



MAGANG INDUSTRI – CS224717

LAPORAN MAGANG

MP 61 SLOPE REMEDIATION PROJECT

**DEPARTEMEN MINE CLOSURE & REGIONAL GEOTECHNICAL
PT FREEPORT INDONESIA**

ANDI MUHAMMAD ILHAM

NRP. 0311194000041

Dosen Pembimbing

Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.

Pembimbing Lapangan

Arief Wijayanto, S.T., M.B.A.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 2023



MAGANG INDUSTRI – CS224717

LAPORAN MAGANG

MP 61 *SLOPE REMEDIATION PROJECT*

**DEPARTEMEN MINE CLOSURE & REGIONAL GEOTECHNICAL
PT FREEPORT INDONESIA**

ANDI MUHAMMAD ILHAM

NRP. 03111940000041

Dosen Pembimbing

Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.

Pembimbing Lapangan

Arief Wijayanto, S.T., M.B.A.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 2023

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN MAGANG
DEPARTEMEN MINE CLOSURE & REGIONAL GEOTECHNICAL
DIVISI GEOENGINEERING
PT FREEPORT INDONESIA

ANDI MUHAMMAD ILHAM

0311194000041

Surabaya, Agustus 2023
Menyetujui,

Dosen Pembimbing Internal

Pembimbing Lapangan



Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198004302005011002

Arief Wijayanto, S.T., M.B.A.
Manager Mine Closure & Regional
Geotechnical

Mengetahui,
Sekretaris Departemen I

Bidang Akademik dan
Pengembangan Departemen
Teknik Sipil FSPK – ITS



Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198004302005011002

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Rasa syukur kami hantarkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat kesempatan, rahmat, dan karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Magang PT Freeport Indonesia, Divisi *Geo Engineering*, Departemen Mine Closure & Regional Geotechnical.

Laporan ini disusun dengan tujuan untuk melaporkan seluruh kegiatan yang telah dilakukan selama 3 bulan, mulai tanggal 2 Februari 2023 hingga 7 Mei 2023 di PT Freeport Indonesia, Divisi *Geo Engineering*, Departemen Mine Closure & Regional Geotechnical. Laporan ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya dengan adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, rasa terima kasih, penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing selama kegiatan magang pada PT Freeport Indonesia dilakukan hingga penyusunan laporan magang ini dilakukan.
2. Bapak Arief Wijayanto, S.T., M.B.A. selaku Manager dari Departemen Mine Closure & Regional Geotechnical dan bapak Pramuji, S.T., M.T. selaku supervisor penulis selama dilaksanakannya kegiatan magang di Departemen Mine Closure & Regional Geotechnical, Divisi *Geo Engineering* PT Freeport Indonesia.
3. Bapak Anton Junaidi, S.T., M.T., Bapak Erwin Turnip, S.T., dan Michael Stephen, S.T. selaku mentor yang juga membimbing dan mendampingi kegiatan magang baik pekerjaan di lapangan, maupun penyelesaian proyek.
4. Jajaran Divisi *Geo Engineering*, khususnya Departemen Mine Closure & Regional Geotechnical.
5. Orang tua yang selalu mendukung kegaitan perkuliahan penulis.
6. Rekan-rekan yang telah berpartisipasi untuk membantu proses pengerjaan laporan magang ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan magang ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata, penulis mengucapkan mohon maaf jika terdapat kekurangan dalam laporan magang ini, penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surabaya, Agustus 2023

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.3 Manfaat.....	2
BAB II AKTIVITAS MAGANG	3
2.1 <i>Safety induction</i>	3
2.1.1 <i>Fatal Risk Management Board</i> Departemen	3
2.1.2 <i>Induction Jobsite</i> PTFI.....	6
2.2 Pengenalan Alat <i>Monitoring GPS</i>	11
2.2.1 Instalasi GPS	12
2.2.2 <i>GPS Maintenance</i>	14
2.3 Inspeksi TARP	15
2.4 Inspeksi Reguler dan <i>Drone Inspection</i>	16
2.5 Inspeksi Terhadap Isu Geoteknik yang Dilaporkan	21
2.5.1 Longsoran pada Lereng HEAT Road KM 2+500	21
2.5.2 Batuan Jatuh pada Amole Shop Besar	23
2.5.3 Batuan Jatuh pada <i>Zaagkam Slope</i>	24
2.6 <i>Ground Penetrating Radar (GPR) Test</i>	26
BAB III TUGAS SELAMA MAGANG.....	29
3.1 Remediasi Lereng MSR <i>Mile Post 61</i>	29
3.1.1 Analisis Data	31
3.1.2 <i>Back analysis</i>	40
3.1.3 Analisis Pembebanan	45
3.1.4 Analisis Kekuatan Pipa sebagai Perkuatan	49
3.1.5 Desain dan Uji Sensitivitas Perkuatan	52
3.1.6 Pemilihan Desain Optimum	53
BAB IV HAL MENARIK DAN PENYELESAIANNYA.....	57

4.1	Pemanfaatan Material Pipa Konsentrat	57
4.1.1	Hal Menarik pada Pemanfaatan Material Pipa Konsentrat	57
4.1.2	Penyelesaian	58
4.2	<i>Stopping Action</i> pada Pekerjaan Galian Gravity Feed Box.....	58
4.2.1	Hal Menarik pada Pelaksanaan di Lapangan	59
4.2.2	Penyelesaian	61
4.3	Penggunaan <i>Container barrier</i>	62
4.3.1	Hal Menarik pada Pelaksanaan di Lapangan	63
4.3.2	Penyelesaian	64
4.4	Pemetaan Pada <i>Job Site</i> PT Freeport Indonesia	67
4.4.1	Hal Menarik pada Pemetaan yang Dilakukan	68
4.4.2	Penyelesaian	68
BAB V DOKUMENTASI KEGIATAN		71
5.1	Dokumentasi Kegiatan pada Area <i>Mill</i>	71
5.2	Dokumentasi Kegiatan pada <i>Main Supply Road</i> PT Freeport Indonesia	72
5.3	Dokumentasi Kegiatan pada Area Hidden Valley (MP 66)	73
BAB VI PENUTUP		75
6.1	Kesimpulan.....	75
6.2	Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA		77
LAMPIRAN.....		79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Pipa Konsentrat pada Lalan di Mile Post 61	1
Gambar 2. 1	FRM Board Section Civil Geotech.....	3
Gambar 2. 2	Risiko Fatal dalam Pengoperasian LV	4
Gambar 2. 3	Risiko Fatal saat Melakukan Inspeksi Geoteknik	5
Gambar 2. 4	Risiko Fatal pada Saat Melakukan <i>Maintenance</i> GPS	6
Gambar 2. 5	Foto Udara Area <i>Mill</i>	7
Gambar 2. 6	Minecat sebagai <i>Underground Equipment</i> Keluar dari MLA Portal	7
Gambar 2. 7	Pit <i>Grasberg Surface Mine</i>	8
Gambar 2. 8	Standar APD pada Area <i>red zone</i>	10
Gambar 2. 9	Tampak dalam Dari <i>Armored Vehicle</i>	10
Gambar 2. 10	Mobil 01-4841R yang Telah Memiliki Izin Memasuki <i>Red Zone</i>	11
Gambar 2.11	GPS pada Hidden Valley	12
Gambar 2. 12	Dua Komponen Utama GPS.....	13
Gambar 2. 13	Baterai Sebagai <i>Power Supply</i> Utama Bagi GPS	13
Gambar 2. 14	Indikasi GPS dapat Bekerja Setelah Instalasi Dilakukan	14
Gambar 2. 15	Instalasi GPS ke <i>Power Supply</i>	14
Gambar 2. 16	Contoh Data GPS yang Tidak Terekam secara Periodik.....	14
Gambar 2. 17	Pengecekan GPS di MSR MP 61	15
Gambar 2. 18	Lampu Indikator GPS	15
Gambar 2.19	<i>Display Monitoring</i> Tinggi Hujan	16
Gambar 2. 20	<i>Container barrier</i> di Area Amole Batch Plan	17
Gambar 2. 21	<i>Finishing Container barrier</i>	17
Gambar 2. 22	Kasuang <i>Rock Fence</i>	18
Gambar 2. 23	<i>Meshing</i> pada lereng dibelakang BC 36 dan 38	18
Gambar 2. 24	Konstruksi <i>Retaining Wall</i> dalam Proses Pemasangan Bekisting	19
Gambar 2. 25	Pembuatan <i>Guard rail</i> MP 56	19
Gambar 2. 26	Desain <i>Guard rail</i>	20
Gambar 2. 27	Tulangan Dari Pondasi <i>Guard rail</i>	20
Gambar 2. 28	Proses Pemasangan Micropiles Untuk RTH	21
Gambar 2. 29	Kondisi Ruas Jalan yang Terdampak Longsor Material.....	22
Gambar 2. 30	Dimensi Tanggul yang Direkomendasikan	22
Gambar 2. 31	Adanya Potensi Jatuhnya Material dari <i>Catch Bench</i>	23
Gambar 2. 32	Amole Shop Besar yang Terdampak Batuan Jatuh	23
Gambar 2. 33	Lereng dengan Historis Longsor pada Amole Batch Plant	24

Gambar 2. 34	Dugaan Sumber Material Batuan yang Jatuh	25
Gambar 2. 35	Area Piping Shop yang Berpotensi Terdampat Material Batuan yang Jatuh ..	25
Gambar 2. 36	Rencana Lokasi Pengujian GPR.....	26
Gambar 2. 37	Lintasan Alat GPR.....	27
Gambar 2. 38	Pelaksanaan GPR <i>test</i>	27
Gambar 3. 1	Lokasi Terjadinya Penurunan	29
Gambar 3. 2	Grafik <i>Crack Displacement</i> pada Bulan Maret - Juli	30
Gambar 3. 3	Grafik Ground Movement Berdasarkan Data InSAR	30
Gambar 3. 4	Hasil <i>Resistivity Test</i> pada <i>Concern Area</i>	30
Gambar 3. 5	Mitigasi yang Dilakukan pada Lokasi Studi	30
Gambar 3. 6	Kondisi <i>Crack</i> Dilapangan	31
Gambar 3. 7	Posisi <i>Cross section</i> Lereng yang Dipilih	32
Gambar 3. 8	Data Plot Posisi <i>Cross section</i> pada Peta LiDAR	33
Gambar 3. 9	<i>Cross section</i> Lereng yang Digunakan dalam Analisis.....	33
Gambar 3. 10	Lokasi Dibuatnya Sumur Uji.....	34
Gambar 3. 11	Lokasi <i>Resistivity Test</i>	36
Gambar 3. 12	Hasil <i>Resistivity Test</i> pada Lokasi Studi.....	36
Gambar 3. 13	Dimensi Pipa Konsentrat Baru	37
Gambar 3. 14	Pemancangan Menggunakan Material Pipa Konsentrat.....	37
Gambar 3. 15	Pengukuran Ketebalan Pipa Konsentrat	39
Gambar 3. 16	Koordinat <i>Concern Area</i> MSR MP61	40
Gambar 3. 17	Titik Lokasi Terjadinya <i>Crack</i> pada Peta Gempa Indonesia.....	40
Gambar 3. 18	Kondisi Batuan pada Lereng di atas Lokasi Studi.....	41
Gambar 3. 19	Asumsi Lapisan Tanah dan Batuan pada Lereng	43
Gambar 3. 20	Stabilitas Lereng Eksisting	44
Gambar 3. 21	Model Stabilitas Lereng dengan SF = 1	45
Gambar 3. 22	Simulasi Pembebanan pada Jalan.....	47
Gambar 3. 23	Beban yang Bekerja pada Lereng.....	47
Gambar 3. 24	Penentuan Nilai Koefisien Variasi dari Reaksi Tanah	51
Gambar 3. 25	Grafik Hubungan Angka Kemanan Terhadap Kedalaman Tiang	52
Gambar 3. 26	Grafik Hubungan Kedalaman Tiang dengan SF pada MAT Rendah.....	53
Gambar 3. 27	Grafik Hubungan Kedalaman Tiang dengan SF pada MAT Tinggi	53
Gambar 3. 28	Desain Perkuatan Lereng.....	54
Gambar 3. 29	Titik Pemasangan Perkuatan Pada Lokasi Studi	55
Gambar 3. 30	Alternatif Desain Perkuatan	55
Gambar 3. 31	Titik Pemasangan Berdasarkan Alternatif Perkuatan Pada Lokasi Studi.....	56

Gambar 4. 1 Informasi Dimensi Pipa Konsentrat	57
Gambar 4. 2 Pemanfaatan Pipa Konsentrat Sebagai Micropiles	58
Gambar 4. 3 Lokasi Pekerjaan Galian Gravity Feed Box	59
Gambar 4. 4 Desain Lereng yang Direkomendasikan.....	60
Gambar 4. 5 Temuan pada Pekerjaan Gravity Feed Box	60
Gambar 4. 6 Material Terlihat yang Terbawa Aliran Air Menekan <i>Meshing</i> Terpasang	61
Gambar 4. 7 Rekomendasi Pemasangan <i>Soil Nailing</i> pada Lereng Bagian Utara.....	61
Gambar 4. 8 Rencana Posisi Drainase Untuk mengalihkan Aliran Air	62
Gambar 4. 9 Contoh <i>Container barrier</i> di Area Mill.....	62
Gambar 4. 10 Gaya yang Bekerja pada <i>Gravity wall</i>	63
Gambar 4. 11 Dua Lapis <i>Container barrier</i>	63
Gambar 4. 12 Tiga Lapis <i>Container barrier</i>	64
Gambar 4. 13 Tekanan Aktif pada Dinding <i>Container</i>	65
Gambar 4. 14 Deformasi yang Dapat Terjadi pada <i>Container barrier</i>	65
Gambar 4. 15 Semi <i>Gravity wall</i> yang Dilengkapi Tulangan	66
Gambar 4. 16 <i>Container barrier</i> yang dilengkapi <i>bracing</i>	66
Gambar 4. 17 Distribusi Gaya Tanpa Pemasangan <i>Bracing</i>	67
Gambar 4. 18 Distribusi Gaya dengan Panmbahan <i>Bracing</i>	67
Gambar 4. 19 Kondisi Lapangan yang akan Disurvey.....	68
Gambar 4. 20 Data Kontur Hasil LiDAR.....	69
Gambar 5. 1 GPR <i>Test</i> di Area Mill	71
Gambar 5. 2 Kegiatan <i>Drone Inspection</i> dari Amole Batch Plant	71
Gambar 5. 3 Inspeksi Pekerjaan <i>Soil Nailing</i> Gravity Feed Box	72
Gambar 5. 4 <i>Field Discussion</i> terkait pembuatan <i>rigid pavement</i> pada MP 56,5.....	72
Gambar 5. 5 Inspeksi Pekerjaan pada MP 61	72
Gambar 5. 6 <i>Field Discussion</i> ReSloping Proyek di Area MP 59	73
Gambar 5. 7 GPS <i>Maintenance</i> di Area Hidden Valley (MP66)	73
Gambar 5. 8 <i>Sampling</i> Dimensi Material Pipa yang Digunakan di Lapangan.....	74
Gambar 5. 9 Material Bekas Pipa Konsentrat yang Digunakan Sebagai <i>Micropiles</i>	74
Gambar 5. 10 Pengawasan Pekerjaan Pemancangan	74

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kontrol Kritis Pengoperasian LV.....	4
Tabel 2. 2 Kontrol Kritis Inspeksi Geoteknik pada Area <i>Mill</i>	5
Tabel 2. 3 Kontrol kritis pada saat melakukan <i>maintenance</i> alat <i>monitoring</i>	6
Tabel 2. 4 Lima Risiko Fatal pada Tambang Bawah Tanah PTFI.....	8
Tabel 2. 5 Parameter TARP di setiap area	16
Tabel 3. 1 Hasil Uji Laboratoirum	35
Tabel 3. 2 Nilai resistivitas tiap lapisan	36
Tabel 3. 3 Data ketebalan pipa konsentrat bekas di area Hidden Valley	38
Tabel 3. 4 Peruntukan desain pada kondisi dinamis/ seismik.....	40
Tabel 3. 5 Korelasi jenis batuan berdasarkan nilai resistivitasnya.....	42
Tabel 3. 6 Korelasi nilai sudut geser terhadap jenis material.....	42
Tabel 3. 7 Korelasi nilai densitas terhadap nilai sudut geser	43
Tabel 3. 8 Material properties tanah sampel 2 dan batuan.....	43
Tabel 3. 9 Parameter tanah & batuan hasil <i>back analysis</i>	44
Tabel 3. 10 Korelasi Nilai Sudut Geser terhadap Kepadatan Tanah.....	47
Tabel 3. 11 Tabel klasifikasi kelas situs area studi	48
Tabel 3. 12 Nilai faktor amplifikasi untuk masing-masing PGA dan Ss	48
Tabel 3. 13 Parameter material pipa konsentrat untuk perhitungan perkuatan.....	50
Tabel 3. 14 Estimasi Kebutuhan pipa tiap meter pada kondisi statis.....	54
Tabel 3. 15 Estimasi Kebutuhan pipa tiap meter pada kondisi dinamis (seismik).....	54
Tabel 3. 16 Kebutuhan Material Pipa pada Desain Perkuatan Pipa pada Lereng.....	55
Tabel 3. 17 Kebutuhan Material Pipa pada Alternatif Desain Perkuatan Lereng	56

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Freeport Indonesia (PTFI) merupakan bagian dari holding Badan Usaha Milik Negara di sektor pertambangan, Mining Industry Indonesia (MIND ID). Sebagai perusahaan yang bergerak di bidang eksplorasi, pertambangan, pemrosesan, dan pemasaran konsentrat, PT Freeport Indonesia memiliki Wilayah Operasional yang sangat luas di Mimika, Papua tengah. Wilayah kerja PT Freeport Indonesia dibagi menjadi 2 area, yaitu *lowland* yang membentang dari *portsite* (area dermaga) hingga MP (*Mile Post*) 50 dan *highland* yang meliputi MP50 hingga tambang terbuka Grasberg yang operasionalnya telah selesai. Adapun area tambang yang telah selesai operasionalnya adalah tambang terbuka Erstberg, tambang terbuka Grasberg, tambang bawah tanah IOZ, dan tambang bawah tanah DOZ (*Deep Ore Zone*). Adapun kegiatan penambangan yang masih aktif adalah tambang bawah tanah dengan metode penambangan block caving meliputi DMLZ (*Deep Mine Level Zone*) dan GBC (*Grasberg Block Caving*) serta metode *stop and fill* pada tambang bawah tanah Big Gossan. Selain itu, PT Freeport Indonesia juga melakukan pengembangan pada area tambang bawah tanah “Kucing Liar”.

Selain kegiatan penambangan, PT Freeport Indonesia juga melakukan pengolahan terhadap bijih yang telah diambil dari lokasi penambangan. Bijih tersebut dihancurkan dan diolah pada area *Mill* yang terletak pada Mile Post 74. Dari area *Mill* tersebut, konsentrat emas dan tembaga didistribusikan dalam bentuk *slurry* menuju *portsite* (area dermaga). Proses distribusi ini dilakukan dengan memompa *slurry* melalui pipa baja berdiameter 6 inci (Gambar 1.1) yang membentang dari *mill area* hingga *portsite*. *Slurry* pada area *portsite* melewati proses *dewatering*, sehingga kandungan air pada *slurry* dibuang dan bijih tembaga dan emas dikirim ke smelter untuk diolah menjadi lempengan tembaga dan emas.



Gambar 1. 1 Pipa Konsentrat pada Lalan di Mile Post 61

Oleh karena itu, PT Freeport dengan area kerja dan bidang pekerjaan sangat luas melibatkan banyak keilmuan dalam segala kegiatan operasional dan non-operasionalnya. Salah satu ilmu yang banyak diterapkan pada area kerja PT Freeport adalah ilmu ketekniksipilan dari segala bidang, mulai dari hidrologi, struktur, manajemen konstruksi,

hingga geoteknik, sehingga dengan dilaksanakannya magang oleh mahasiswa Teknik Sipil FTSPK-ITS pada PT Freeport Indonesia, mahasiswa dapat mengamati, memahami, dan terlibat dalam implementasi teori ilmu ketekniksipilan untuk diterapkan dilapangan, khususnya peranannya pada dunia tambang.

Kegiatan magang pada PT Freeport Indonesia dilakukan pada Divisi *Geoengineering* Departemen Mine Closure and Regional Geotechnical. Seperti yang telah disebutkan, PT Freeport Indonesia memiliki area kerja/ *job site* yang sangat luas. Selain penambangan bawah tanah, salah satu kegiatan produksi PT Freeport Indonesia dilakukan di dataran tinggi (*highland*) yang berpotensi besar untuk terjadinya isu geoteknik seperti tanah longsor, batuan jatuh, *debrishflow* dll. Oleh karena itu, Departemen Mine Closure and Regional Geotechnical khususnya *section civil geotech* memiliki jobdesk dalam menjaga *jobsite* PTFI agar operasional dan non terhindar dari bahaya geoteknik dengan melakukan *monitoring*, inspeksi dan upaya-upaya mitigasi terhadap potensi terjadinya isu geoteknik, maupun remediasi terhadap kerusakan akibat isu geoteknik.

1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dilaksanakannya kegiatan magang pada PT Freeport Indonesia adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan pengetahuan/gambaran peranan keilmuan teknik sipil pada dunia pertambangan khususnya di bidang geoteknik.
2. Terlibat dan memahami segala bentuk pekerjaan baik di lapangan maupun kegiatan *office work* pada Regional Geotechnical Section Divisi GeoEngineering PT Freeport Indonesia.
3. Melakukan analisis dan rekomendasi desain perkuatan terhadap masalah yang terjadi di lapangan, khususnya pada proyek remediasi MP61 MSR PT Freeport Indonesia dengan luaran desain perkuatan lereng.
4. Mendapatkan pemahaman menciptakan lingkungan aman terhadap isu geoteknik yang terjadi pada *job site* pertambangan.

1.3 Manfaat

Terdapat beberapa manfaat yang didapatkan dari pelaksanaan kegiatan magang ini, selain mahasiswa, perusahaan dan perguruan tinggi juga mendapatkan manfaat berikut.

1. Bagi Perguruan Tinggi
Menambah referensi terkait penerapan keilmuan teknik sipil di dunia tambang, mulai dari jenis, data, proses, hingga teknologi yang diterapkan. Selain itu, laporan magang yang telah disusun, dapat menjadi bahan /referensi studi pada topik serupa.
2. Bagi Perusahaan
Hasil analisis dan pengamatan yang dilakukan khususnya pada proyek remediasi MP61 dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam pengerjaan proyek remediasi serupa. Selain itu, luaran yang berbentuk gambar rencana, perhitungan kebutuhan material, serta laporan juga dapat dijadikan pertimbangan dalam pelaksanaan di lapangan.
3. Bagi Mahasiswa
Menjadi sarana dalam mendalami ilmu di bidang teknik sipil khususnya ilmu praktis. Selain itu, kegiatan magang ini menjadi salah satu mata kuliah yang dapat ditempuh mahasiswa S1 Teknik Sipil FTSPK-ITS.

