasan Tabel Nilai Rating Pada Sistem RMR	27
Gambar 2.17 Klasifikasi Bahan Peledak Menurut J.J Manon	30
Gambar 2.18 Klasifikasi Bahan Peledak	31
Gambar 2.19 Pengujian Sensitifitas Bahan Peledak	34
Gambar 2.20 Penurunan Kecepatan Detonasi Anfo Akibat Air	38
Gambar 2.21 Proses Terbentuknya Tekanan Detonasi	38
Gambar 2.22 Gerakan Batuan Akibat Tekanan Gas Hasil Peledakan Semakin Jauh	39
Gambar 2.23 Ammonium Nitrate	40
Gambar 2.24 Hubungan %FO dan %RWS Bahan Peledak Anfo	42
Gambar 2.25 Pola Urutan Produksi Emulsi	43
Gambar 2.26 Emulsi Cartridge Eks Dahana	44
Gambar 2.27 Sketsa Gambar Penampang Detonator Biasa	46
Gambar 2.28 Kemasan Detonator Biasa (ICI explosives, 1988)	47
Gambar 2.29 Sketsa Penampang Detonator Listrik	48
Gambar 2.30 Detonator Listrik Langsung	50
Gambar 2.31 Detonator Listrik Tunda	50
Gambar 2.32 Bagian-bagian Sumbu Nonel	53
Gambar 2.33 Bagian Dalam Detonator Listrik	54
Gambar 2.34 J Hook	54
Gambar 2.35 Detonator Nonel Dalam Lubang Ledak	55
Gambar 2.36 Detonator Nonel Di Dalam Permukaan	55
Gambar 2.37 Lead-In Line	56
Gambar 2.38 Gulungan Sumbu Api	58
Gambar 2.39 Cara Pemasangan Sumbu Api ke Detonator Biasa	59

Gambar 2.40 Cara Pemotongan Dan Penyulutan Sumbu Api	59
Gambar 2.41 Bagian-bagian Sumbu Ledak	60
Gambar 2.42 Posisi Primer Di Kolom Lubang Ledak	61
Gambar 2.43 Perbedaan Booster Dan Primer	62
Gambar 2.44 Pembuatan Primer Menggunakan Detonator Biasa	63
Gambar 2.45 Pembuatan Primer Menggunakan Detonator Listrik	64
Gambar 2.46 Pembuatan Primer Menggunakan Sumbu Ledak	65
Gambar 2.47 Tipe Alat Pemicu Ledak Listrik	66
Gambar 2.48 Alat Pemicu Buatan ICI Explosives	67
Gambar 2.49 Pengukuran Tahanan Kawat Listrik Pada Peledakan	68
Gambar 2.50 Kawat Utama Untuk Peledakan Listrik	69
Gambar 2.51 Beberapa Kenampakan Profil Bidang Bebas	70
Gambar 2.52 Ilustrasi Teknik Profiling Pada Peledakan Tambang Terbuka	71
Gambar 2.53 Sistem Proyeksi Pola Pengeboran Di Bawah Tanah	74
Gambar 2.54 Cara Memeriksa Kedalaman Dan Adanya Penyumbat Dalam Lubang Ledak	78
Gambar 2.55 Cara Memasukan Primer	78
Gambar 2.56 Pengisian Primer Pada Lubang Tegak Di Bawah Tanah	78
Gambar 2.57 Pengisian Lubang Ledak Menggunakan MMU (Dahana)	79
Gambar 2.58 Pengisian Lubang Ledak Vertikal	80
Gambar 2.59 Penyumbat Pada Lubang Ledak Vertikal	81
Gambar 2.60 Langkah-langkah Penyambungan Kawat Pada Peledakan Listrik	83
Gambar 2.61 Rangkaian Seri	84
Gambar 2.62 Rangkaian Paralel	85
Gambar 2.63 Rangkaian Paralel – Seri	86
Gambar 2.64 Cara Menginisiasi Sumbu Ledak	86
Gambar 2.65 Rangkaian Peledakan Nonel Satu Baris	88
Gambar 2.66 Rangkaian peledakan Nonel Banyak Baris	88
Gambar 2.67 Rangkaian Nonel Banyak Baris Dengan Waktu Tunda	89
Gambar 2.68 Cara Penyambungan Sumbu Nonel	89