BAB II AKTIVITAS MAGANG

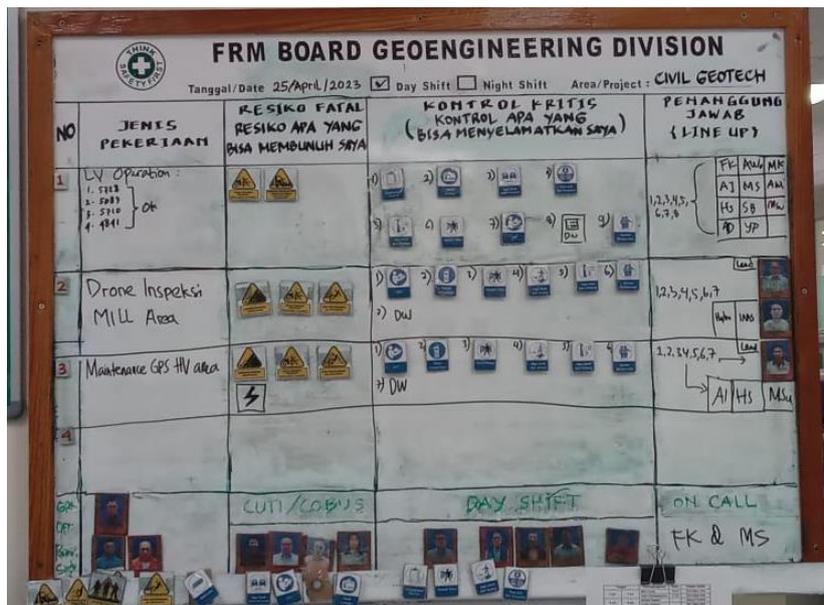
2.1 Safety induction

Safety induction adalah pengenalan dasar-dasar Keselamatan kerja dan Kesehatan Kerja (K3) kepada karyawan baru atau *visitor* (tamu) dan dilakukan oleh *trainer* dari Mine Safety Division dan bagian dari departemen lain yang berlisensi atau berwenang dalam melakukan *induction*. Tujuan dari *safety induction* adalah memberikan pemahaman tentang pentingnya K3 di dalam pertambangan, memberikan pemahaman tentang peraturan yang berlaku dan sanksi apa yang diberikan jika melanggar peraturan di perusahaan tambang tersebut dan memberikan informasi tentang prosedur kerja pada *job site* PT Freeport Indonesia.

Poin penting dalam *safety induction* adalah pembekalan terhadap personal agar terhindar terhadap resiko dari kegiatan atau pekerjaan yang akan dilakukan, khususnya resiko fatal yang mungkin terjadi. Resiko fatal sendiri didefinisikan sebagai resiko yang dapat menyebabkan hilangnya nyawa seseorang. Untuk menghindari resiko fatal yang dapat terjadi, telah tersusun upaya *preventif* yang tertuang dalam kontrol kritis. Kontrol kritis merupakan hal-hal yang harus dipenuhi untuk meminimalisir terjadinya resiko fatal pada diri kita saat melakukan pekerjaan.

2.1.1 Fatal Risk Management Board Departemen

FRM board adalah salah satu media yang digunakan dalam penyampaian isu terkait K3 dan serangkaian pekerjaan yang akan dilakukan pada hari tersebut beserta dengan potensi resiko fatal dan kontrol kritis yang dilakukan. FRM dilakukan pada pagi hari sebelum pekerjaan dimulai, *line up* pekerjaan dituliskan pada papan secara lengkap (Gambar 2.1), mulai dari jenis pekerjaan, resiko fatal yang mungkin terjadi, kontrol kritis terhadap resiko tersebut, serta penanggung jawab dan tim (anggota dan penanggung jawab pekerjaan) yang masuk dalam pekerjaan yang akan dilakukan.



Gambar 2. 1 FRM Board Section Civil Geotech

Informasi lain yang tercantum dalam FRM Board adalah jadwal petugas *on call* jumlah *man power* yang tersedia dan *man power* yang tidak tersedia, baik yang dalam masa *off*, sakit, sedang berada pada section lain, maupun yang dalam masa cuti. Hal ini membantu dalam pembagian pekerjaan yang tersedia dan inspeksi yang akan dilakukan pada hari kerja, sehingga distribusi pekerjaan dapat dilakukan secara optimal dan teratur. Berikut ini adalah pengelompokan risiko fatal dan kontrol kritis pada *line up* pekerjaan sesuai Gambar 2.1.

a. *Light vehicle operation*

Pengoperasian kendaraan yang dilakukan oleh tim adalah pengoperasian kendaraan ringan. Kendaraan yang dioperasikan haruslah kendaraan yang terdaftar di departemen. Berikut ini adalah risiko fatal yang mungkin terjadi saat kita mengoperasikan LV atau sedang berada dalam LV.



(a) Tabrakan dengan kendaraan lain



(b) Tertabrak kendaraan

Gambar 2. 2 Risiko Fatal dalam Pengoperasian LV

Untuk menghindari terjadinya risiko fatal yang dapat terjadi saat menendarai LV (Gambar 2.2), dilakukan kontrol kritis seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Kontrol Kritis Pengoperasian LV

No.	Kontrol Kritis	Deskripsi
1	<i>Pre Check List</i> Kendaraan	Memastikan kendaraan aman sesuai dengan ketentuan <i>check list</i> yang ditetapkan
2	<i>Valid Lisence</i>	Pengemudi LV yang harus memiliki lisensi pengemudian sesuai kendaraan yang sedang dikendarai (<i>armored</i> atau <i>non armored</i>) dan terdaftar pada area kerja yang dimasuki.
3	Mematuhi SOP	Mematuhi SOP pengendalian LV
4	Menjaga Jarak Aman	Menjaga jarak aman antar kendaraan minimal satu kali panjang kendaraan
5	Menggunakan Sabuk Pengaman	Menggunakan sabuk pengaman bagi pengemudi maupun penumpang
6	Komunikasi Positif	Berkomunikasi antar pejalan kaki atau pengendara lain dengan pengemudi LV
7	<i>Spotter/ Body Rule</i>	Mengajak <i>partner</i> yang dapat membantu dalam mengarahkan kendaraan, khususnya <i>armored</i> LV yang memiliki visibilitas rendah
8	Pengisian <i>Digital Workspace</i>	Mengisi DW sesuai dengan tugas dan posisi dalam tim.

Perlu digarisbawahi bahwa selain risiko fatal, terdapat risiko lain yang tidak tergolong dalam risiko fatal, tetapi kerap kali terjadi saat kegiatan dilakukan. Salah satunya adalah risiko terjepit, baik terjepit pintu saat menaiki kendaraan, maupun terjepit kap mobil saat melakukan LV *inspection*.

b. Inspeksi drone dan inspeksi geoteknik *Mill Area*

Inspeksi drone atau inspeksi geoteknik lainnya biasa dilakukan pada area lereng maupun area ketinggian lainnya. Karena kegiatan ini biasa dilakukan untuk komparasi area dengan riwayat isu geoteknik. Oleh karena itu, saat melakukan inspeksi geoteknik, perlu diwaspadai risiko fatal yang mungkin terjadi, seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. 3 Risiko Fatal saat Melakukan Inspeksi Geoteknik

Risiko tertabrak kendaraan kemungkinan terjadi apabila inspeksi geoteknik dilakukan pada area dekat jalan atau area dengan lalu lintas alat berat yang intens. Untuk menghindari risiko fatal pada saat melakukan inspeksi geoteknik, berikut adalah kontrol kritis yang dapat dilakukan oleh tim di lapangan (Tabel 2.2).

Tabel 2. 2 Kontrol Kritis Inspeksi Geoteknik pada Area Mill

No.	Kontrol Kritis	Deskripsi
1	Mematuhi SOP	Mematuhi SOP inspeksi dan pra inspeksi geoteknik serta meminta izin pada <i>area owner</i>
2	Menjaga jarak dari tebing	Menjaga jarak aman dari tebing untuk menghindari runtuh material
3	Tidak menaiki tanggul > 1,2m	Apabila tanpa <i>bodyharmness</i> , menaiki tanggul dengan tinggi lebih dari 1,2m tidak disarankan
4	Komunikasi Positif	Komunikasi positif penting dilakukan, khususnya pada area Mill dengan lalu lintas kendaraan yang cukup padat.
5	Radio Komunikasi	Bertujuan sebagai akat komunikasi pada kondisi darurat atau pada area yang tidak dapat dijangkau oleh telepon seluler
6	<i>Spotter/ Body Rule</i>	Mengajak <i>partner</i> yang bertugas mengawasi kita saat melakukan inspeksi, baik dari potensi runruhan material maupun kendaraan atau alat berat yang melintas
7	Pengisian <i>Digital Workspace</i>	Mengisi DW sesuai dengan tugas dan posisi dalam tim.

c. *Maintenance* GPS

GPS merupakan salah satu alat *monitoring* yang digunakan untuk mendeteksi pergerakan dari suatu area. *Maintenance* terhadap alat *monitoring* yang terpasang di lapangan (termasuk GPS) dilakukan saat terdapat laporan dari GIMC (*Geoengineering Intrigated Monitoring Center*) bahwa instrument yang terpasang tidak dapat merekam data atau mati. Selain itu, perbaikan atau *maintenance* terhadap GPS atau alat *monitoring* lainnya dilakukan secara berkala untuk memastikan apakah instrument yang dipasang dapat bekerja dengan baik. Hal ini dikarenakan seluruh sistem *monitoring* pada PT Freeport Indonesia berbasis internet, sehingga *update* data yang terekam oleh alat *monitoring* dapat dibaca oleh GIMC. Pada saat melakukan *maintenance* terhadap

alat *monitoring* geoteknik, terdapat beberapa risiko fatal yang harus diwaspadai (**Gambar 2.4**).



Gambar 2. 4 Risiko Fatal pada Saat Melakukan *Maintenance* GPS

Untuk menghindari atau meminimalisir bahaya dari risiko fatal yang mungkin terjadi sesuai dengan Gambar 2.4, maka dilakukan kontrol kritis terhadap risiko fatal yang mungkin terjadi sesuai pada tabel berikut.

Tabel 2. 3 Kontrol kritis pada saat melakukan *maintenance* alat *monitoring*

No.	Kontrol Kritis	Deskripsi
1	Mematuhi SOP	Mematuhi SOP inspeksi dan pra inspeksi geoteknik serta meminta izin pada <i>area owner</i>
2	Menjaga jarak dari tebing	Menjaga jarak aman dari tebing untuk menghindari runtuh material
3	Tidak menaiki tanggul > 1,2m	Apabila tanpa <i>bodyharness</i> , menaiki tanggul dengan tinggi lebih dari 1,2m tidak disarankan
4	Komunikasi Positif	Komunikasi positif penting dilakukan, khususnya pada area Mill dengan lalu lintas kendaraan yang cukup padat.
5	Radio Komunikasi	Bertujuan sebagai akat komunikasi pada kondisi darurat atau pada area yang tidak dapat dijangkau oleh telepon seluler
6	<i>Spotter/ Body Rule</i>	Mengajak <i>partner</i> yang bertugas mengawasi kita saat melakukan inspeksi, baik dari potensi runruhan material maupun kendaraan atau alat berat yang melintas
7	Pengisian <i>Digital Workspace</i>	Mengisi DW sesuai dengan tugas dan posisi dalam tim.
8	<i>Lock Out Time Out Trim Out</i>	Memastikan alat yang akan diperbaiki telah terputus dari arus listrik maupun sumber energi lainnya yang dapat membahayakan diri pada saat <i>maintenance</i> dilakukan.

2.1.2 Induction Jobsite PTFI

Setiap visiatau karyawan baru membutuhkan *induction* agar dapat memahami kondisi dan bahaya yang dapat terjadi pada saat melakukan aktivitas di area tersebut. Berikut ini adalah beberapa *induction* yang didapatkan sebagai *training* awal kegaitan magang pada PT Freeport Indonesia.

a. *General induction* PTFI

General induction PT Freeport Indonesia memuat pengenalan dan pembekalan informasi terkait *jobsite* PT Freeport Indonesia mulai dari dataran rendah (*lowland*) hingga dataran tinggi (*highland*). Informasi yang diberikan antara lain adalah sejarah berdirinya PTFI mulai dari awal eksplorasi Estberg (pit pertama PTFI di Papua) hingga

saat ini, segala macam kegiatan explorasi, produksi hingga distribusi yang dilakukan, risiko yang dapat terjadi di beberapa area kerja sesuai dengan situasi dan kondisi pada area tersebut. Pekerjaan di area *mill* harus memperhatikan risiko tertabrak kendaraan atau alat berat, mengingat *mill* merupakan lingkungan produksi yang sangat padat (Gambar 2.5) dengan lalu lintas kendaraan dan alat berat yang padat. Hal ini dikarenakan area ini penuh dengan alat pengangkut material dan kendaraan tambang bawah tanah, mengingat pada area ini terdapat portal menuju tambang bawah tanah (Gambar 2.6).



Gambar 2. 5 Foto Udara Area *Mill*



Gambar 2. 6 Minecat sebagai *Underground Equipment* Keluar dari MLA Portal

Untuk area Grasberg, perlu diperhatikan bahaya akan jatuh dari ketinggian, khususnya di sekitar pit (Gambar 2.7) yang dulunya digunakan dalam aktivitas penambangan permukaan (*surface mine*). Karena terletak pada ketinggian 4000 mdpl, kesehatan atau kebugaran tubuh juga harus dijaga untuk menghindari *fatigue*. Untuk area *lowland* risiko terjangkit malaria juga menjadi *awareness* tersendiri bagi karyawan PT Freeport Indonesia karena malaria menjadi salah satu penyakit yang dapat menyebabkan kematian.



Gambar 2. 7 Pit Grasberg Surface Mine

b. *Specific Underground induction*

Area tambang bawah tanah dari PTF Freeport Indonesia memiliki risiko fatal yang cukup berbeda dengan area kerja yang berada di permukaan, menurut FRM Board yang ada, berikut ini adalah risiko fatal dan kontrol kritis dari risiko fatal yang ada di area tambang bawah tanah PT Freeport Indonesia.

Tabel 2. 4 Lima Risiko Fatal pada Tambang Bawah Tanah PTFI

No.	Risiko Fatal	Kontrol Kritis
1.	 <p>(1) (2) Tabrakan kendaraan/kendaraan terbalik Orang tertabrak kendaraan</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mengecek kembali kondisi LV (<i>Light Vehicle</i>) yang akan digunakan - Komunikasi dua arah dengan operator alat lainnya - Patuhi rambu-rambu yang berlaku padatambang bawah Tanah

2.	 Batuan runtuh di tambang bawah tanah	<ul style="list-style-type: none"> - Melihat kondisi <i>ground support</i> - Observasi area kerja - Komunikasi dua arah dengan operator lainnya
3.	 Atmosfir berbahaya di tambang bawah tanah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pastikan telah melakukan <i>bump test</i> dan kalibrasi alat <i>gas detector</i> 2. Mengecek ventilasi udara 3. Lebih waspada terhadap bau gas
4.	 Lonjakan aliran ditambang bawah tanah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pastikan telah melakukan <i>wet muck training</i> 2. Pastikan mengisi <i>logbook wet muck entry</i> 3. Tidak berdiri lama pada area yang terindikasi dan terjadinya <i>wet muck</i> atau luncuran material lain
5.	 Jatuh dari ketinggian atau jatuh pada level yang sama atau berbeda	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melihat kondisi area lapangan 2. Menggunakan <i>body harness</i> apabila sedang bekerja dari ketinggian

c. SOP *Red Zone Area*

Selain bahaya yang ditimbulkan akibat faktor teknis seperti topografi lokasi kerja, padatnya kegiatan pada area kerja, dan kelalaian pekerja/karyawan, risiko fatal dari faktor yang tidak berhuungan langsung dengan pekerjaan yang dilakukan juga berpotensi terjadi, contohnya adalah bahaya akan kelompok bersenjata atau kelompok kriminal lainnya. Lokasi atau area yang memiliki potensi tersebut disebut dengan *red zone*. Tidak seluruh *jobsite* PT Freeport Indonesia di Papua terklasifikasikan kedalam *red zone*, tetapi hanya beberapa area saja seperti Desa Banti dan MSR MP 66 hingga MP 40. Berikut ini adalah SOP yang perlu ditaati pada saat akan memasuki area *red zone*.

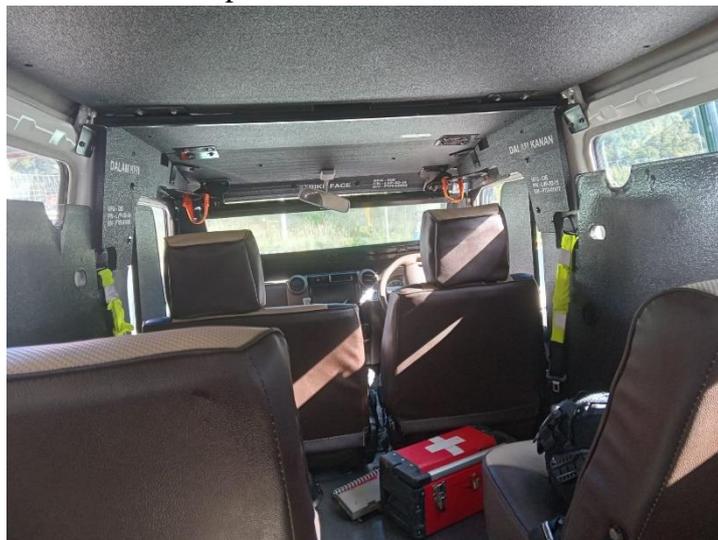
- Menggunakan Rompi dan Helm Anti Peluru

Hal yang perlu diperhatikan pada saat menggunakan APD khusus ini (Gambar 2.8) adalah pergerakan kita lebih terbatas karena bentuk dari APD yang sangat kaku pada bagian pelat keramik anti peluru dan APD ini memiliki berat kurang lebih 3kg untuk rompi dan 1,5kg untuk helm. Oleh karena itu, pada saat melakukan inspeksi di area tebing, pinjakan dan pergerakan kita harus benar-benar diperhatikan.



Gambar 2. 8 Standar APD pada Area *red zone*

- Menggunakan *armored vehicle* pada saat memasuki area *red zone*.



Gambar 2. 9 Tampak dalam Dari *Armored Vehicle*

- Melakukan konvoi kendaraan apabila kegiatan yang dilakukan tidak memiliki urgensi yang tinggi.
- Membawa radio komunikasi untuk mengantisipasi lokasi yang tidak dapat dijangkau oleh telepon seluler.
Radio komunikasi dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan *security* atau pihak aparat (TNI dan POLRI) yang memiliki pos terdekat dari lokasi.
- Melakukan *check in* pada saat melewati *security post* dan melakukan *check out* setelah keluar dari area *redzone*. *Security post* terletak pada MP 66 dan MP 40 sebagai batas dari *red zone* di MSR (*Main Supply Road*) dan Banti Gate, yaitu batas antara *jobsite* dengan desa Banti. Tidak hanya karyawan, kendaraan yang digunakan untuk memasuki area *redzone* harus mengantongi izin terlebih dahulu dari pihak *security* meskipun telah dilengkapi dengan armor anti peluru.



Gambar 2. 10 Mobil 01-4841R yang Telah Memiliki Izin Memasuki *Red Zone*

2.2 Pengenalan Alat *Monitoring* GPS

Divisi *Geoengineering* melakukan banyak *monitoring* terhadap faktor-faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya isu geoteknik, seperti seismik atau getaran yang timbul akibat adanya gempa maupun aktivitas *blasting*/ peledakan dan hujan yang dapat menyebabkan *debrish flow* dan longsor menggunakan *rain gauge*. Selain itu, *monitoring* dilakukan terhadap pergerakan tanah/ batuan dengan menggunakan radar, GPS, GMS, extensometer dan Inclinator, dll. Pada kegiatan magang yang dilakukan, pengenalan, *maintenance*, dan instalasi alat monitoring berupa GPS (*Global Positioning System*).

GPS (*Global Positioning System*) adalah salah satu jenis dari GNSS (*Global Navigation Satellite System*), yang merupakan sistem satelit navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. Sistem yang dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca ini, didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti, dan juga informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia (Abidin, 2007). Departemen *Mine Closure and Regional Geotechnical* menggunakan GPS untuk melakukan *monitoring* terhadap pergerakan tanah/batuan, khususnya di area lereng Gambar 2.11a) dan area perumahan atau perkantoran dengan batuan dasar yang terindikasi bergerak Gambar 2.11b). Dengan memanfaatkan data pergerakan yang direkam oleh GPS, maka bahaya terkait pergerakan tanah (*creeping*) dan potensi kelongsoran dapat dideteksi.



(a) Area Lereng



(b) Area Perumahan

Gambar 2.11 GPS pada Hidden Valley

2.2.1 Instalasi GPS

Instalasi GPS atau alat monitoring lainnya dilakukan oleh staff dan *crew* yang memiliki spesialis pada ranah monitoring. Sebelum dilakukan instalasi di lapangan, perlu dilakukan survei lapangan terlebih dahulu yang bertujuan untuk menentukan posisi atau peletakan GPS. Karena GPS berperan sebagai indikator pergerakan di suatu area, maka tempat diletakkannya GPS haruslah titik yang dinilai kritis atau titik yang merepresentasikan pergerakan pada *concern area*. Tidak ganya itu, titik yang dipilih haruslah dinilai aman jika dinilai dari segi keamanan, baik dari potensi kerusakan akibat benturan atau potensi tercabutnya GPS dari tempat yang ditentukan. Setelah survei lapangan telah dilakukan, maka GPS dapat dipasang dengan kelengkapan yang telah diuji sebelumnya.

Pengujian terhadap kinerja dan kelengkapan GPS harus dicek terlebih dahulu sebelum dilakukan pemasangan, pengecekan dilakukan pada kelengkapan GPS itu sendiri, khususnya komponen terpenting, yaitu *receiving antena* (Gambar 2.12a) dan *receiver* (Gambar 2.12b). Setelah kelengkapan kedua komponen tersebut terpasang, maka set GPS dihubungkan pada baterai (Gambar 2.13) untuk melihat apakah GPS aktif dengan daya yang diberikan oleh baterai, sehingga instalasi dapat dikatakan berhasil.



(a) *Receiving Antena*



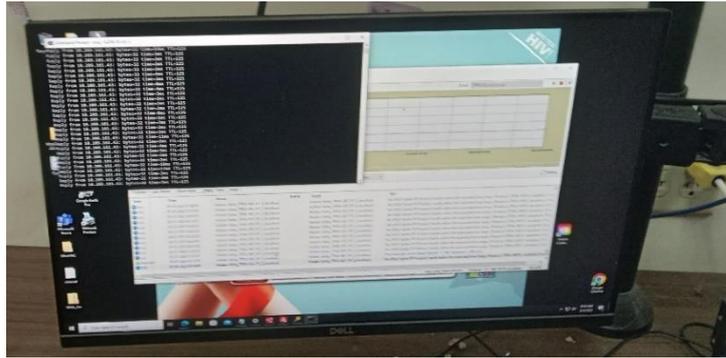
(b) *GPS Receiver*

Gambar 2. 12 Dua Komponen Utama GPS



Gambar 2. 13 Baterai Sebagai *Power Supply* Utama Bagi GPS

Setelah GPS terinstal dengan baik, maka GPS siap ditempatkan pada titik yang telah ditentukan. Setelah sampainya di lokasi pemasangan, GPS diaktifkan untuk memastikan apakah pada area tersebut GPS mendapatkan sinyal dan dapat mengirimkan data secara *update* yang dapat dipantau dari *display monitoring* yang tersedia (Gambar 2.14). Apabila GPS telah dipastikan bekerja dengan baik, maka instalasi dilanjutkan dengan pemasangan *steel cage* dan *solar panel* (Gambar 2.15). Khusus solar panel, pengecekan dilakukan pada kelengkapan, kebersihan, dan ciri visual lain yang menandakan *solar panel* tidak mengalami kerusakan yang dapat menghambat *solar panel* dalam memberikan suplai energi ke baterai GPS.



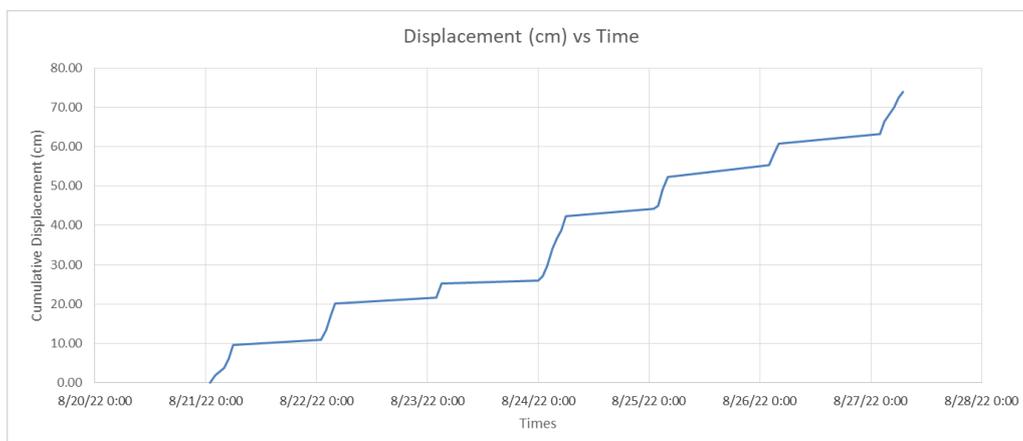
Gambar 2. 14 Indikasi GPS dapat Bekerja Setelah Instalasi Dilakukan



Gambar 2. 15 Instalasi GPS ke *Power Supply*

2.2.2 GPS Maintenance

GPS *maintenance* dilakukan apabila GPS yang terpasang terindikasi tidak bekerja atau tidak mengirimkan data berupa koordinat. Status GPS pada layar monitoring (Gambar 2.14) akan menunjukkan status RTO (*Request Time Out*). Selain itu, GPS yang tidak bekerja dengan baik dapat dilihat dari periode perekaman data yang tidak teratur seperti grafik pada Gambar 2.16. Diketahui pada grafik tersebut terdapat lompatan data yang menandakan bahwa pada waktu tertentu, GPS tidak dapat merekam atau mengirimkan data pergerakan di area tersebut.



Gambar 2. 16 Contoh Data GPS yang Tidak Terekam secara Periodik
Sumber: GIMC (2023)

Apabila GPS telah terdeteksi tidak bekerja dengan baik, maka perlu dilakukan inspeksi di lapangan (Gambar 2.17) apakah GPS tidak bekerja karena mati (tidak aktif) atau GPS tidak mendapatkan sinyal pada area tersebut, sehingga data tidak terekam oleh sistem. Apabila mati, maka pengecekan umumnya dilakukan pada hubungan GPS dengan *power supply*. Apabila GPS masih aktif, dilakukan pengecekan secara general pada kompoenen GPS sebelum ditarik kesimpulan bahwa sinyal di area tersebut tidak mendukung GPS dalam melakukan pengiriman data.



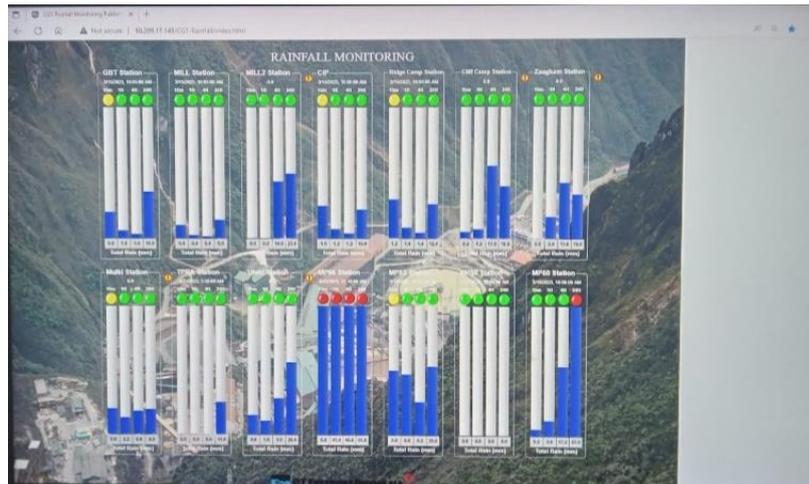
Gambar 2. 17 Pengecekan GPS di MSR MP 61



Gambar 2. 18 Lampu Indikator GPS

2.3 Inspeksi TARP

TARP (*Trigger Action Response Plan*) merupakan salah satu sistem yang digunakan Divisi *Geo Engineering* dalam menyatakan bahwa suatu area kerja dalam keadaan bahaya terhadap isu geoteknik (*longsor*, *debrish flow*, batuan jatuh dll). *Trigger* adalah parameter yang memicu dilakukannya Inspeksi TARP, yaitu tinggi hujan pada alat ukur hujan di daerah tersebut yang dipantau melalui monitor (**Gambar 2.2**) dengan tinggi hujan per 2 jam, 4 jam, dan 24 jam.



Gambar 2.19 Display Monitoring Tinggi Hujan

Warna pada setiap diagram menunjukkan level dari *Trigger*, warna kuning menunjukkan hijau menunjukkan tinggi hujan sebagai *trigger* pada daerah tersebut berada pada level satu yang menandakan daerah tersebut aman akan bahaya geoteknik. Warna kuning menunjukkan bahwa area tersebut berada pada level dua atau GIMC selaku koordinatir *monitoring* divisi dan Departemen Regional Geotechnical harus waspada terhadap kenaikan tinggi hujan ke level tiga. Sedangkan warna merah menandakan bahwa area tersebut berada pada level tiga/bahaya, sehingga perlu dilakukan tindakan lebih lanjut pada area tersebut yang disebut *Action*. *Action* yang dilakukan biasanya berupa inspeksi untuk menilai tindakan lebih lanjut dari *trigger* yang terdeteksi. Tindakan lebih lanjut yang diambil biasanya berupa rekomendasi atau *assasment* terhadap isu geoteknik yang mungkin terjadi, tindakan lanjutan yang diambil dari *Action* inilah yang disebut *Reponse Plan*.

Setiap area memiliki besaran tinggi hujan yang berbeda-beda sebagai *trigger* dari TARP yang ditetapkan. Penetapan besaran tinggi hujan dipengaruhi oleh kejadian historis isu geoteknik dan permodelan yang dilakukan *engineer* untuk mengetahui probabilitas terjadinya isu geoteknik dengan tinggi hujan tertentu. Berikut ini adalah tabel tinggi hujan sebagai parameter dilakukannya Inspeksi TARP (**Tabel 2.1**).

Tabel 2. 5 Parameter TARP di setiap area

Area	Letak Stasiun Hujan	Level 1	Level 2	Level 3
MSR MP 50-57	MP 50 Station	< 65 mm/ 4 jam	$65 \leq x \leq 70$ mm/ 4 jam	> 70 mm/ 4 jam
MSR MP 58-64	MP 58 & MP 62 station	< 25 mm/ 4 jam	$25 \leq x < 30$ mm/ 4 jam	≥ 30 mm / 4jam
MSR MP 65-70	MP66, Uteki, TPRA, Mulki, Zaagakam Station	≤ 30 mm/ 2 jam	$30 < x < 35$ mm/ 2 jam	≥ 35 mm/ 2 jam
MSR MP 71-74	Mill, CIP, Ridge Camp, Cliff Camp Station	< 48 mm/ 4 jam	$48 \leq x < 50$ mm/ 4jam	≥ 50 mm/ 4 jam

2.4 Inspeksi Reguler dan *Drone Inspection*

Inspeksi reguler dilakukan secara periodik untuk mendapatkan *update* terkait pekerjaan konstruksi yang sedang berlangsung dan *follow up* terhadap isu geoteknik atau *event* yang telah terjadi sebelumnya. Inspeksi ini dilakukan dengan melakukan observasi langsung di lapangan untuk mendapatkan *ground photo* dan dilakukan dengan menggunakan Drone untuk

mendapatkan tampak atas dari proyek yang sedang berlangsung dan mendapatkan visualisasi dari titik-titik yang tidak dapat diobservasi secara langsung di lapangan. Berikut ini adalah beberapa proyek dan lokasi dengan historis isu geoteknik yang diamati selama periode magang.

1. *Container barrier* pada area Amole Batch Plant

Proyek yang sedang berlangsung pada area Amole Batch Plant adalah pembuatan *container barrier*. *Container barrier* sendiri merupakan salah satu *containment* yang menerapkan konsep *gravity wall* yang berfungsi untuk menahan material longsor di belakangnya (Gambar 2.20). Pada 23 Maret 2023, konstruksi masuk ke tahap pembuatan *steel support* sebagai *bracing* bagi *container barrier*. Pekerjaan lalu dilanjutkan ke tahap *finishing* pada 30 Maret 2023 (Gambar 2.21).



Gambar 2. 20 *Container barrier* di Area Amole Batch Plan



Gambar 2. 21 *Finishing Container barrier*

2. Kasuang *rock Fence*

Rock fence merupakan *containment* yang berfungsi menahan atau meredam energi dari batuan yang jatuh dari atas lereng, ketinggian *rock fence* ditentukan oleh lentingan batu yang mungkin terjadi.



Gambar 2. 22 Kasuang *Rock Fence*

3. *Belt Conveyor 38 Retaining Wall and Rock Fence*

Konveyor merupakan mesin yang berfungsi mendistribusikan material *ore* dari *underground* menuju *Mill*. Oleh karena itu, mesin tersebut perlu dilindungi dari bahaya geoteknik yang mungkin terjadi. Remediasi yang dilakukan berupa *meshing* (Gambar 2.23) untuk menahan material permukaan yang dapat mengganggu kinerja *Belt Conveyor* (BC) 36 -38 dan *retaining wall* (Gambar 2.4) untuk mencegah dampak kerusakan yang lebih besar.



Gambar 2. 23 *Meshing* pada lereng dibelakang BC 36 dan 38



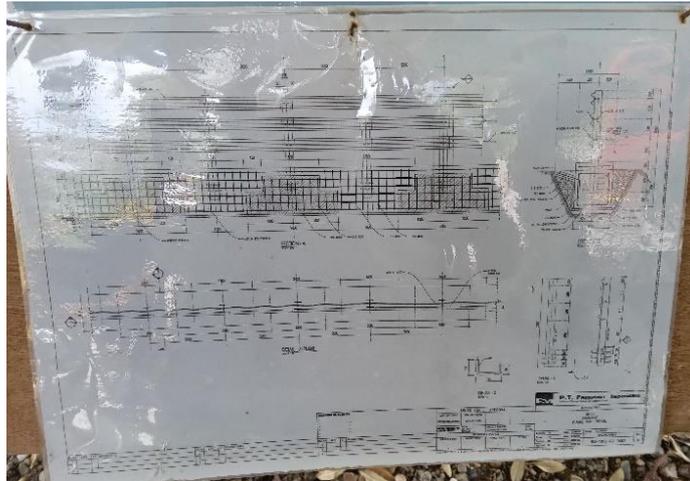
Gambar 2. 24 Konstruksi *Retaining Wall* dalam Proses Pemasangan Bekisting

4. MP56 *Guard rail*

Proyek pembuatan *guard rail* pada MSR MP 56 (Gambar 2.25) merupakan proyek bersama antara *section* Civil Geotech, *Road Maintenance*, dan GCSP (General Construction & Special Project). Inspeksi dilakukan untuk memastikan apakah pekerjaan dilapangan dilaksanakan sesuai dengan desain yang ada (Gambar 2.26). Pekerjaan yang dilakukan berdasarkan inspeksi pada 22 Maret 2023, pekerjaan yang sedang berlangsung adalah pengelasan pada sambungan *guard rail* dan instalasi tulangan untuk pondasi *guard rail* (Gambar 2.27)



Gambar 2. 25 Pembuatan *Guard rail* MP 56



Gambar 2. 26 Desain *Guard rail*



Gambar 2. 27 Tulangan Dari Pondasi *Guard rail*

5. Proyek RTH (Ruang Terbuka Hijau) Area Hidden Valley

Proyek pembangunan ruang terbuka hijau di area Hidden Valley berada pada tahap pemancangan. Pemancangan dilakukan sebab RTH berada di area lereng dan area tersebut telah terobservasi mengalami deformasi. Oleh karena itu, dilakukan pemancangan tiang berdiameter 16 cm dengan panjang 8 – 12 m dan jarak pemasangan 1,5m. Tiang dipancangn cengan pola zig-zag atau *diamond shape* dan dilengkapi dengan *horizontal piles* untuk menahan pergeseran dengan konsep *pile group*. Selain menahan deformasi akibat potensi kelongsoran, *pile group* ini juga dapat menahan *settlement* pada area tersebut, mengingat RTH merupakan fasilitas umum yang harus dijaga kemasannya dari isu geoteknik yang mungkin terjadi.



Gambar 2. 28 Proses Pemasangan Micropiles Untuk RTH

2.5 Inspeksi Terhadap Isu Geoteknik yang Dilaporkan

Job site PT Freeport Indonesia khususnya di area *highland* terletak di area pegunungan yang memiliki kontur yang cukup ekstrem dengan ketinggian berkisar pada 2000 mdpl (Tembagapura) hingga 4000 mdpl (Grasberg). Pada area tersebut ditemukan banyak area dengan lereng alami yang curam, aliran air dari hulu sungai, curah hujan tinggi dan beberapa titik yang mengalami *creeping*, sehingga *job site* PT Freeport Indonesia tidak terlepas dari risiko bahaya geoteknik seperti longsor, batuan jatuh, banjir, *debrish flow* dll. Laporan terhadap isu yang terjadi direspon oleh tim Regional Geotechnical dengan inspeksi pada lokasi terjadinya isu tersebut. Dari inspeksi yang dilakukan, dilakukan *assasment* terhadap aspek yang mempengaruhi terjadinya isu tersebut. Analisis di lapangan dilakukan secara cepat dan tanggap mulai dari *break down* kondisi lapangan dan area di sekitar lokasi terjadinya isu, penyebab terjadinya isu tersebut, bagaimana isu atau *event* tersebut dapat terjadi, akibat (efek) dari terjadinya isu terhadap pekerjaan atau kegiatan yang sedang berlangsung, hingga upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut secara cepat (*in situ*). Setelah rekomendasi lapangan dilakukan, analisis dilanjutkan untuk memutuskan apakah isu tersebut membutuhkan upaya jangka panjang atau rekomendasi yang diberikan sudah cukup sebagai upaya jangka panjang dalam mengatasi isu geoteknik yang terjadi.

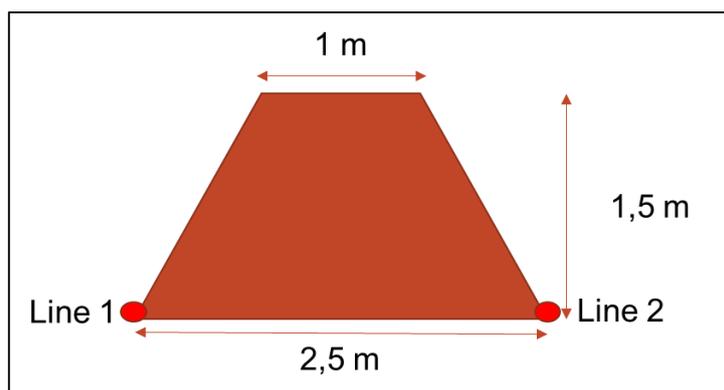
2.5.1 Longsoran pada Lereng HEAT Road KM 2+500

Pada tanggal 17 Maret 2023 pukul 06.30 terdapat laporan bahwa telah terjadi kelongsoran pada lereng tanah di HEAT Road kilometer 2+500. Lereng yang mengalami kelongsoran cukup parah dengan material yang jatuh hingga menutup setengah dari ruas jalan yang ada (Gambar 2.29). Selain itu, beberapa material terobservasi berjatuh oleh pelapor, sehingga ditugaskan tim yang terdiri dari 3 orang untuk melakukan inspeksi pada lokasi terjadinya kelongsoran untuk memberikan *assasment* terkait kondisi lereng setelah terjadinya longsor dan penanganan terbaik yang dapat dilakukan pada saat itu juga, mengingat jalan ini merupakan satu-satunya akses menuju Grasberg.



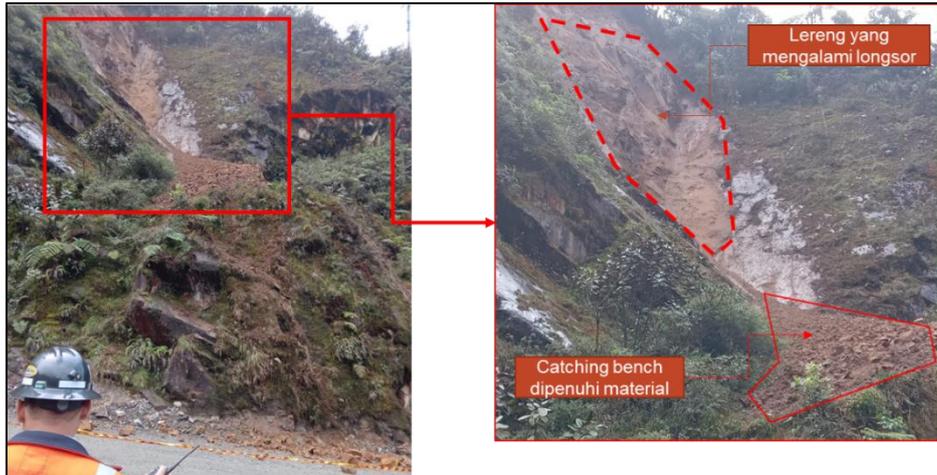
Gambar 2. 29 Kondisi Ruas Jalan yang Terdampak Longsoran Material

Solusi dari permasalahan tersebut adalah pembuatan tanggul dengan tinggi 1,5 m dengan lebar kurang lebih 2,5 m (Gambar 2.30). Dimensi tanggul (panjang dan lebar) ditandai oleh *Geotech Line* yang dipasang oleh tim (Gambar 2.29) dan dikomunikasikan kepada Grasberg Dispatch sebagai pihak yang akan melaksanakan pembuatan tanggul tersebut. Adapun jarak tanggul yang direkomendasikan adalah 2m dari kaki lereng, sehingga apabila terdapat longsor susulan, material yang jatuh dapat tertahan oleh tanggul, sebab apabila jarak tanggul terlalu dekat, maka akan dibutuhkan tanggul yang lebih tinggi dengan dimensi yang lebih besar pula.



Gambar 2. 30 Dimensi Tanggul yang Direkomendasikan

Selain rekomendasi terhadap penanganan isu kelongsoran tersebut, terdapat *assasment* terhadap potensi longsor susulan. Potensi tersebut dapat dilihat dari kemiringan lereng yang menjadi lebih curam setelah longsor dan *catch bench* yang telah dipenuhi material longsor (Gambar 2.31). Oleh karena itu, apabila terjadi hujan, material yang berada pada *catch bench* dapat jatuh ke bawah dan menutupi ruas jalan.



Gambar 2. 31 Adanya Potensi Jatuhnya Material dari *Catch Bench*

2.5.2 Batuan Jatuh pada Amole Shop Besar

Laporan terkait batuan jatuh diterima pada 30 Maret 2023, ditemukan sebuah batu dengan diameter $\pm 10\text{cm}$ yang menembus atap dari Amole Shop Besar pada area *Mill* (Gambar 2.32) yang diduga merupakan efek dari aktivitas *Blasting*. Akan tetapi hal tersebut cukup janggal, mengingat tidak ada saksi pada saat kegiatan *blasting* berlangsung terkait suara maupun temuan batuan yang melenting ke arah Amole Shop Besar, SOP *blasting* di permukaan juga telah dipatuhi. Setelah dilakukan koordinasi lebih lanjut, didapatkan fakta bahwa temuan tersebut telah mulai dari 27 Maret 2023, sedangkan kegiatan *blasting* dilaksanakan pada 28 Maret 2023, sehingga dapat disimpulkan bahwa batuan tersebut bukan merupakan efek dari kegiatan *blasting* yang sebelumnya telah dilaksanakan. Fakta lain yang ditemukan adalah ruangan tersebut tidak digunakan sejak beberapa bulan yang lalu, sehingga batuan tersebut bisa diakibatkan oleh *event* yang telah lama terjadi. Oleh karena itu, *assasment* terhadap laporan yang masuk hanya dalam ranah analisis penyebab batuan tersebut menghantam atap Amole Shop Besar dan *judgement* terhadap keamanan ruangan tersebut dari bahaya geoteknik.



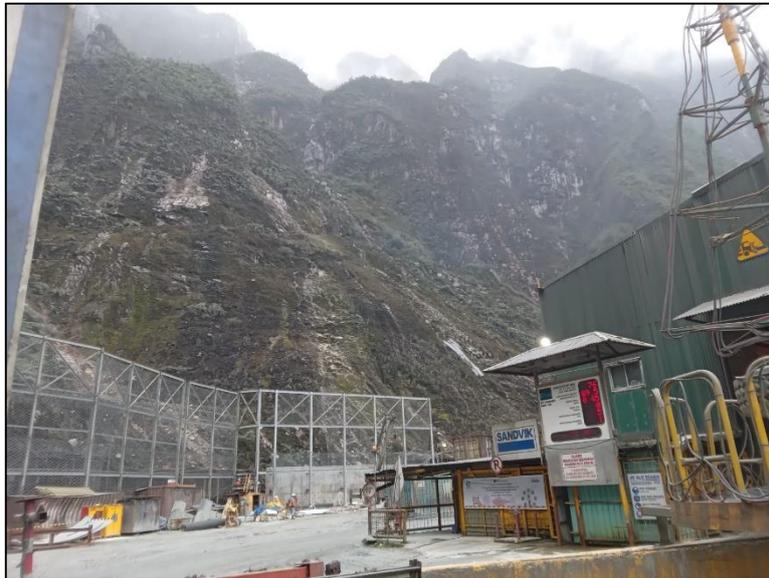
(a) Atap Amole Shop Besar



(b) Bagian Dalam Ruangan yang Terdampak

Gambar 2. 32 Amole Shop Besar yang Terdampak Batuan Jatuh

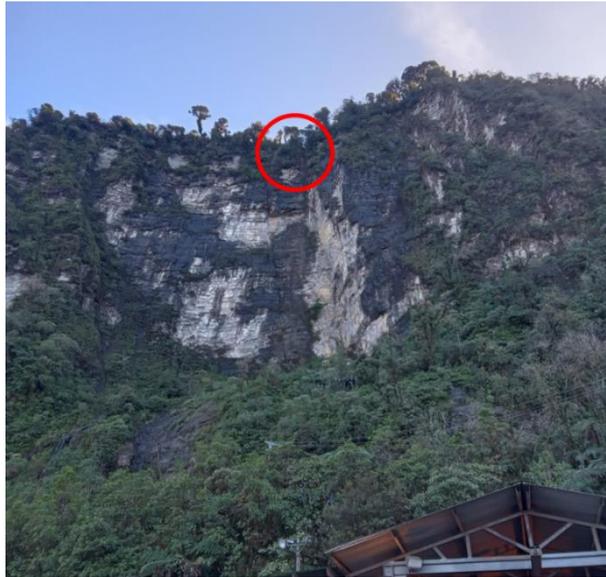
Setelah analisis pada lapangan dilakukan, tidak ditemukan potensi terjadinya geoteknikal isu berupa *rock fall*. Akan tetapi, berdasarkan historis *event* yang telah terjadi, batuan tersebut dapat terjadi akibat *landslide* pada lereng di area Amole Batch Plant (Gambar 2.33), sebab jika dilihat dari ketinggian lereng tersebut, dimungkinkan apabila terdapat batu yang melenting dan menghantam atap dari Amole Shop Besar.