Gambar 2.69 Cara Penyambungan Sumbu Nonel di Bawah Tanah	90
Gambar 2.70 Rangkaian Peledakan Nonel di Bawah Tanah	91
Gambar 2.71 Peledakan Nonel Pada Pembuatan Sumuran Vertikal	91
Gambar 2.72 Shelter	94
Gambar 2.73 Pengamanan Lokasi Peledakan	95
Gambar 2.74 Sketsa Pola Pengeboran bujur sangkar	97
Gambar 2.75 Sketsa Pola Pengeboran Persegi Panjang	99
Gambar 2.76 Sketsa Dasar Drug Cut	100
Gambar 2.77 Sketsa Dasar Burn Cut	100
Gambar 2.78 Variasi Burn Cut	101
Gambar 2.79 Peledakan Pojok Dengan Pola Staggered 90 Derajat	103
Gambar 2.80 Peledakan Pojok Dengan Pola Staggered 60 Derajat	104
Gambar 2.81 Peledakan Pojok Antar Baris Dengan Pola Bujur Sangkar ...	104
Gambar 2.82 Peledakan Pojok Antar Baris Dengan Pola Staggered	105
Gambar 2.83 Peledakan Pada Bidang Bebas Dengan Pola V Cut Bujur	

Sangkar dan Waktu Tunda.....	105
Gambar 2.84 Peledakan pada Bidang Bebas Memanjang Dengan Pola V Cut Persegi Panjang dan Waktu Tunda Bebas	106
Gambar 2.85 Kelompok Lubang Pada Permukaan Kerja Suatu Terowongan	107
Gambar 2.86 Pola Peledakan Dengan Burn Cut Pada Suatu Terowongan	107
Gambar 2.87 Pola Peledakan Dengan Wedge Cut Pada Suatu Terowongan	108
Gambar 2.88 Pola Peledakan Dengan Drag Cut Pada Suatu Terowongan	108
Gambar 2.89 Hubungan Variasi Diameter Lubang Ledak Dengan Tinggi Jenang	110
Gambar 2.90 Terminologi Dan Simbol Geometri Peledakan	112
Gambar 2.91 Lubang Ledak Vertikal dan Miring	113
Gambar 2.92 Tipe-tipe Sekuen Inisiasi	116
Gambar 2.93 Bongkah Batuan	120
Gambar 2.94 Cara Pengeboran Bongkah	120
Gambar 2.95 Bongkah Batuan Besar Yang Akan Diledakan	121
Gambar 2.96 Beberapa Cara Peledakan Mudcapping	123
Gambar 2.97 Sketsa Snakeholing	124
Gambar 2.98 Mengeluarkan Stemming Dari Lubang Gagal Ledak	127
Gambar 2.99 Bagian-Bagian Round Tunnel	128
Gambar 2.100 Alat Bor	129
Gambar 2.101 Look Out dan Cut	129-
	130
Gambar 2.102 Grafik Hasil Peledakan Dari Berbagai Macam Jarak ke Arah Lubang Kosong	131
Gambar 2.103 Grafik Hubungan Persentase Kemajuan Dari Kedalaman Pengeboran dan Diameter Lubang Kosong	131
Gambar 2.104 Grafik Minimum Bahan Peledak dan Jarak C-C.....	132
Gambar 2.105 Grafik Minimum Kebutuhan Bahan Peledak Dan Jarak Maksimum Burden	133
Gambar 2.106 Desain 1 st Square	133
Gambar 2.107 Desain 2 nd Square	134
Gambar 2.108 Desain 3 rd Square	134
Gambar 2.109 Desain 4 th Square.....	134
Gambar 2.110 Grafik Hubungan Burden Dengan Isian Bahan Peledak	135
Gambar 3.1 Peta Lokasi Proyek	137
Gambar 3.2 General Project Area	138
Gambar 3.3 Lokasi Work Adit I & II	139
Gambar 3.4 Lokasi Work Adit III	140
Gambar 3.5 Terowongan Tipe A Work Adit I	141
Gambar 3.6 Terowongan Tipe B Work Adit I	141
Gambar 3.7 Terowongan Tipe C Work Adit I	142