Gambar 2. 33 Lereng dengan Historis Longsor pada Amole Batch Plant

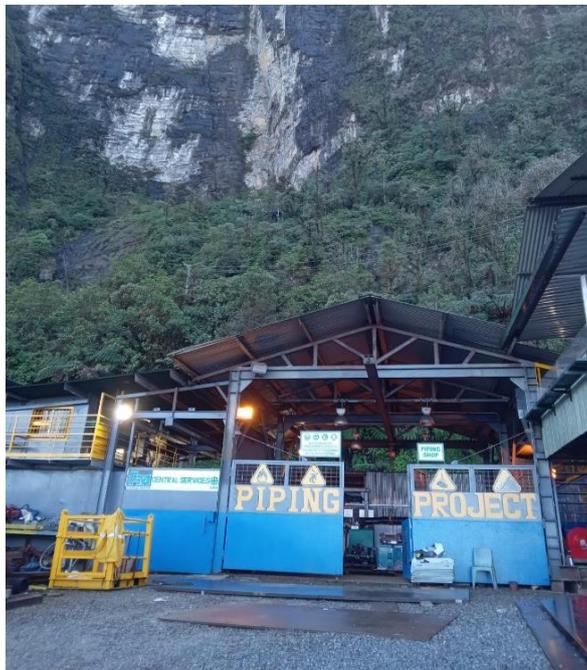
2.5.3 Batuan Jatuh pada *Zaagkam Slope*

Laporan terkait isu geoteknik diterima pada 17 Mater 2023 di area Zaagkam, tepatnya pada area Piping Shop milik Divisi Central Service sebelum pintu masuk ke *Zaagkam tunnel*. Dari laporan yang diterima, *crew* setempat mendengar adanya suara gemuruh yang diduga merupakan batuan jatuh dari atas lereng *Zaagkam* (Gambar 2.34) dan melakukan evakuasi, sehingga pekerjaan dihentikan. Secara visual, tidak terdapat tanda-tanda kerusakan atau gerusan pada lereng batuan di area *Zaagkam* tersebut, batuan pada lereng juga terlihat *solid* dan *intact* sehingga kemungkinan batuan tersebut merupakan material dari atas lereng yang terbawa aliran air dan jatuh ke bawah.



Gambar 2. 34 Dugaan Sumber Material Batuan yang Jatuh

Setelah dilakukan observasi visual, area kerja dianggap aman, tidak terdapat kerusakan yang terjadi, material batu yang dilaporkan jatuh pun tidak terobservasi di lapangan. Oleh karena itu, direkomendasikan untuk menempatkan seorang *spotter* yang dibekali *horn* untuk mengawasi area lereng dan Piping Shop (Gambar 2.35) yang berpotensi terdampak material batu yang jatuh untuk 2 hingga 3 hari kedepan. Apabila tidak ditemukan isu susulan, maka penempatan *spotter* dapat diberhentikan dan pekerjaan dapat dilanjutkan seperti biasa. Tindakan lebih lanjut yang dilakukan adalah melakukan komparasi terhadap kondisi dari Zaagkam *slope* untuk mengetahui apakah terdapat perubahan yang terjadi dan apakah benar terdapat material batuan yang jatuh.

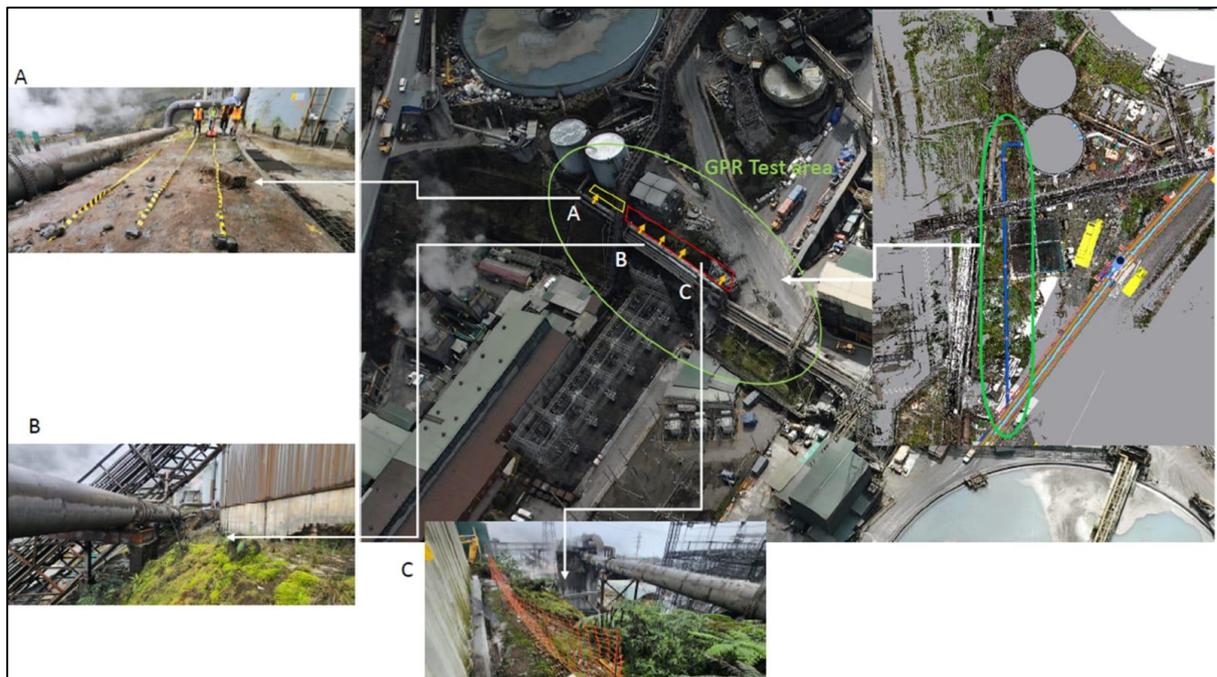


Gambar 2. 35 Area Piping Shop yang Berpotensi Terdampak Material Batuan yang Jatuh

2.6 Ground Penetrating Radar (GPR) Test

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan alat yang digunakan memindai dan mencitrakan kondisi suatu struktur yang mencakup lapisan, rongga, hingga cacat sub-permukaan. GPR merupakan alat yang menggunakan metoda tidak merusak atau biasa dikenal dengan metoda *Non-Destructive Test* (NDT). GPR pertama kali dikembangkan dan digunakan dalam geofisika dan geologi untuk pemindaian dan pencitraan bawah permukaan.

GPR *test* dilakukan dikarenakan akan dilakukan konstruksi yang melibatkan pekerjaan pemancangan dan penggalian di area *Mill* (Gambar 2.36). Diketahui bahwa area *Mill* merupakan area produksi dengan berbagai macam instrument dan jaringan perpipaan yang terdapat di permukaan dan tertaman di bawah permukaan tanah. Oleh karena itu, dilakukan GPR *test* ini untuk mengetahui apakah terdapat pipa pada area konstruksi. Pengujian ini merupakan kolaborasi antara Civil Geotech Section sebagai tim yang melakukan pra-inspeksi untuk memastikan area kerja terhindar dari risiko terjadinya isu geoteknik dengan Under Ground Service selaku pelaksana GPR *test*.



Gambar 2. 36 Rencana Lokasi Pengujian GPR

Berdasarkan Gambar 2.36, diketahui bahwa terdapat lereng curam di sepanjang tanda B dan C. Oleh karena itu, pelaksanaan uji GPR dilakukan pada area A saja, mengingat bahwa terjadi hujan pada saat pelaksanaan pengujian, sehingga sebagai faktor keamanan, tidak dilakukan GPR *test* pada area B dan C. Selain itu, permukaan yang terlalu terjal juga menyulitkan pekerjaan yang akan dilaksanakan. Dalam melaksanakan GPR *test*, dilakukan langkah sebagai berikut.

1. Pengukuran dan survey lokasi

Lokasi diukur terlebih dahulu untuk mengetahui berapa jumlah lintasan yang akan dipakai dalam pengujian. Selain itu, survey lokasi dibutuhkan untuk memastikan apakah permukaan tanah mendukung dilakukannya GPR *test*, sehingga akan berpengaruh terhadap hasil pengukuran dan pembuatan lintasan alat.

2. Penandaan (*marking*) arah memanjang area yang akan diuji
Lintasan ditandari dengan line yang berfungsi sebagai lintasan alat yang digunakan.



Gambar 2. 37 Lintasan Alat GPR

3. Penandaan (*marking*) arah melintang
Selain pada arah memanjang, penandaan juga dilakukan ke arah melintang dalam bentuk titik agar dapat memudahkan dalam perekaman data. Tanda dibubuhkan setiap jarak 2 m.



Gambar 2. 38 Pelaksanaan GPR test

4. Melakukan setting pada alat yang digunakan
Pengaturan perlu dilakukan untuk menyesuaikan material dan kedalaman rencana dari alat, sehingga pekerjaan di lapangan menjadi lebih efektif.
5. Pelaksanaan uji
Setelah semuanya selesai, dilakukan pengambilan data dengan mendorong alat hingga pada batas yang ditentukan. Selain itu, terdapat pekerja yang memberikan tanda setiap pada *check point* yang ada. Perlu diingat bahwa pada saat kita mendorong alat, kecepatan harus konstan, tidak terlalu cepat maupun terlalu lambat. Pada setiap titik yang bertanda, rekan kerja harus merekam data dari *device* yang ada di tangannya. Oleh karena itu, dibutuhkan minimal 3 hingga 4 orang untuk melakukan uji GPR.

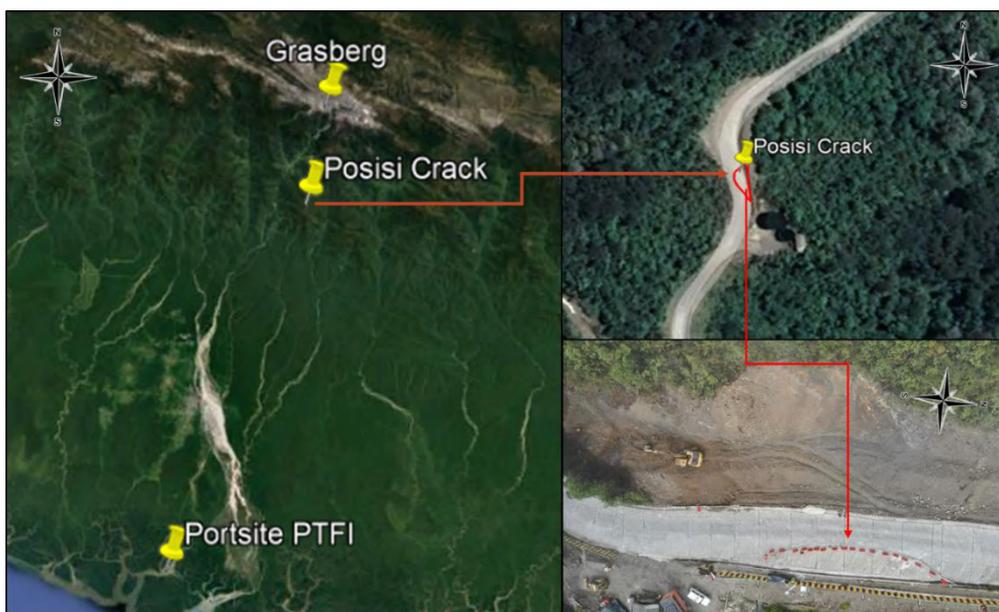
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III TUGAS SELAMA MAGANG

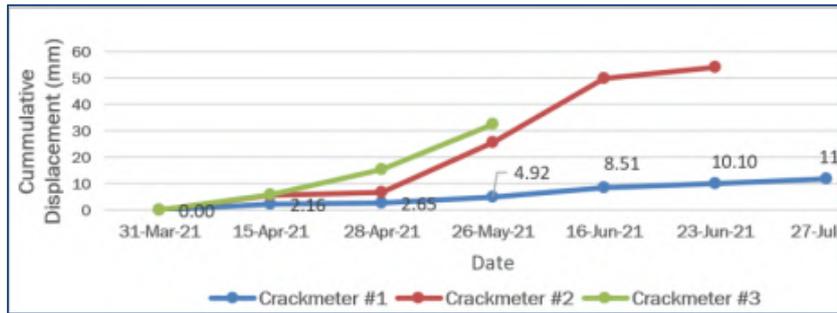
3.1 Remediasi Lereng MSR Mile Post 61

Segala kegiatan dan operasional yang dilakukan oleh PT Freeport Indonesia mulai dari *lowland* (*portsite* – MP50) hingga *highland* ditunjang oleh jalan utama yang disebut *Main Supply Road* (MSR) yang membentang lebih dari 120 km. Jalan tersebut merupakan jalan utama yang menghubungkan *job site* (area kerja) PT Freeport Indonesia, baik peruntukannya sebagai penunjang keperluan pribadi karyawan, distribusi logistik, maupun penggunaannya dalam keperluan operasional PT Freeport, seperti mobilisasi material tambang, konstruksi, peralatan/mesin penunjang produksi, hingga alat berat yang digunakan dalam proses penambangan. Oleh karena itu, *Mine Supply Road* memegang peran besar dalam menunjang produktivitas PT Freeport Indonesia.

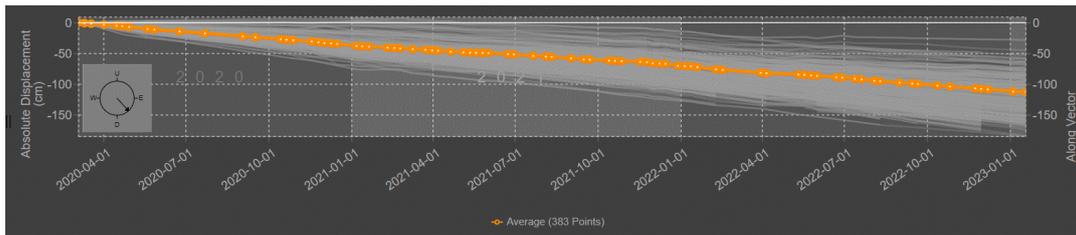
Dengan mengetahui urgensi dari fungsi MSR oleh PTFI, maka dilakukan *monitoring* terhadap beberapa area yang berpotensi menimbulkan isu-isu geoteknik, seperti longsor, runtuh material tanah dan batuan, serta *debrish flow*. Salah satu area yang menjadi *concern monitoring* PTFI terkait isu geoteknik adalah area MP61 (Gambar 3.1). *Monitoring* terhadap isu tersebut dilakukan dengan melakukan pengukuran pada *crack* dan pemanfaatan data InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*) yang memanfaatkan satelit radar untuk mendapatkan *ground imagery* sebagai pendeteksi pergerakan pada area tersebut. Berdasarkan data pengukuran *crackmeter* pada Gambar 3.2, diketahui bahwa sebagian ruas jalan telah mengalami penurunan dan pergeseran ke arah jurang. Hal ini juga didukung oleh data InSAR pada Gambar 3.3 yang menunjukkan bahwa area tersebut mengalami deformasi. Berdasarkan hasil *monitoring* tersebut, dapat diketahui bahwa jalan mengalami keretakan dan berpotensi untuk terjadinya longsor pada area tersebut.



Gambar 3. 1 Lokasi Terjadinya Penurunan

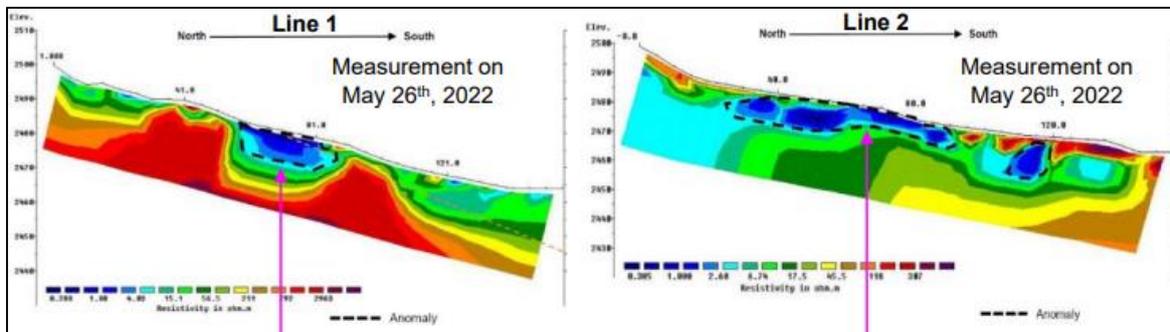


Gambar 3.2 Grafik Crack Displacement pada Bulan Maret - Juli



Gambar 3.3 Grafik Ground Movement Berdasarkan Data InSAR

Dari pergerakan yang terdeteksi, perbaikan dilakukan dengan menutup *gap* menggunakan mortar beton sebagai upaya jangka pendek. Selain itu, dilakukan *resistivity test* yang mengindikasikan bahwa terdapat area yang jenuh pada tanah di bawah perkerasan jalan (Gambar 3.4), sehingga sebagai mitigasi lanjutan atas temuan tersebut, dilakukan penutupan pada *inlet* dan *outlet cross drainage* untuk memotong sumber air yang melewati drainase tersebut. Selain penutupan drainase, dilakukan pula *unloading* tanggul setinggi 1,5m dan pembuatan *guardrail* dengan pondasi tiang seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.4 Hasil Resistivity Test pada Concern Area



Gambar 3.5 Mitigasi yang Dilakukan pada Lokasi Studi

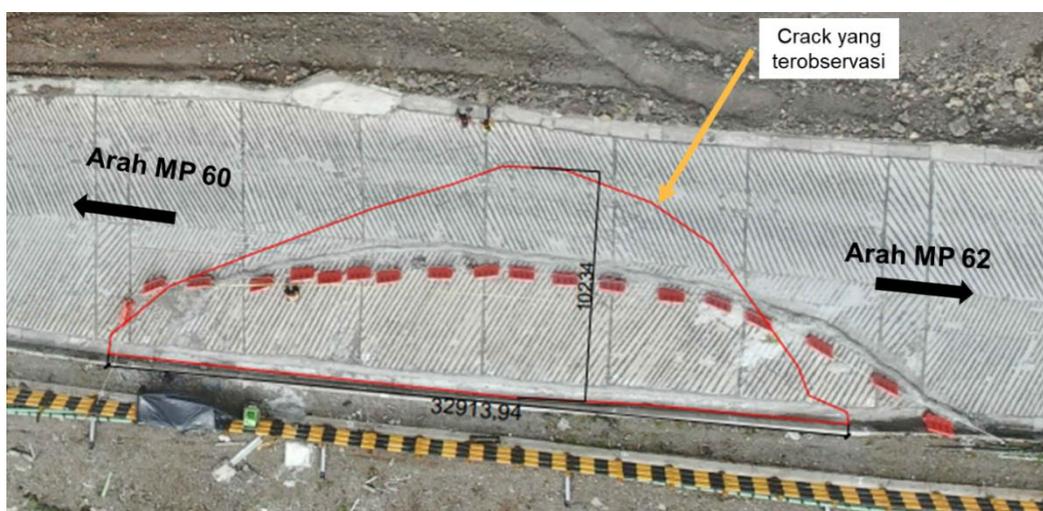
Setelah dilakukannya mitigasi (Gambar 3.5), kecepatan pergerakan telah mengalami penurunan, yaitu dari 0,98 mm/ hari menjadi 0,33 mm/ hari. Meskipun pergerakan menjadi lebih lambat, penanganan jangka panjang dilakukan dengan menambah lebar salah satu ruas MSR. Dengan pelebaran yang dilakukan, maka area yang mengalami deformasi dapat ditutup. Selain itu, dengan memperlebar jalan tersebut, perbaikan pada lereng yang bermasalah tidak mengganggu operasional jalan (MSR), sebab dengan memberikan perkuatan pada lereng yang bermasalah, risiko terhadap kelongsoran pada jalan baru juga dapat diminimalisir. Perbaikan yang direncanakan pada lereng dibawah MSR MP61 adalah penggunaan tiang penahan longsor dengan memanfaatkan material bekas pipa konsentrat. Penggunaan pipa tersebut telah lazim digunakan di PT Freeport Indonesia dalam rangka efisiensi dan minimalisir *waste material*, sehingga pembangunan yang dilakukan juga bersifat berkelanjutan (*sustainable*). Dengan mutu material yang tinggi, pipa yang digunakan sebagai tiang pancang dianggap mampu menahan beban yang bekerja, baik vertikal maupun horizontal. Akan tetapi, analisis terhadap kelayakan tiang tersebut tetap harus dilakukan, mengingat material yang digunakan merupakan material bekas. Oleh karena itu, dilakukan analisis terhadap material pipa dan stabilitas lereng pada MP61 sehingga desain perkuatan pada lereng tersebut dapat bekerja optimal.

3.1.1 Analisis Data

Data yang digunakan dalam proyek remediasi ini meliputi data sekunder yang meliputi data topografi (Data LiDAR), data tanah, dan data parameter gempa, serta terdapat data primer berupa dimensi material bekas pipa konsentrat yang terdapat di lapangan, survey kondisi *crack* di permukaan jalan, dan susunan batuan yang terdapat di lapangan.

A. Analisis Data Topografi

Diketahui bahwa terdapat ruas jalan pada lokasi studi yang mengalami deformasi yang ditandai dengan adanya keretakan pada permukaan jalan. Kondisi *crack* yang terobservasi pada permukaan jalan berada di sepanjang garis merah pada Gambar 3.6. Proyeksi terhadap bentuk dan dimensi *crack* dilakukan berdasarkan pendekatan foto udara hasil survey drone dan pengukuran di lapangan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa lebar *crack* yang terobservasi sebesar 10,234m dengan panjang bidang 32,913 m.



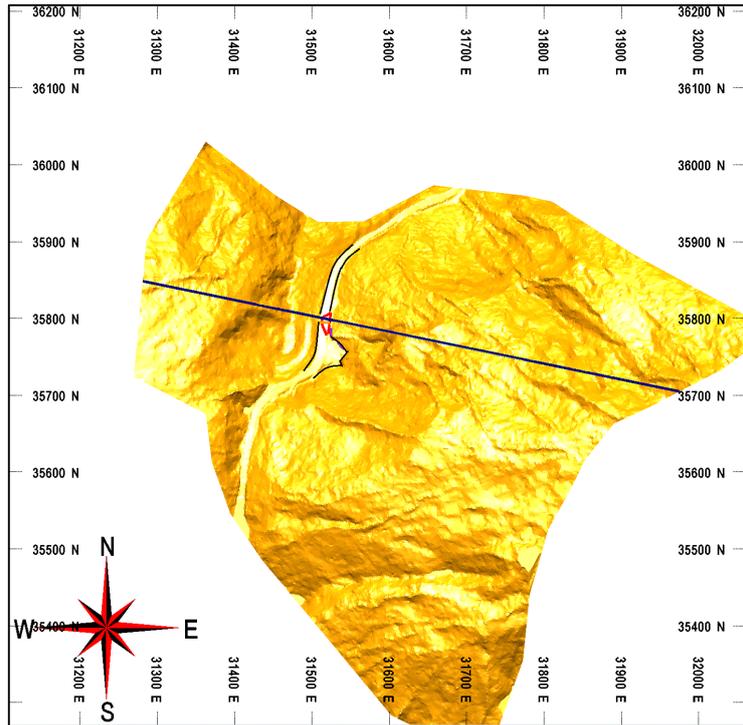
Gambar 3. 6 Kondisi *Crack* Dilapangan

Topografi area studi didapatkan dari survey yang dilakukan oleh tim survey. Adapun metode yang dipilih untuk mendapatkan topografi di area studi adalah LiDAR (*Light Detector And Ranging*). LiDAR adalah salah satu teknologi penginderaan optik yang digunakan untuk menentukan jangkauan target jauh dan parameter lainnya. LiDAR menggunakan frekuensi Near Infrared (NIR) dan Visible Light ke objek gambar. Sinar laser digunakan untuk mengukur properti cahaya yang tersebar dan untuk membuat titik untuk pemetaan 3D. LiDAR cukup efektif untuk memetakan dan mencitrakan suatu lanskap alam maupun buatan dengan menggunakan pesawat drone. Oleh karena itu, penggunaan LiDAR sangat membantu dalam memetakan topografi pada area MP61 yang sangatlah luas dengan vegetasi yang padat. Dari data LiDAR, didapatkan data selayaknya data survey pada umumnya, yaitu data citra 3 dimensi (x, y, dan z) dari area yang disurvei. Kita harus menentukan letak atau posisi dari *cross section* yang dipilih. Posisi *cross section* yang dipilih adalah kondisi paling kritis yang memotong bidang *crack* terjauh (Gambar 3.7).

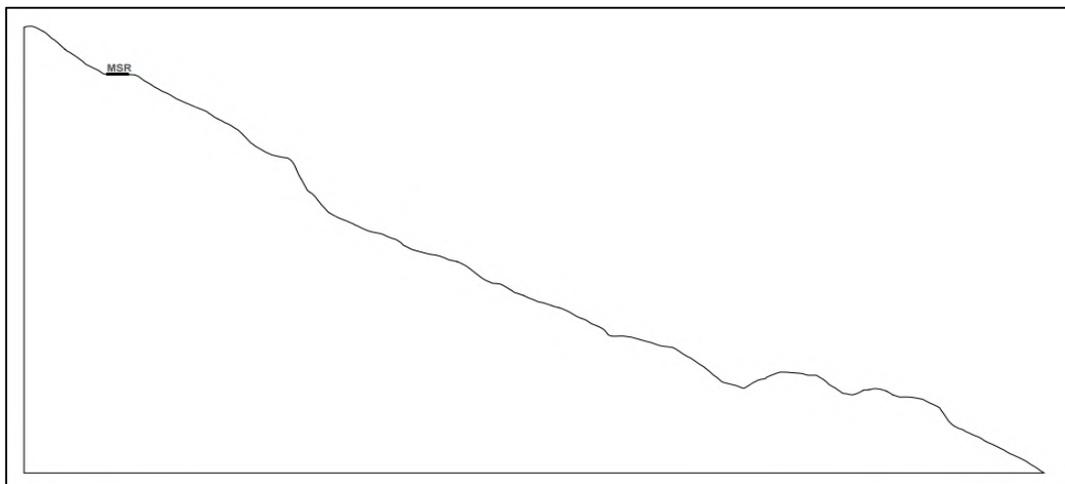


Gambar 3. 7 Posisi *Cross section* Lereng yang Dipilih

Dari posisi *cross section* yang ditentukan, plot pada peta hasil LiDAR dilakukan (Gambar 3.8) untuk mendapatkan output berupa *cross section* lereng dengan yang telah ditentukan (Gambar 3.9). *Cross section* tersebut yang menjadi acuan dalam melakukan analisis karena dianggap sebagai kondisi kritis yang representatif terhadap kondisi lapangan.



Gambar 3. 8 Data Plot Posisi *Cross section* pada Peta LiDAR



Gambar 3. 9 *Cross section* Lereng yang Digunakan dalam Analisis

B. Analisis Data Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah yang dilakukan pada penelitian ini adalah pembuatan sumur uji (*test pit*) untuk pengambilan sampel laboratorium dan uji resistivitas. Sampel tanah yang diambil pada 3 titik sesuai dengan Gambar 3.10. Sumur uji dibuat pada lokasi tersebut dengan kedalaman 0,5m dari permukaan tanah. Setiap sampel tanah dari 3 titik tersebut digunakan untuk uji laboratorium untuk mendapatkan parameter tanah seperti pada Tabel 3.1. Parameter dari Tabel 3.1 tersebut yang digunakan dalam *back analysis*.



Gambar 3. 10 Lokasi Dibuatnya Sumur Uji

Tabel 3. 1 Hasil Uji Laboratoirum

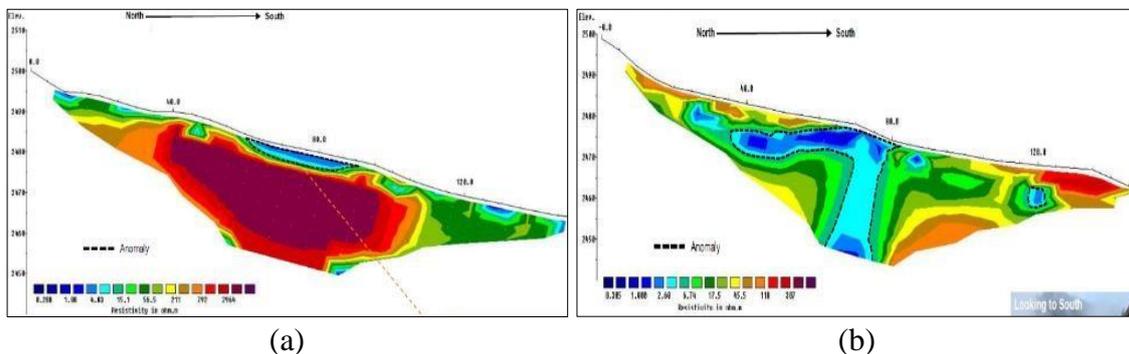
No. Sample				M P 61-01	M P 61-02	M P 61-03	
Depth (m)				0.5	0.5	0.5	
Index Properties		symbol	unit				
1.	Dry Density	ρ_d	gr/cm ³	1.39	1.55	1.38	
	Sat Density	ρ_{sat}	gr/cm ³	1.55	1.74	1.55	
2	Water Content	ω	%	11.22	12.33	12.72	
3	Specific of Gravity	Gs	-	2.65	2.72	2.68	
	Void Ratio	e	-	0.91	0.75	0.95	
	Porosity	n	-	0.48	0.43	0.49	
	Degree of Saturarion	Sr	%	32.83	44.48	36.00	
	Minimum Density	(ρ_{dmin})	gr/cm ³	1.17	1.29	1.22	
	Maksimum Density	(ρ_{dmax})	gr/cm ³	1.71	1.98	1.79	
4	Liquid Limit	LL	%	33.9	17.3	21.8	
	Plastic Limit	PL	%	19.5	16.2	17.1	
	Plasticity Index	PI	%	14.3	1.0	4.7	
Classification				CL-ML	CL-ML	CL-ML	
5	Grainsize	Cobbles	%	0.00	0.00	0.00	
		Gravel	G	%	56.79	63.21	56.18
		Sand	S	%	40.83	34.46	40.38
		Silt	M	%	2.30	2.26	3.33
		Clay	C	%	0.08	0.08	0.12
	Pass #200		%	2.39	2.34	3.44	
6	Permeability (Koef Permeability)		cm/s	1.89E-05	2.06E-05	1.20E-05	
7	Modified Compaction						
	Optimum Moisture	ω_{opt}	%	13.50	9.50	10.50	
	Max Dry Density	$\gamma_{dry\ max}$	gr/cm ²	1.85	2.03	1.95	
8	Direct Shear						
	Kohesi	c	kg/cm ²	0.046	0.026	0.076	
	Sudut Geser Dalam		°	28.31	32.08	19.39	
9	Maximum Strength	σ	kg/cm ²	1.19	0.58	0.33	
	Elastisitas Modulus	E	kg/cm ²	72.00	61.72	26.18	
10	Soil Description		Well graded gravel with sand, plastic, trace of silt & clay				
			Poorly graded gravel with sand, plastic, trace of silt & clay				
			Well graded gravel with sand, plastic, trace of silt & clay				

Sumber: Sucofindo Geotechnical Raboratory (2022)

Selain uji laboratorium, pengujian historis yang pernah dilakukan adalah uji resistivitas yang dilakukan pada lokasi studi (Gambar 3.11). Berdasarkan gambar tersebut (Gambar 3.11), didapatkan hasil pengujian seperti pada gambar 3.12.



Gambar 3. 11 Lokasi *Resistivity Test*



Gambar 3. 12 Hasil *Resistivity Test* pada Lokasi Studi
 Sumber: *GeoEngineering Division (2022)*

Berdasarkan Gambar 3.12 (a), dapat disimpulkan bahwasannya terdapat lapisan dengan resistivitas tinggi, yang berarti lapisan tersebut mengindikasikan adanya tanah dengan kepadatan yang tinggi atau lapisan tersebut merupakan formasi batuan. Sedangkan dari Gambar 3.12 (b), didapatkan adanya area dengan resistivitas rendah memanjang ke arah kaki lereng, karena resistivity test pada *line* tersebut dilakukan di area permukaan lereng. Area tersebut (area berwarna biru) diindikasikan sebagai *top soil* dengan aliran air. Oleh karena itu, dari kedua hasil uji resistivitas (Gambar 3.12), didapatkan lapisan dari lereng berdasarkan nilai resistivitasnya (Tabel 3.2).

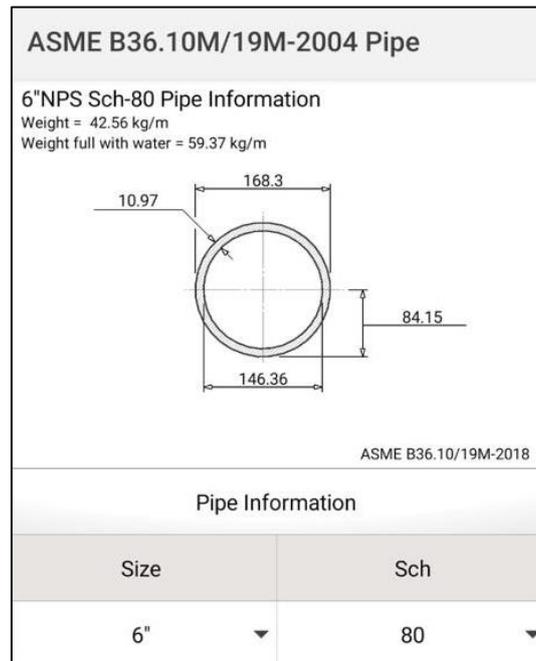
Tabel 3. 2 Nilai resistivitas tiap lapisan

Lapisan	Kedalaman (m)	Nilai Resistivitas (Ω)
Lapisan 1	5	2.1
Lapisan 2	5 - 10	107.5
Lapisan 3	10 - 35	2964
Lapisan 4	35 - dasar	1878

C. Analisis Data Material Pipa Konsentrat

Pipa konsentrat merupakan pipa yang digunakan untuk menyalurkan konsentrat emas dan tembaga dari area *mill (highland PTFI)* dan lokasi *dewatering slurry* dari konsentrat yang didistribusikan. Untuk mendistribusikan konsentrat dalam bentuk *slurry* lebih dari 120km dari *mill area* menuju *portsite*, dilakukan pemompaan *slurry* dengan tekanan yang sangat

tinggi. Untuk mengantisipasi kerusakan akibat tekanan hidraulik tersebut, material yang digunakan sebagai bahan dasar pipa konsentrat ini cukup tinggi, dengan standar ASTM A106 Grade B pipe yang ekuivalen dengan baja karbon yang memiliki tegangan leleh minimum 240 MPa dan tegangan tarik maksimum 415 MPa. Mutu baja tersebut merupakan mutu baja yang sudah lazim digunakan dalam dunia konstruksi. Sedangkan material pipa sendiri memiliki dimensi seperti pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Dimensi Pipa Konsentrat Baru
Sumber: Concentrating Division PT Freeport Indonesia

Pipa konsentrat yang digunakan sebagai perkuatan lereng adalah *reuse* (pemakaian kembali) dari material pipa konsentrat bekas. Oleh karena itu, untuk mengetahui dimensi material pipa setelah pemakaiannya sebagai pipa konsentrat, dilakukan pengambilan data dimensi pipa pada proyek yang sedang berlangsung di *jobsite* PT Freeport Indonesia, salah satunya adalah proyek pemancangan pada area Hidden Valley (Gambar 3.14). Data yang terkumpul pada area hidden valley adalah data ketebalan pipa seperti pada Tabel 3.3.



Gambar 3. 14 Pemancangan Menggunakan Material Pipa Konsentrat

Data ketebalan yang didapatkan merupakan data primer yang diukur pada empat sisi penampang pipa dilapangan (Gambar 3.15) dengan ketebalan maksimum (batas atas) yang dianggap representatif adalah 10.97 mm (ketebalan pipa baru). Hal ini dilakukan, sebab pipa bekas yang diukur dapat ditemplei oleh bekas *slurry* yang menempel pada dinding pipa, sehingga ketebalan pipa seolah-olah bertambah. Data kosong pada Tabel 3.3 menandakan bahwa sisi tiang tertutup atau terhalang oleh material lain yang tidak dapat dipindahkan menggunakan tenaga manusia, sehingga terdapat satu sisi pipa yang tidak terukur ketebalannya.

Tabel 3. 3 Data ketebalan pipa konsentrat bekas di area Hidden Valley

No.	Warna Pile	Ketebalan (mm)					
		t1 (mm)	t2 (mm)	t3 (mm)	t4 (mm)	Rata-rata	t pakai
1	Hijau	9.8	9.93	9.17	10.41	9.828	9.828
2	Hijau	10.1	9.8	10.1	9.53	9.883	9.883
3	Hijau	11.38	11.59	12.21	-	11.727	10.970
4	Hijau	7.68	7.89	8.06	7.44	7.768	7.768
5	Merah	7.45	8.1	7.7	-	7.750	7.750
6	Merah	10.89	8.61	10.14	-	9.880	9.880
7	Merah	12.62	11.45	11.56	11.51	11.785	10.970
8	Hijau	13.15	10.16	11.01	11.21	11.383	10.970
9	Hijau	9.8	10.81	7.83	9.63	9.518	9.518
10	Hijau	8.717	6.81	11.34	-	8.956	8.956
11	Hijau	9.64	10.33	9.55	-	9.840	9.840
12	Merah	8.44	8.37	8.37	-	8.393	8.393
13	Hijau	9.48	10.6	10.46	10.13	10.168	10.168
14	Merah	11.86	11.58	12.2	-	11.880	10.970
15	Hijau	9.13	10.3	9.77	-	9.733	9.733
16	Hijau	9.93	9.36	10.01	9.63	9.733	9.733
17	Hijau	9.84	9.5	9.38	-	9.573	9.573
18	Hijau	10.95	10.59	10.46	-	10.667	10.667
19	Hijau	9.1	9.13	9.12	-	9.117	9.117
20	Hijau	10.53	10.14	10.42	-	10.363	10.363
21	Hijau	11.25	9.4	10.08	10.02	10.188	10.188
22	Hijau	11.27	9.73	9.9	-	10.300	10.300
23	Merah	9.46	8.29	7.95	-	8.567	8.567
24	Hijau	9.21	9.96	9.46	-	9.543	9.543
25	Merah	8.71	9.23	9.21	-	9.050	9.050
26	Hijau	9.18	10.06	-	-	9.620	9.620
27	Hijau	8.78	9.67	9.59	-	9.347	9.347
28	Merah	7.24	7.88	7.51	-	7.543	7.543
29	Hijau	9.12	8.9	9.24	-	9.087	9.087
30	Hijau	8.61	9.61	10.91	-	9.710	9.710
31	Hijau	9.6	9.61	8.44	-	9.217	9.217
32	Hijau	9.71	10.3	9.49	-	9.833	9.833
33	Hijau	9.59	10.14	9.45	-	9.727	9.727
34	Hijau	9.07	9.52	8.92	-	9.170	9.170

35	Hijau	9.73	10.14	10.15	10.28	10.075	10.075
36	Hijau	10.81	10.45	11.08	9.09	10.358	10.358
37	Hijau	8.51	7.52	8.3	-	8.110	8.110
38	Hijau	11.55	10.24	10.31	-	10.700	10.700
39	Hijau	9.51	9.63	9.53	-	9.557	9.557
Total Rata-rata Ketebalan Pipa (mm)						9.683	9.609



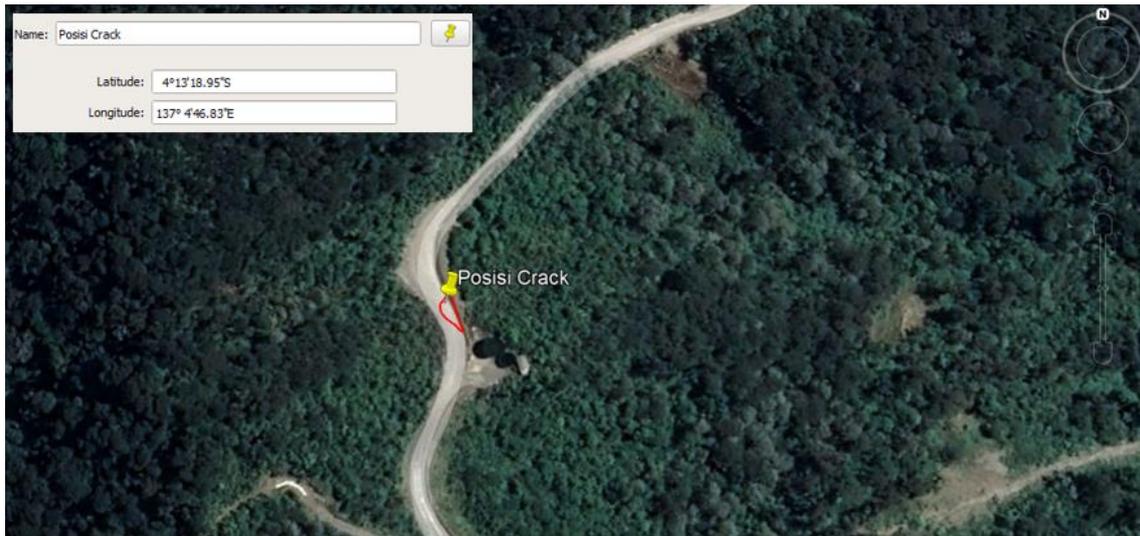
Gambar 3. 15 Pengukuran Ketebalan Pipa Konsentrat

Dari data yang telah diperoleh, dilakukan perhitungan ketebalan rata-rata data tiang yang telah diambil. Berdasarkan 130 data ketebalan dari 39 pipa yang diukur, didapatkan rata-rata ketebalan pipa sebesar 9,609 mm.

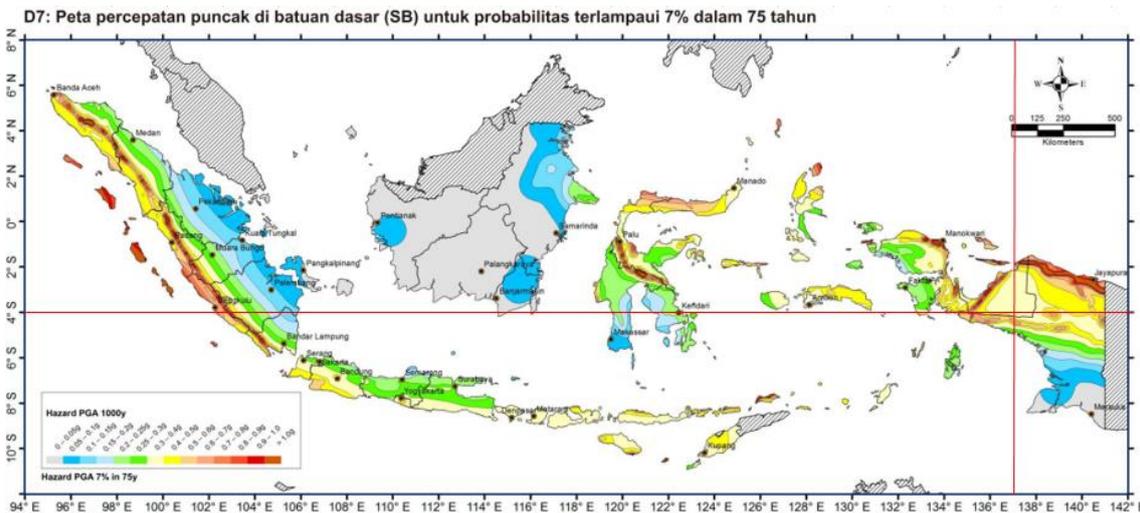
D. Data Parameter Gempa

Parameter gempa digunakan untuk analisis stabilitas lereng pada kondisi dinamis. Standar yang digunakan untuk kondisi dinamis ini mengacu pada SNI 8460:2017 tentang perancangan geoteknik. Parameter gempa yang diambil berupa PGA mengacu pada Gambar 2.4, dimana nilai PGA diambil dari gempa dengan periode ulang gempa 500 tahun. Selain itu, nilai percepatan gempa juga didapatkan dari kurva respon spektra Indonesia (Lampiran 8) untuk mengetahui perubahan SF apabila peruntukan lereng digunakan sebagai infrastruktur lainnya seperti tempat tinggal, gedung, water tank dll.

Untuk mendapatkan nilai PGA dari periode gempa rencana baik menurut peta bahaya gempa (Gambar 2.4), maupun berdasarkan kurva respon spektra, perlu diketahui letak atau koordinat dari area concern. Berdasarkan gambar 3.16 diketahui koordinat *concern area* terletak pada 137446.83 Bujur Timur dan 4131895.5 Lintang Selatan. Dengan mengetahui lokasi yang akan dianalisis, maka dapat dicari percepatan puncak gempa pada area tersebut. Kemudian, dilakukan rekapitulasi terhadap parameter gempa yang digunakan seperti pada Tabel 3.4.