Gambar 3.8 Terowongan Tipe D Work Adit I	142
Gambar 3.9 Terowongan Tipe A Work Adit II	143
Gambar 3.10 Terowongan Tipe B Work Adit II	143
Gambar 3.11 Terowongan Tipe C Work Adit II	144
Gambar 3.12 Terowongan Tipe A Work Adit III	144

Gambar 3.13 Terowongan Tipe B Work Adit III	145
Gambar 3.14 Terowongan Tipe C Work Adit III	145
Gambar 3.15 Terowongan Tipe D Work Adit III	146
Gambar 3.16 Terowongan Tipe E Work Adit III	146
Gambar 3.17 Flow Chart Pengerjaan Terowongan	148
Gambar 3.18 Flow Chart Perencanaan Terowongan Dengan Metode Peledakan	150
Gambar 4.1 Ground Support Work Adit I	158
Gambar 4.2 Penentuan Diameter Lubang Kosong	160
Gambar 4.3 Drilling Pattern 1 st Square	160
Gambar 4.4 Kebutuhan Bahan Peledak 1 st Square.....	161
Gambar 4.5 Drilling Pattern 2 nd Square	162
Gambar 4.6 Kebutuhan Bahan Peledak 2 nd Square.....	162
Gambar 4.7 Drilling Pattern 3 rd Square.....	163
Gambar 4.8 Kebutuhan Bahan Peledak 3 rd Square	163
Gambar 4.9 Kebutuhan Bahan Peledak 4 th Square	164
Gambar 4.10 Drilling Pattern 4 th Square	165
Gambar 4.11 Cut	169
Gambar 4.12 Floor	170
Gambar 4.13 Wall	171
Gambar 4.14 Roof.....	172
Gambar 4.15 Stoping Upward & Horizontally	173
Gambar 4.16 Stoping Downward.....	174
Gambar 4.17 Firing Pattern	185

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Harga Point Load Index beberapa batuan	18
Tabel 2.2 Hubungan RQD dengan kualitas dari massa batuan	23
Tabel 2.3 Nilai rating pada system RMR	25
Tabel 2.4 Tabel petunjuk pelaksanaan pada tunnel batuan	28
Tabel 2.5 Klasifikasi bahan peledak menurut Anon (1977)	31
Tabel 2.6 Densitas pengisian bahan peledak untuk berbagai diameter lubang ledak	33
Tabel 2.7 Jumlah kebutuhan FO untuk memperoleh anfo	42
Tabel 2.8 Interval waktu tunda pada detonator	51
Tabel 2.9 Penyebab yang membedakan pola pengeboran	96
Tabel 2.10 Potensi yang terjadi akibat stiffness ratio	114
Tabel 2.11 Estimasi jumlah bahan peledak untuk peledakan bongkah	121
Tabel 2.12 Specific charge bahan peledak untuk peledakan bongkah	122
Tabel 2.13 Estimasi jumlah bahan peledak pada mudcapping	123
Tabel 2.14 Muatan bahan peledak pada peledakan bongkah	124
Tabel 2.15 Drilling & charging geometry of the round	135
Tabel 2.16 Tabel Isian Bahan Peledak dan Pola Pengeboran Pada Contour Blasting	136
Tabel 4.1 Analisa ground support yang dibutuhkan pada Work Adit I ...	154
Tabel 4.2 Analisa ground support yang dibutuhkan pada Work Adit II ...	155
Tabel 4.3 Analisa ground support yang dibutuhkan pada Work Adit III ..	156
Tabel 4.4 Analisa kebutuhan bahan peledak Work Adit I	175
Tabel 4.5 Analisa kebutuhan bahan peledak Work Adit II & III	175
Tabel 4.6 Analisa Total kebutuhan bahan peledak	176
Tabel 4.7 Analisa Total kebutuhan detonator	177