Gambar 3. 16 Koordinat *Concern Area* MSR MP61



Gambar 3. 17 Titik Lokasi Terjadinya *Crack* pada Peta Gempa Indonesia
Sumber: Peta Bahaya Gempa Indonesia (2017)

Tabel 3. 4 Peruntukan desain pada kondisi dinamis/ seismik

Besaran PGA (g)	Kelas Situs	Ss	Faktor Implifikasi	Periode Ulang Gempa	Tujuan Penggunaan	Sumber
0.513	Tanah Keras/ Batuan Lunak (SB)	1.198	1	2500 tahun	Mengetahui penurunan angka kemananan pada gempa dengan periode ulang 2500 tahun (standar gempa pada bangunan gedung)	Desain Spektra Indonesia, Kementrian PUPR
0.4		-	-	1000 tahun	Mengetahui penurunan angka kemanan akibat gempa pada percepatan yang lebih tinggi dengan periode ulang 1000 tahun.	Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017
0.3		-	-	1000 tahun	Periode ulang gempa yang menentukan kestabilan tiang penahan longsor pada lereng	Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017

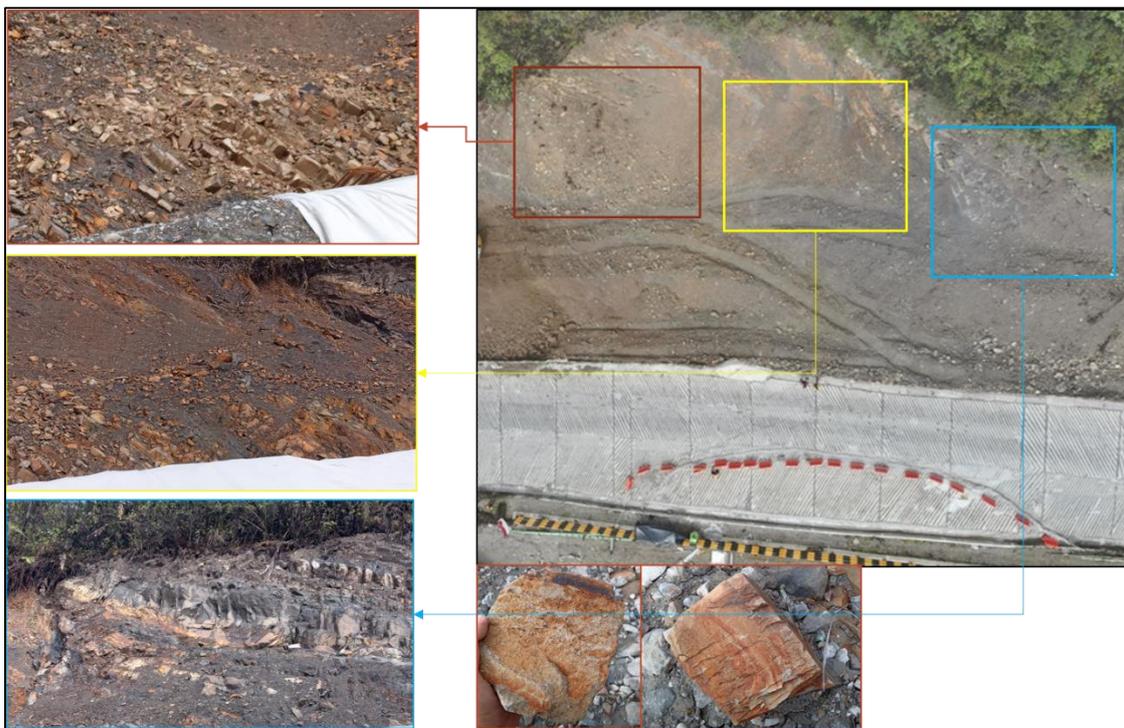
3.1.2 Back analysis

Analisis balik atau *back analysis* digunakan sebagai salah satu cara dalam mengevaluasi parameter data tanah yang telah didapatkan dari hasil uji laboratorium (sampel *test pit*). Diketahui bahwa lereng pada lokasi studi mengalami deformasi sehingga sebagian ruas jalan

mengalami keretakan dan penurunan, tetapi tidak membuat lereng tersebut *collapse* serta tidak terjadi kegagalan pada struktur perkerasan jalan di atasnya. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa lereng tersebut berada pada kondisi kritis, berdasarkan Subab 2.5.1, gaya pendorong dan kuat geser tanah dari lereng tersebut setara atau *safety factor* dari lereng sama dengan 1. Oleh karena itu, perlu dilakukan *back analysis* untuk mengevaluasi parameter tanah dari hasil uji lab dan hasil korelasi nilai resistivitas dengan kondisi aktual di lapangan.

A. Penentuan Lapisan Tanah & Batuan

Dari nilai resistivitas (Tabel 3.2) dan hasil uji laboratorium (Tabel 3.1) dilakukan korelasi antara nilai resistivitas dengan litologi. Dengan mengasumsikan bahwa lapisan 1 dan 2 merupakan *top soil*, maka parameter yang digunakan adalah hasil uji laboratorium pada sampel 2. Parameter sampel 2 dipilih karena selain parameter kuat gesernya, berat jenis pada sampel 2 lebih representatif terhadap korelasi nilai resistivitas lapisan 2 pada lereng. Sedangkan kedua lapisan lainnya (lapisan 3 dan 4) di dapatkan dengan korelasi parameter data tanah.



Gambar 3. 18 Kondisi Batuan pada Lereng di atas Lokasi Studi

Berdasarkan observasi visual pada Gambar 3.18, diketahui bahwa formasi batuan pada lokasi studi didominasi oleh batuan pasir dan sebagian kontak dengan batuan serpih (*shales*). Hal ini juga didukung oleh peta geologi regional dan *geology review* pada area terdekat, yaitu pada MP61,5 (Lampiran) yang mengindikasikan area MP61 dan sekitarnya didominasi oleh batuan pasir dan sebagian *shales* (batu serpih).

Tabel 3. 5 Korelasi jenis batuan berdasarkan nilai resistivitasnya

Bahan	Resistivitas (Ωm)
Air (udara)	~
Pyrite (pirit)	0,01-100
Quartz (kwarsa)	500-800.000
Calcite (kalsit)	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
Rock salt (garam batu)	$30 - 1 \times 10^{13}$
Granite (granit)	200-100.000
Andesite (andesit)	$1,7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
Basalt (basal)	200-100.000
Soil (tanah)	1-10
Siltclay (lempung halus)	30
Marls (pasiran)	3-70
Unconsolidate wet clay (lempung basah)	20
Limestones (batu gamping)	500-10.000
Sandstones (batu pasir)	200-8.000
Shales (batu tulis)	20-2.000
Sand (pasir)	1-1.000
Clay (lempung)	1-100
Fres water	3-100
Ground water (air tanah)	0.5-300
Magnetite (magnetit)	0.01-1.000
Dry gravel (kerikil kering)	600-10.000
Alluvium and sands (aluvium dan pasir)	10-800
Gravel (Kerikil)	100-600

Sumber : Telford et al. (1990)

Tabel 3. 6 Korelasi nilai sudut geser terhadap jenis material

	Material	ϕ' ($^{\circ}$)
Tanah	Tanah lempung lunak dan teguh dengan plastisitas sedang ke tinggi; lempung berlanau; isian lempung bervariasi lepas; lanau berpasir lepas. (use $c' = 0-5$ kPa)	17-25
	Lempung berpasir kaku; lempung berkerikil; pasir berlempung padat; lanau berpasir; isian lempung padat. (use $c' = 0-10$ kPa)	26-32
	Pasir berkerikil; pasir padat; isian kerikil dan batu pasir pecah; pasir padat bergradasi baik (use $c' = 0-5$ kPa)	32-37
	Batu terlapukan lemah; isian lapis dasar jalan terkontrol; kerikil dan beton daur ulang	36-43
Batu	Kapur	35
	Granit terlapukan	33
	basalt segar	37
	Batu pasir lemah	42
	Batu lanau lemah	35
	Batu lempung lemah	28

Sumber: Dirjen Bina Marga (2019)

Tabel 3. 7 Korelasi nilai densitas terhadap nilai sudut geser

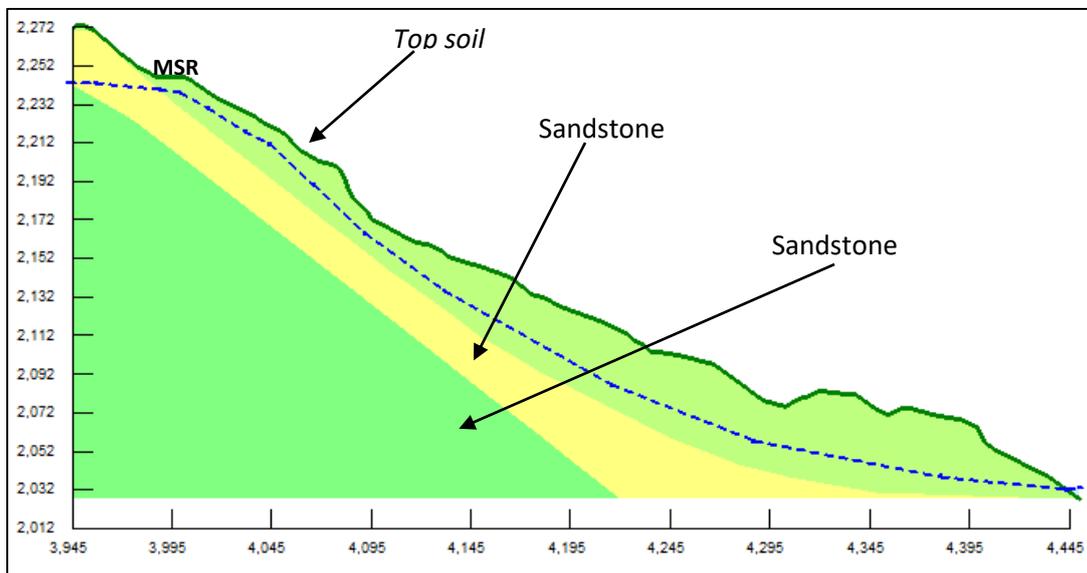
Deskripsi	Sangat Lepas	Lepas	Sedang	Padat	Sangat Padat
Kerapatan Relatif (D_r)	0-0.15	0.15-0.35	0.35-0.65	0.65-0.85	0.85-1.00
Nilai N' -SPT terkoreksi	0-4	4-10	10-30	30-50	>50
Sudut geser dalam (ϕ) ^(o)	25-30	27-32	30-35	35-40	38-43
Berat volume tanah (γ) (kN/m^3)	11.0-15.7	14.1-18.1	17.4-20.4	17.3-22	20.4-23.6

Sumber: Bowles, J. (1984)

Pada tabel 3.7, lapisan batuan diklasifikasikan dalam tanah dengan densitas yang sangat padat, hal ini sesuai dengan nilai sudut geser batu pasir sebesar 42° (Tabel 3.6) dan deformasi sirkular dari program bantu yang dipakai. Asumsi ini dipakai hanya untuk korelasi nilai parameter sebagai input dalam analisis stabilitas lereng yang akan dilakukan. Berikut ini adalah tabel parameter hasil korelasi yang nantinya akan disesuaikan berdasarkan proses *back analysis* yang dilakukan.

Tabel 3. 8 Material properties tanah sampel 2 dan batuan

Layer	Depth (m)	Klasifikasi Material	Material Properties		
			phi ($^\circ$)	C (kPa)	γ (kN/m^3)
Layer 1	5	High GWT Soil	38	25.00	17.40
Layer 2	5 - 10	High GWT Soil	38	25.00	17.40
Layer 3	10 - 35	Sandstone	42	0	20.4
Layer 4	35 - dasar	Sandstone (bedrock)	42	0	22



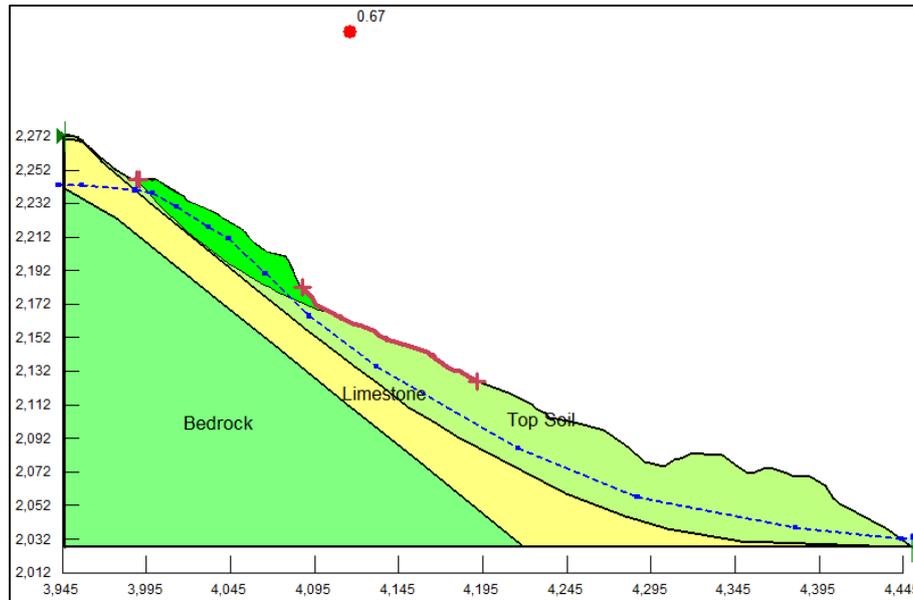
Gambar 3. 19 Asumsi Lapisan Tanah dan Batuan pada Lereng

B. Stabilitas Lereng Eksisting

Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan program bantu GeoStudio Sub Program Slope/w. Kondisi yang digunakan pada proses *back analysis* merupakan stabilitas lereng pada kondisi statis. Hal ini dilakukan karena tujuan dari *back analysis* itu sendiri dilakukan untuk verifikasi parameter yang mempengaruhi stabilitas lereng agar sesuai

dengan kondisi lapangan. Berikut ini adalah stabilitas lereng dari parameter tanah berdasarkan asumsi yang digunakan.

Dengan batasan masalah bahwa deformasi yang terjadi merupakan *soil failure mechanism* dan parameter *top soil* merupakan data tanah sampel 2, maka angka kemanan dari lereng pun juga tidak mencapai kondisi kritis ($SF = 1$). Sehingga perlu dilakukan penyesuaian terhadap parameter data tanah dan batuan pada lereng tersebut.



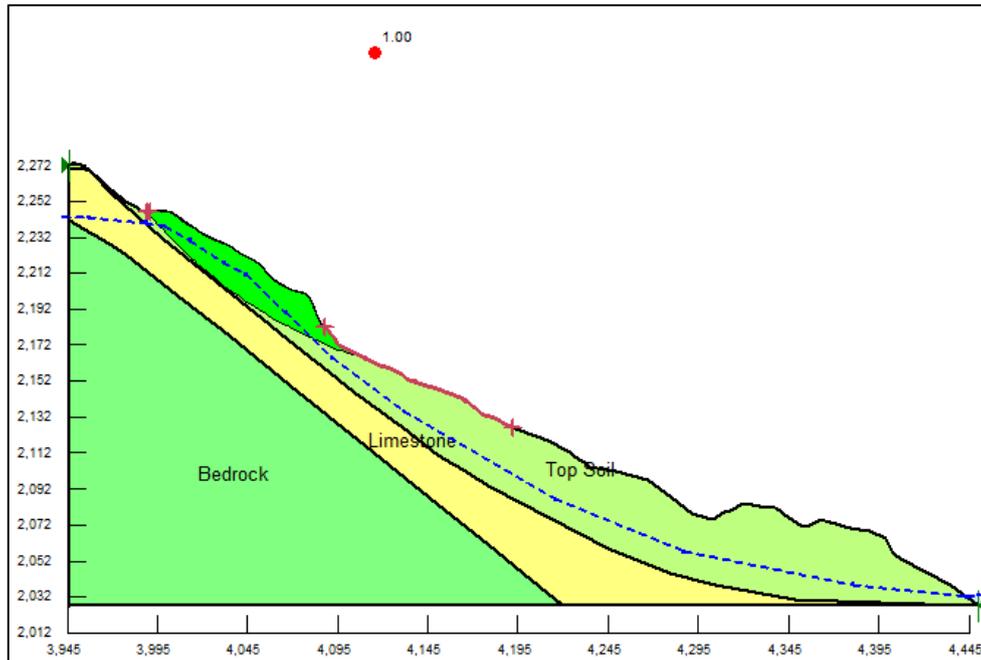
Gambar 3. 20 Stabilitas Lereng Eksisting

C. Penyesuaian Nilai Parameter Kuat Geser

Setelah didapatkan nilai sudut geser sesuai dengan tabel korelasi 3.6, maka dilakukan *back analysis* dengan menyesuaikan nilai parameter yang telah didapatkan. *Back analysis* dilakukan dengan mrubah nilai sudut geser dan mengintepretasikan nilai sudut geser telah mengakomodasi kekuatan geser baruan (C_u), sehingga tidak diperlukan *back analysis* untuk merubah nilai kohesi batuan. Hal tersebut juga didasarkan pada minimnya penelitian yang memanfaatkan korelasi dalam menentukan nilai kohesi dari batuan, karena mayoritas studi yang dilakukan untuk mengetahui nilai kohesi batuan memanfaatkan nilai kuat geser dan perhitungan menggunakan lingkaran mohr dengan parameter dari hasil tes kuat tekan batuan (σ_1 dan σ_3).

Tabel 3. 9 Parameter tanah & batuan hasil *back analysis*

Layer	Depth (m)	Klasifikasi Material	Material Properties		
			phi (°)	C (kPa)	γ (kN/m ³)
Layer 1	5	High GWT Soil	38	25.00	17.40
Layer 2	5 - 10	High GWT Soil	38	25.00	17.40
Layer 3	10 - 35	Sandstone	53.4697 °	0	20.4
Layer 4	35 - dasar	Sandstone (bedrock)	57.663 °	0	22



Gambar 3. 21 Model Stabilitas Lereng dengan SF = 1

3.1.3 Analisis Pembebanan

A. Pembebanan pada Kondisi Statis

Kondisi statis yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng merupakan kondisi lereng yang terbebani oleh beban hidup dan beban mati. Beban hidup merupakan beban bergerak yang melewati jalan di atas lereng, sedangkan beban mati berupa utilitas yang bersifat permanen atau semi permanen di atas permukaan lereng. Beban hidup yang bekerja pada lereng adalah beban lalu lintas dengan berat sesuai Tabel 2.5 atau kendaraan lain yang bekerja dengan beban lebih besar. Sedangkan beban mati yang bekerja merupakan beban perkerasan jalan pada lereng. Berikut ini adalah perhitungan pembebanan pada lereng yang digunakan.

Berdasarkan Tabel 2.5, beban lalu lintas terbesar merupakan beban lalu lintas untuk jalan kelas 1. Divisi Road *Maintenance* PT Freeport Indonesia menyatakan bahwasannya kendaraan berat yang melewati MSR adalah Low Boy Truk. Oleh karena itu, perlu dibandingkan beban yang bekerja antara Low Boy Truk dengan beban lalu lintas untuk jalan kelas 1.

Berat kendaraan + Kapasitas maksimum Low Boy Truk	= 100 ton
Dimensi dari Low Boy Truk	= 29 x 8,5 ft
	= 246,5 ft ²
Luasan equivalen dari Low Boy Truk	= 27 m ²
Berat equivalen dari Low Boy Truk + Kapasitas maksimum	= 100/27
	= 3,7037 t/m ²

$$= 37,037 \text{ kN/m}^2$$

Sedangkan diketahui beban lalu lintas jalan kelas 1 = 15 kPa

$$= 15 \text{ kN/m}^2$$

Berdasarkan perbandingan di atas, digunakan beban hidup dengan asumsi terdapat lowboy truk dengan muatan maksimum yang bergerak pada jalan. Sedangkan beban mati yang bekerja adalah beban perkerasan jalan selebar 11,5 m dengan perhitungan berikut.

$$\text{Berat jenis beton bertulang} = 2,4 \text{ ton/m}^3$$

$$= 24 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Tebal perkerasan} = 0,35 \text{ m}$$

$$\text{Beban mati merata equivalen} = 24 \times 0,35$$

$$= 8,4 \text{ kN/m}^2$$

Kombinasi pembebanan pada kondisi statis dengan beban hidup Low Boy Truk dan beban mati perkerasan jalan didasarkan pada beban layan oleh jalan. Kombinasi pembebanan untuk beban layan adalah sebagai berikut.

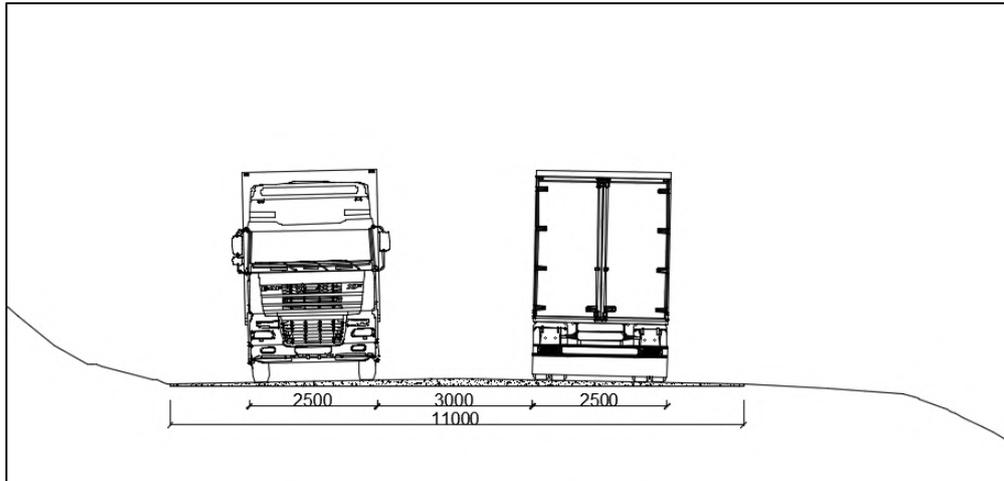
$$\text{Beban pada Perkerasan} = 1 \text{ LL} + 1 \text{ DL}$$

Keterangan:

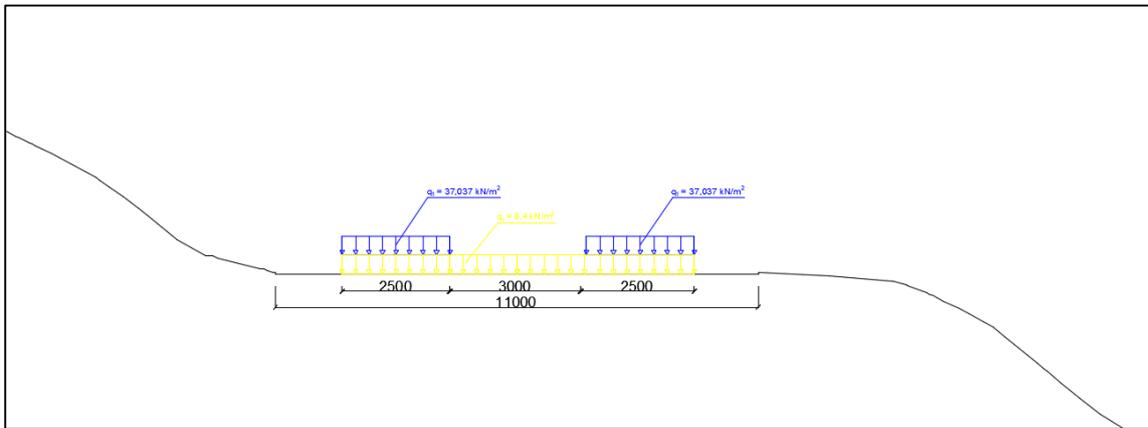
LL : *Live Load* (beban hidup)

DL : *Dead Load* (beban mati)

Sehingga beban yang bekerja tidak mengalami perubahan nilai karena faktor pembesaran pada kombinasi beban layan sama dengan satu. Beban yang bekerja pada lereng diaplikasikan dengan beban materi selebar perkerasan jalan dan beban hidup dengan asumsi 2 kendaraan berat yang sedang berpapasan. Hal ini sebenarnya tidak mungkin terjadi dilapangan, tetapi kondisi ini diambil berdasarkan kondisi terburuk, dimana kedua kendaraan merupakan kendaraan berat (Low Boy Truk bermuatan maksimum). Berikut ini merupakan simulasi pembebanan pada lereng.



Gambar 3. 22 Simulasi Pembebanan pada Jalan



Gambar 3. 23 Beban yang Bekerja pada Lereng

B. Pembebanan pada Kondisi Dinamis

Pembebanan pada kondisi dinamis dilakukan dengan menggunakan program bantu Geo Studio, sub program Quake/W dan Slope/W. Dengan mengetahui parameter gempa seperti pada tabel 3.5. Parameter yang digunakan adalah PGA (*Peak Ground Acceleration*), kelas situs tanah, dan pada area studi. Diketahui *top soil* memiliki parameter sudut geser $33,8^\circ$ untuk tanah homogen dan 38° untuk material *top soil* pada asumsi lereng dengan beberapa lapisan material dengan berat jenis $17,4 \text{ kN/m}^3$, sehingga dilakukan korelasi terhadap prediksi nilai NSPT sebagai dasar acuan klasifikasi situs pada lokasi studi.

Tabel 3. 10 Korelasi Nilai Sudut Geser terhadap Kepadatan Tanah

Deskripsi	Sangat Lepas	Lepas	Sedang	Padat	Sangat Padat
Kerapatan Relatif (D_r)	0-0.15	0.15-0.35	0.35-0.65	0.65-0.85	0.85-1.00
Nilai N' -SPT terkoreksi	0-4	4-10	10-30	30-50	>50
Sudut geser dalam (ϕ) ($^\circ$)	25-30	27-32	30-35	35-40	38-43
Berat volume tanah (γ) (kN/m^3)	11.0-15.7	14.1-18.1	17.4-20.4	17.3-22	20.4-23.6

Dari data hasil korelasi Tabel 3.12, didapatkan bahwa klasifikasi situs berdasarkan material *top soil* termasuk pada tanah dengan kelas situs SC (tanah keras/padat, sangat padat, dan batuan lunak).

Tabel 3. 11 Tabel klasifikasi kelas situs area studi

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Sumber: SNI 8460 (2017)

Tabel 3. 12 Nilai faktor amplifikasi untuk masing-masing PGA dan S_s

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$	$PGA = 0,2$	$PGA = 0,3$	$PGA = 0,4$	$PGA \geq 0,5$
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
Batuan keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah keras (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah sedang (SD)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah lunak (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber: SNI 8460 (2017)

Dari tabel tersebut, diketahui bahwa faktor amplifikasi untuk PGA 0,3g; 0,4g; dan 0,512 G berturut urut adalah 1,1; 1,0 dan 1,0. Selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien gempa sebagai parameter analisis stabilitas lereng dengan beban dinamis. Koefisien gempa dihitung berdasarkan persamaan 23. pada masing masing nilai PGA sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Kh_1 &= 0,5 \times 0,3 \times 1,1 \\ &= 0,165 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Kh_2 &= 0,5 \times 0,4 \times 1,0 \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Kh_3 &= 0,5 \times 0,512 \times 1,0 \\ &= 0,26 \end{aligned}$$

3.1.4 Analisis Kekuatan Pipa sebagai Perkuatan

A. Perhitungan Material dan *Section properties* dari Pipa yang Digunakan

Berdasarkan perhitungan dimensi pipa konsentrat bekas pada subab sebelumnya, pipa baru yang memiliki ketebalan 10,970 mm, mengalami penurunan ketebalan rata-rata sebesar 1.36 mm atau 12% dari ketebalan awal pipa. Oleh karena itu, untuk keamanan maka kekuatan material dari pipa akan direduksi sebesar 12% linear dengan penyusutan ketebalan pipa konsentrat dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}f_y' &= f_y \times 88\% \\ &= 240 \times 88\% = 210.22 \text{ MPa} \\ f_u' &= f_u \times 88\% \\ &= 415 \times 88\% = 363.51 \text{ MPa} \\ E' &= E \times 88\% \\ &= 210000 \times 88\% = 183944.42 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Keterangan:

f_y : tegangan leleh pipa baru

f_y' : tegangan leleh pipa bekas

f_u : tegangan tarik ultimit pipa baru

f_u' : tegangantarik ultimit pipa bekas

E : modulus elastisitas pipa baru

E' : modulus elastisitas pipa bekas

Dari data dimensi pipa konsentrat bekas yang telah diambil, dapat dihitung parameter penampang pipa sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Luas Penampang (A)} &= 0,25 \pi (D^2 - d^2) \\ &= 0,25 \times 3,14 (168,3^2 - 146,36^2) \\ &= 4788.0221 \text{ mm}^2 \\ &= 47,880 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Section Modulus (Z)} &= \frac{\pi}{32} \frac{(D^4 - d^4)}{d} \\ &= \frac{\pi}{32} \frac{(168,3^4 - 146,36^4)}{146,36} \\ &= 179765.58 \text{ mm}^3 \\ &= 179,765 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Inersia Penampang (I)} &= \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) \\ &= \frac{\pi}{64} (168,3^4 - 146,36^4)\end{aligned}$$

$$= 15127274 \text{ mm}^4$$

$$= 1512,727 \text{ cm}^4$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh rekapitulasi parameter material pipa yang akan digunakan sebagai perkuatan pada lereng pada tabel berikut.

Tabel 3. 13 Parameter material pipa konsentrat untuk perhitungan perkuatan

Keterangan	Nilai	Satuan
Diameter Pipa	168.30	mm
Luas Penampang (A)	4788.0221	mm ²
Inesia (I)	1512.7274	cm ⁴
Z (Section Modulus)	179.76558	cm ³
Tegangan Leleh (fy)	210.22	MPa
Modulus Elastisitas (E)	183944.42	MPa

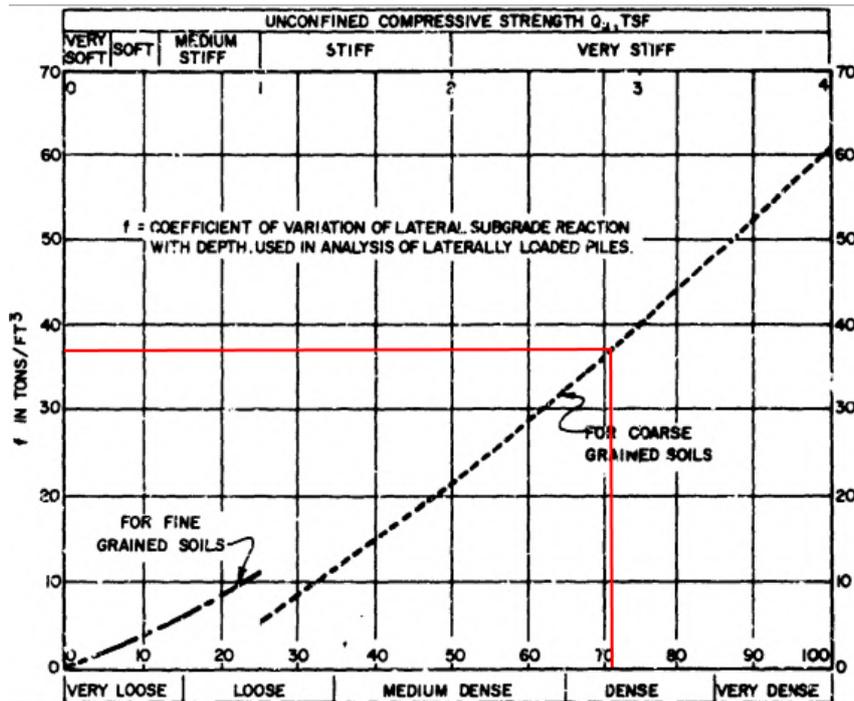
B. Perhitungan Kekuatan Pipa Menahan Gaya Lateral

Sebagai perkuatan lereng yang berpotensi mengalami kelongsoran, pipa konsentrat akan berperilaku seperti tiang yang menerima gaya lateral akibat gaya pendorong yang mengakibatkan kelongsoran pada lereng. Karena analisis dilakukan menggunakan optimasi yang dilakukan oleh program bantu, maka perhitungan cukup hingga kekuatan material pipa sebagai tiang perkuatan lereng. Berikut ini adalah tahapan analisis perhitungan terhadap kekuatan pipa/tiang dalam menahan gaya lateral sebagai perkuatan lereng.

1. Menghitung Faktor kekakuan relatif tiang (T)

Dalam menghitung faktor kekakuan relatif, diperlukan perhitungan koefisien variasi dari reaksi tanah terhadap tiang yang dipancang kedalamnya. Dari Tabel 3.2, diketahui bahwa lapisan *top soil* terdiri atas tanah berbutir kasar. Selain itu, dari hasil *back analysis* yang dilakukan, didapatkan nilai sudut geser pada sampel 2 adalah 37,6°. Berdasarkan Tabel 2.2, dilakukan interpolasi linear untuk mendapatkan nilai densitas relatif.

$$\begin{aligned} \text{Densitas relatif} &= 0,65 + \frac{37,6-30}{50-30} (0,85 - 0,65) \\ &= 0,717 \\ &= 71,7\% \end{aligned}$$



Gambar 3. 24 Penentuan Nilai Koefisien Variasi dari Reaksi Tanah
Sumber: Navfac-Dm7 (1982)

Dari gambar 3.24, didapatkan bahwa koefisien variasi dari reaksi *top soil* sebesar 37 tons/ft³ atau 1,184 kg/cm³. Nilai tersebut yang menjadi input dalam perhitungan faktor kekakuan relatif (T).

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= \left(\frac{1839444,2 \times 1512,727}{1,184} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 74.855 \text{ cm} = 0,7485 \text{ m}$$

2. Kapasitas Momen nominal dari pipa

$$Mn = \sigma_{\max} \times Z$$

$$Mn = f_y \times Z$$

$$= 120,22 \times 179765.58$$

$$= 377903202,276 \text{ N.mm} = 377,903 \text{ kN.m}$$

3. Gaya lateral maksimum yang dapat diterima tiang

$$P_{\max} = \left(\frac{Mn}{Fm.T} \right)$$

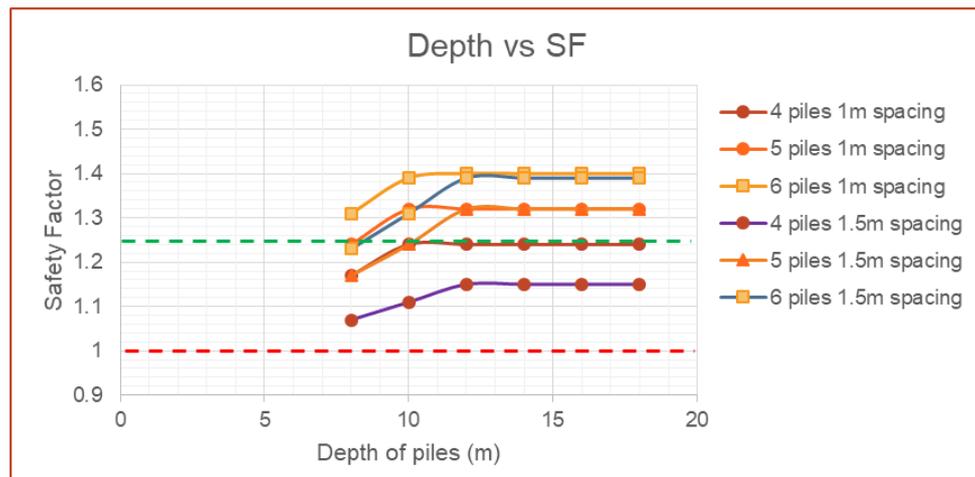
$$P_{\max} = \left(\frac{377,903}{1 \times 0,74855} \right)$$

$$= 504,854 \text{ kN}$$

3.1.5 Desain dan Uji Sensitivitas Perkuatan

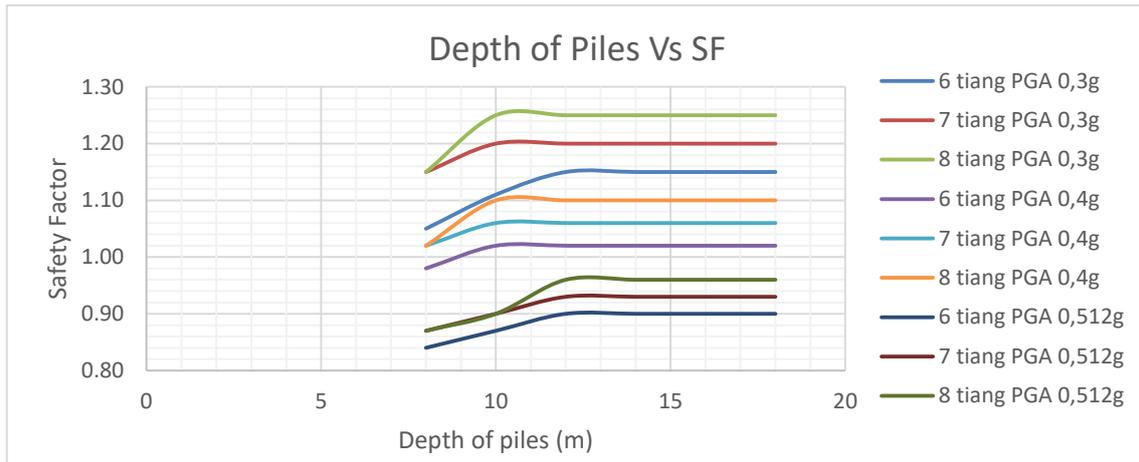
Desain perkuatan pada lereng menggunakan material pipa dilakukan dengan memasang sejumlah pipa sebagai penahan gaya sliding agar *safety factor* dari lereng tersebut mengalami kenaikan sesuai kriteria desain yang ditentukan. Akan tetapi, untuk melihat pola kenaikan dari konfigurasi pemasangan pipa yang ada, perlu dilakukan uji sensitivitas dengan melakukan perubahan pada kedalaman, jarak pemasangan, dan jumlah pipa. Hal ini ditujukan agar perubahan angka keamanan terhadap kedalaman, jarak pemasangan, atau jumlah pipa dapat dilihat. Selain itu, dengan melakukan uji sensitivitas terhadap parameter desain perkuatan ini, dapat diketahui pengaruh dari perubahan desain terhadap angka keamanan lereng yang diperkuat.

Pada asumsi lereng yang terbentuk dari beberapa lapis material tanah dan batuan, variasi pemasangan dilakukan pada jarak, jumlah, dan kedalaman penanaman. Variasi jarak yang digunakan pada desain adalah 1,5 meter dan 1 meter, dengan jumlah tiang 4, 5 dan 6 tiang. Untuk kedalaman tiang, digunakan variasi 8 meter hingga 18 meter dengan interval 2 meter. Desain dianggap stabil apabila nilai angka keamanan ≥ 1.25 , dianggap cukup stabil pada $1 < SF \leq 1.25$, dan dianggap runtuh bila $SF < 1$.

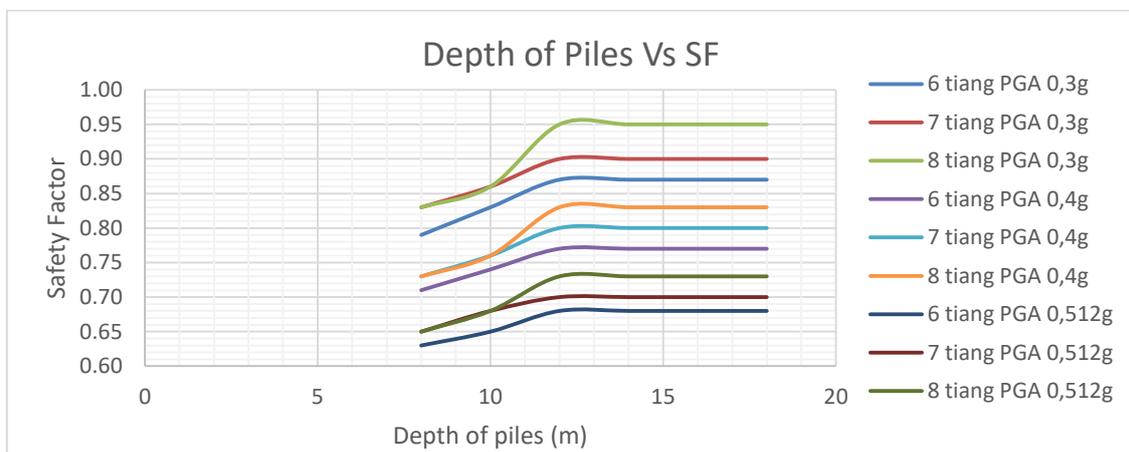


Gambar 3. 25 Grafik Hubungan Angka Keamanan Terhadap Kedalaman Tiang

Untuk Permodelan pada kondisi seismik, analisis terhadap stabilitas lereng dilakukan dengan variasi jumlah tiang yang lebih banyak, yaitu 6, 7, dan 8 tiang dengan spasi pemasangan 1 meter. Selain itu, analisis juga dilakukan dengan kondisi muka air tinggi (*wet condition*) dan muka air rendah (*dry condition*) dengan variasi terhadap percepatan gempa sebesar 0,3g, 0,4g, dan 0,512g.



Gambar 3. 26 Grafik Hubungan Kedalaman Tiang dengan SF pada MAT Rendah



Gambar 3. 27 Grafik Hubungan Kedalaman Tiang dengan SF pada MAT Tinggi

3.1.6 Pemilihan Desain Optimum

Berdasarkan *sensitivity analysis* yang dilakukan, diketahui bahwa beberapa desain memenuhi angka kemanan yang ditetapkan, namun harus dipilih desain yang dinilai optimum dari beberapa desain yang memenuhi kriteria. Desain optimum yang dipilih merupakan desain yang memenuhi kriteria angka kemanan dan membutuhkan material pipa konsentrat paling minimum. Hal tersebut dikarenakan dengan kebutuhan material minimum, maka pekerjaan pemancangan pun akan memakan durasi yang lebih cepat, sehingga biaya pada pekerjaan pemancangan di lapangan pun akan menjadi lebih kecil. Sebagai hipotesis terhadap kebutuhan jumlah tiang yang akan dipasang di lapangan, maka dihitung kebutuhan ekuivalen tiang untuk 1 meter.

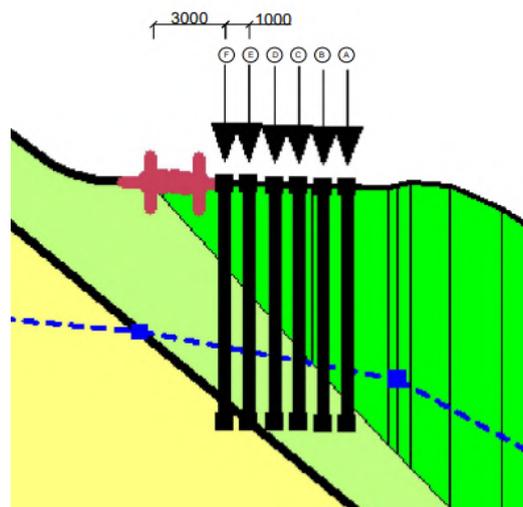
Tabel 3. 14 Estimasi Kebutuhan pipa tiap meter pada kondisi statis

Jumlah Tiang	Panjang (m)	Spasi (m)	Kebutuhan panjang/m lari (m)	SF
5	10	1	50	1.32
6	8	1	48	1.31
5	12	1.5	40	1.32
6	10	1.5	40	1.31

Tabel 3. 15 Estimasi Kebutuhan pipa tiap meter pada kondisi dinamis (seismik)

Jumlah Tiang	Panjang (m)	Spasi (m)	Kebutuhan panjang/m lari (m)	SF
6	10	1	60	1.1
7	8	1	56	1.1
6	12	1	72	1.15
7	10	1	70	1.14

Sama dengan asumsi sebelumnya, desain perkuatan lereng yang dibuat berdasarkan asumsi lereng terdiri dari beberapa lapis material tanah dan batuan juga harus dibuat dengan model stabilitas yang memenuhi kriteria angka keamanan. Dengan mempertimbangkan jumlah menggunakan material pipa konsentrat, maka terdapat rekomendasi desain optimum dan alternatif desain sebagai salah satu opsi apabila desain awal yang direkomendasikan dinilai tidak *affordable* untuk dilaksanakan. Rekomendasi desain awal yang dapat diterapkan di lapangan adalah pemasangan 6 pipa sedalam 10m dengan spasi 1m untuk mendapatkan angka keamanan 1,39 pada kondisi statis dan 1,1 pada kondisi dinamis (Gambar 3.28). Kebutuhan pipa dihitung berdasarkan titik pemasangan (Gambar 3.29) dengan total kebutuhan panjang pipa 1330 m (Tabel 3.16).



Gambar 3. 28 Desain Perkuatan Lereng

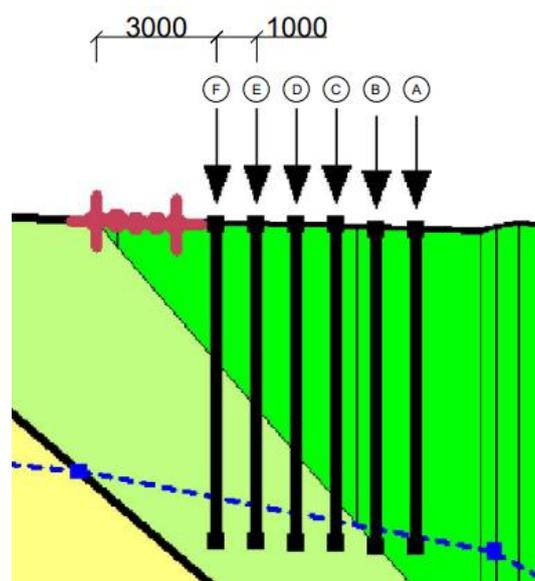
Tabel 3. 16 Kebutuhan Material Pipa pada Desain Perkuatan Pipa pada Lereng

Tipe Pipa	Panjang (m)	Jumlah Kebutuhan	Kebutuhan Panjang Pipa (m)
A	10	30	300
B	10	26	260
C	10	23	230
D	10	20	200
E	10	18	180
F	10	16	160
Total kebutuhan panjang (m)			1330



Gambar 3. 29 Titik Pemasangan Perkuatan Pada Lokasi Studi

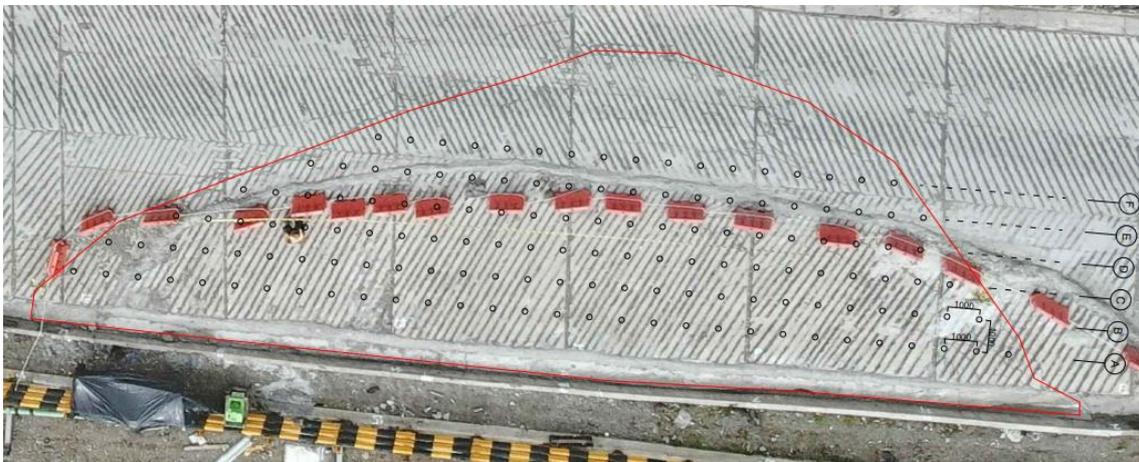
Alternatif desain yang direkomendasikan adalah pemasangan 6 tiang sedalam 8m dengan spasi 1m untuk mendapatkan SF 1,31 pada kondisi statis, dan 1,06 pada kondisi dinamis.



Gambar 3. 30 Alternatif Desain Perkuatan

Tabel 3. 17 Kebutuhan Material Pipa pada Alternatif Desain Perkuatan Lereng

Tipe Pipa	Panjang (m)	Jumlah Kebutuhan	Kebutuhan Panjang Pipa (m)
A	8	30	240
B	8	26	208
C	8	23	184
D	8	20	160
E	8	18	144
F	8	16	128
Total kebutuhan panjang (m)			1064

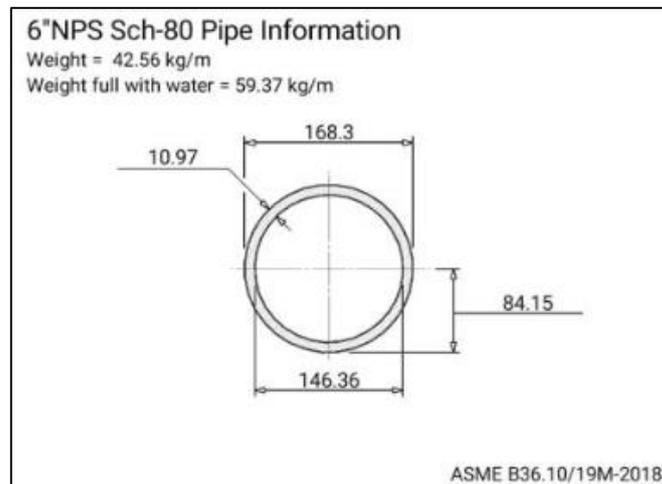


Gambar 3. 31 Titik Pemasangan Berdasarkan Alternatif Perkuatan Pada Lokasi Studi

BAB IV HAL MENARIK DAN PENYELESAIANNYA

4.1 Pemanfaatan Material Pipa Konsentrat

Pipa konsentrat merupakan pipa yang digunakan untuk mendistribusikan konsentrat dalam bentuk *slurry* dari *mill* menuju *portsite* untuk proses *dewatering* (proses pengeringan). Pipa ini memiliki ukuran diameter 6 inci dengan detail dimensi seperti pada Gambar 4.1. Karena peruntukannya yang vital (sebagai penyalur konsentrat emas dan tembaga) dan tekanan dari *slurry* yang dipompa, maka pipa ini menggunakan material baja dengan mutu cukup tinggi. Material baja yang digunakan sesuai dengan ASTM A 106 Grade B atau setara dengan penggunaan baja karbon dengan tegangan leleh maksimum 240 MPa dan kuat tarik 415 MPa. Dengan menggunakan material dengan mutu tinggi ini, maka potensi rusaknya pipa akibat terlindas kendaraan juga dapat diatasi.



Gambar 4. 1 Informasi Dimensi Pipa Konsentrat
Sumber: Concentrating Division PT Freeport Indonesia

4.1.1 Hal Menarik pada Pemanfaatan Material Pipa Konsentrat

Pipa konsentrat yang digunakan pada PT Freeport Indonesia harus diganti secara berkala untuk menghindari kerusakan yang mungkin terjadi akibat umur pemakaian dan agar konsentrat tidak terkontaminasi akibat korosi pada bagian dalam pipa. Oleh karena itu, dengan frekuensi pergantian pipa yang cukup intens dilakukan dan panjang pipa yang membentang hampir 120 km, material pipa bekas berpotensi menjadi *waste material* (sampah) pada area kerja PT Freeport Indonesia. Padahal, material tersebut tidak mengalami kerusakan yang parah, dengan penurunan ketebalan rata-rata hanya sebesar 1,3 mm atau 12% saja. Oleh karena itu, akan timbul masalah lingkungan jika material pipa bekas tersebut tidak dimanfaatkan dengan baik oleh PT Freeport Indonesia. Oleh karena itu, konsep *reuse* dalam penggunaan material pipa konsentrat ini dapat menjadi solusi baik dalam penyelesaian isu lingkungan, maupun *back up* material konstruksi ringan.

4.1.2 Penyelesaian

Ketersediaan material pipa baja dan masifnya kegiatan konstruksi di *Job-Site* PT Freeport Indonesia menjadi alasan digunakannya material bekas pipa konsentrat ini sebagai salah satu material konstruksi, yaitu sebagai *micropiles*. Departemen Regional Geotechnical adalah salah satu departemen yang paling sering menggunakan material bekas pipa konsentrat ini, mengingat segala perbaikan tanah, dan pekerjaan geoteknik di area kerja PT Freeport Indonesia (kecuali tambang bawah tanah) merupakan hasil rekomendasi dan desain dari tim di departemen Mine Closure and Regional Geotechnical. Beberapa pemanfaatan material pipa sebagai *pile* adalah tiang penahan longsor, salah satunya pada area Hidden Valley, dimana terjadi keretakan pada dinding penahan akibat pergerakan area hidden valley (*creeping*) dan stabilitas yang terganggu. Adapun batasan ketebalan dalam penggunaan pipa belum ditetapkan, sehingga hasil analisis pada proyek remediasi lereng MP61 di bab 3 dapat dijadikan acuan dalam penetapan karakteristik material pipa konsentrat bekas yang dianggap layak dipergunakan sebagai perkuatan.



Gambar 4. 2 Pemanfaatan Pipa Konsentrat Sebagai Micropiles

4.2 *Stopping Action* pada Pekerjaan Galian Gravity Feed Box

Kecelakaan kerja sangatlah rawan terjadi pada sebuah proyek konstruksi dan dapat mengakibatkan kerugian berupa kerusakan pada material maupun peralatan. Kecelakaan kerja yang timbul biasanya disebabkan oleh dua hal yaitu tindakan tidak aman yang dilakukan oleh pekerja (*unsafe act*) dan kondisi fisik atau lokasi proyek yang tidak aman (*unsafe condition*). *Stopping Action* merupakan salah satu upaya menghentikan pekerjaan dikarenakan adanya *unsafe act* atau *unsafe condition* pada pekerjaan yang sedang berlangsung. *Unsafe condition* menjadi *geotechnical concern* dikarenakan *Stopping Action* yang dilakukan oleh departemen adalah pemberhentian sementara pada pekerjaan di area *Mill* sebagai penempatan Gravity Feed Box (Gambar 4.3). Dari laporan pekerja, terdapat material yang runtuh di permukaan lereng, walaupun runtuhannya terbilang minor, inspeksi harus dilakukan untuk menentukan

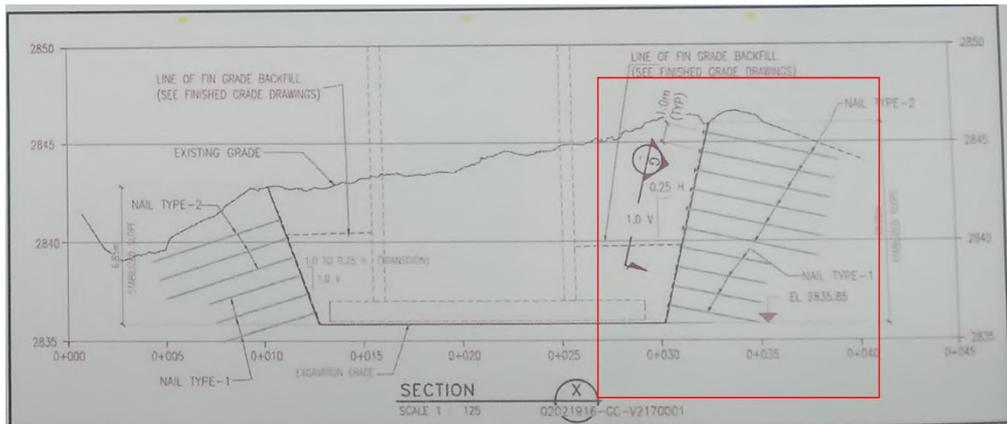
apakah pekerjaan aman untuk dilanjutkan di area tersebut atau terdapat *assasment* lebih lanjut terkait isu tersebut.



Gambar 4. 3 Lokasi Pekerjaan Galian Gravity Feed Box

4.2.1 Hal Menarik pada Pelaksanaan di Lapangan

Setelah dilakukan inspeksi di lapangan, terdapat beberapa temuan pada area tersebut. Temuan pertama adalah keruntuhan yang terjadi pada salah satu lereng setinggi 10,05 m diakibatkan pelaksanaan dilapangan kurang sesuai dengan desain yang direkomendasikan. Berdasarkan rekomendasi yang ada, desain lereng memiliki kemiringan 1 : 0,25 dengan *soil nailing* (Gambar 4.4) memiliki angka kemanan 1,25 dan angka kemananan pada saat penggalian (tanpa *soil nailing*) telah memenuhi stabilitas > 1 . Akan tetapi galian lereng di lapangan menunjukkan kemiringan lereng yang lebih tegak, hal ini dikarenakan terdapat bangunan yang seharusnya dibongkar (Gambar 4.5), sehingga lereng yang digali dapat mencapai kemiringan yang direkomendasikan.



Gambar 4. 4 Desain Lereng yang Direkomendasikan



Gambar 4. 5 Temuan pada Pekerjaan Gravity Feed Box

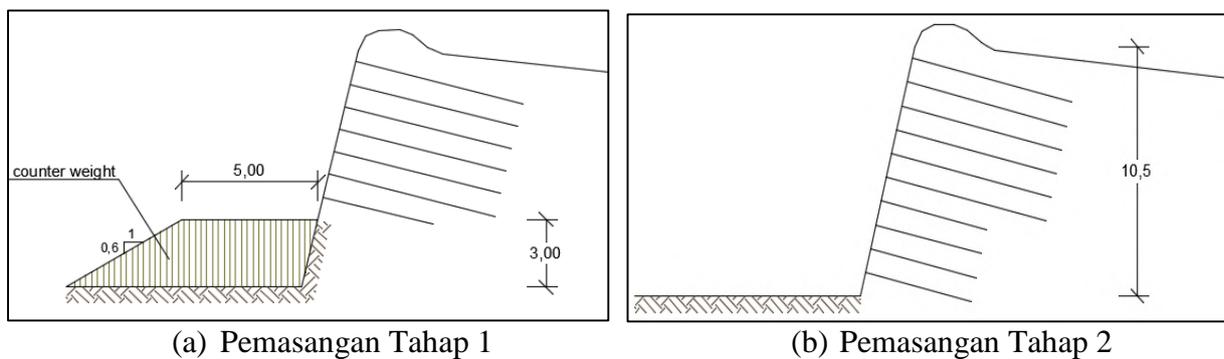
Temuan lainnya adalah adanya aliran air dari atas lereng galian (Gambar 4.5) yang dapat menyebabkan kelongsoran pada sisi lereng lainnya. Beberapa material juga telah terobservasi terbawa aliran dan menumpuk pada *meshing* yang terpasang (Gambar 4.6). Apabila tidak segera diatasi, maka lereng tersebut juga akan berpotensi longsor dan merusak rangkaian *soil nailing* yang telah terpasang.



Gambar 4. 6 Material Terlihat yang Terbawa Aliran Air Menekan *Meshing* yang Terpasang

4.2.2 Penyelesaian

Berdasarkan temuan yang didapatkan, maka terdapat rekomendasi penyelesaian terhadap masing-masing isu yang terjadi. Untuk lereng di sisi utara yang mengalami keruntuhan, direkomendasikan untuk menggunakan *counter weight* atau *buttress* ± 3m dan memasang *soil nailing* pada lereng, setelah pemasangan *soil nailing* pada bagian atas selesai, maka sebagian lereng telah diperkuat dan *counter weight* dapat dibongkar untuk kemudian dilanjutkan pemasangan *soil nailing* di bagian bawah (Gambar 4.7).



Gambar 4. 7 Rekomendasi Pemasangan *Soil Nailing* pada Lereng Bagian Utara

Untuk aliran air yang menyebabkan gerusan pada lereng, terdapat dua solusi yang dapat diberikan, yaitu memutus sumber aliran air dan membuat drainase untuk mengalirkan air agar tidak mengarah pada lereng galian. Rekomendasi yang dipilih adalah pembuatan drainase untuk mengalihkan aliran air, sebab pemutusan sumber air perlu koordinasi lebih lanjut dengan *area owner* dan Divisi Concentrating, sehingga penanganan membutuhkan waktu yang lebih lama. Oleh karena itu, dipilih pembuatan drainase sementara (Gambar 4.8) dengan menggunakan *shotcrete* dengan bentuk setengah lingkaran berdiameter ± 30 cm.



Gambar 4. 8 Rencana Posisi Drainase Untuk mengalihkan Aliran Air

4.3 Penggunaan *Container barrier*

Container barrier merupakan salah satu *containment* yang memanfaatkan material *container box* dengan rata-rata lebar 2,3 m, panjang 6,3 m, dan tinggi 2,4 m. Layaknya *containment* pada umumnya, *container barrier* digunakan dalam menahan, mereduksi, atau meredam energi akibat longsor material tanah maupun batuan yang dapat terjadi pada *jobsite* PT Freeport Indonesia. Oleh karena itu, *container barrier* cukup banyak di temui, khususnya di area *Mill* mengingat terdapat banyak fasilitas yang perlu dilindungi dari bahaya isu geoteknik di area tersebut. Selain itu, dengan memanfaatkan material bekas *container*, pemanfaatan *container* ini dapat menekan *waste material* pada *jobsite* PT Freeport Indoensia.



(a) Area MLA Portal

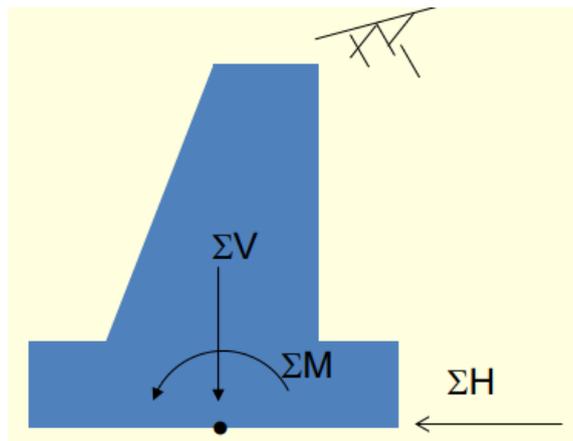


(b) Sebelah Amole Shop Besar

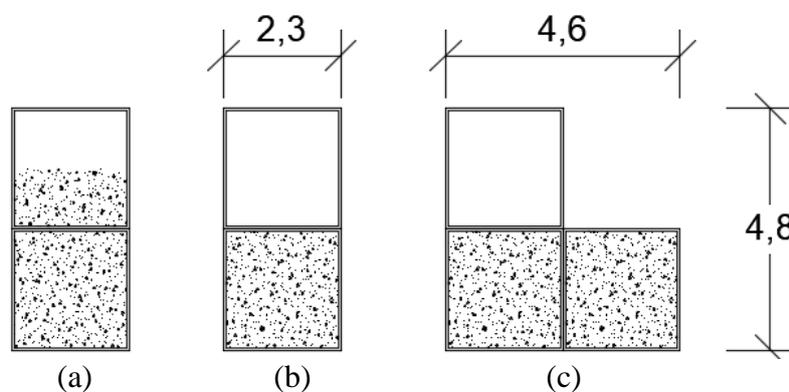
Gambar 4. 9 Contoh *Container barrier* di Area *Mill*

4.3.1 Hal Menarik pada Pelaksanaan di Lapangan

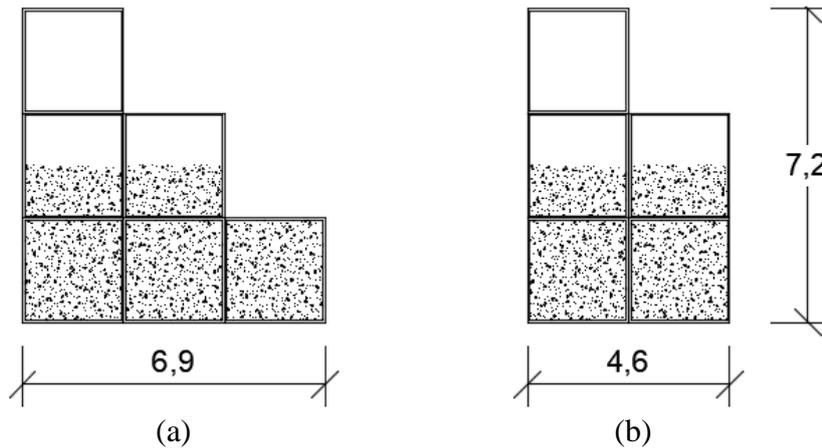
Penerapan *container barrier* sebagai *containment* mengadopsi konsep *gravity wall* yang mengandalkan berat dari struktur *containment* sebagai kekuatan dalam menahan gaya dorong yang terjadi (Gambar 4.10). Lapisan *box container* yang disusun menyesuaikan dengan gaya dorong hasil analisis yang dilakukan, ketinggian luapan material yang menabrak *containment*. *Container barrier* biasanya terdiri dari 2 hingga 3 tumpukan *box container*. *Container* tidak serta merta dipasang dilapangan, melainkan *container* diisi dengan material batu pecah atau beton mutu rendah (beton untuk konstruksi non struktural) agar mendapatkan berat yang didesain, mengingat *containment* ini mengadopsi konsep *gravity wall*. Pengisian material ke dalam *container* dilakukan berjenjang, seperti lapisan terbawah diisi penuh material, lalu lapisan kedua diisi setengah dari kapasitas *container* dan lapisan terakhir tidak diisi material batu pecah atau beton. Hal ini dilakukan agar berat dari material yang diisikan menjadikan berat total *container barrier* ekuivalen dengan berat *gravity wall* yang biasanya trapezium. Hal tersebut juga dapat mempengaruhi distribusi gaya saat *containment* dikenai gaya atau saat *containment* tidak mencapai stabilitasnya (terguling atau tergeser). Contoh bentuk dan jumlah material yang diisikan ke dalam *container barrier* dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4. 10 Gaya yang Bekerja pada Gravity wall



Gambar 4. 11 Dua Lapis Container barrier



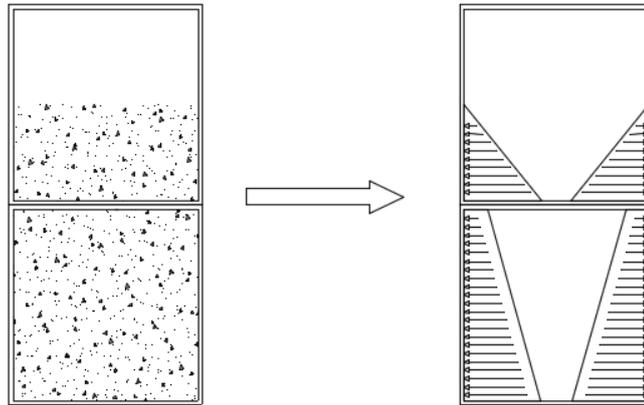
Gambar 4. 12 Tiga Lapis *Container barrier*

4.3.2 Penyelesaian

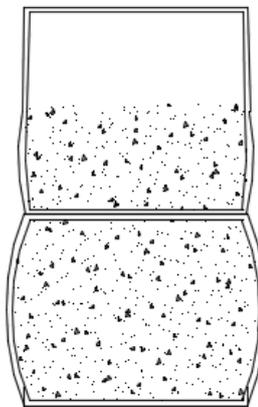
Walaupun terlihat sederhana, penggunaan *container barrier* memerlukan beberapa improvisasi mengingat *container barrier* merupakan susunan dari beberapa *box container* yang diisi material batu pecah atau beton, berbeda dengan *gravity wall* pada umumnya yang merupakan satu kesatuan struktur penahan. Oleh karena itu, apabila tidak dibuat dengan baik, maka *container barrier* tidak dapat bekerja dengan baik dan berpotensi mengalami kegagalan struktur sebelum dikenai gaya sesuai dengan besaran yang telah didesain. PT Freeport Indonesia melakukan beberapa improvisasi terhadap pembuatan *container barrier* untuk menghindari kegagalan-kegagalan struktural yang dapat terjadi. Berikut ini adalah penyelesaian terhadap keterbatasan *container barrier* sebagai *containment*.

A. Pengisian *container* dengan material beton

Dinding *box container* pada umumnya terbuat dari baja dengan ketebalan tertentu yang juga memiliki kapasitas tertentu dalam menahan gaya dorong yang terjadi. Oleh karena itu, material pengisi *container* disarankan untuk tidak menggunakan *loose material* dan disarankan untuk menggunakan material dengan sudut geser yang tinggi seperti batu pecah (batu *split*). Penggunaan *loose material* dapat mengakibatkan adanya tekanan aktif pada dinding *container* (Gambar 4.13) dan mengalami kerusakan (Gambar 4.14). Dengan menggunakan material yang memiliki sudut geser tinggi, tekanan aktif yang bekerja pada dinding *container* dapat tereduksi. Akan tetapi, *container barrier* pada PT Freeport Indonesia telah menggunakan beton sebagai material pengisinya. Material beton yang solid pada saat keadaan kering tidak menyebabkan tekanan aktif pada dinding *container*, selain itu secara keseluruhan rangkaian *container barrier* juga akan lebih solid, sehingga penggunaan beton sebagai material pengisi *container* dinilai lebih aman dibandingkan material pasir atau batu pecah. Meskipun memakan biaya material yang lebih besar, penggunaan material beton sebagai pengisi *container* dapat menambah umur penggunaan dari *container barrier* dan tidak frekuensi *maintenance* yang dilakukan juga akan lebih kecil.



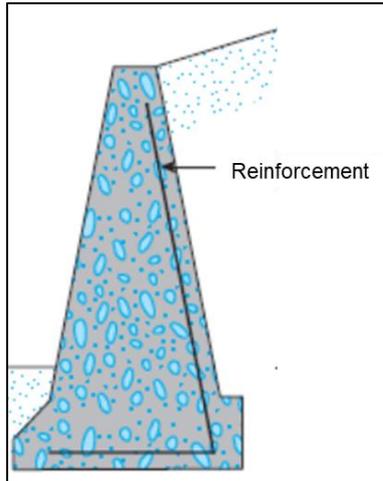
Gambar 4. 13 Tekanan Aktif pada Dinding *Container*



Gambar 4. 14 Deformasi yang Dapat Terjadi pada *Container barrier*

B. Pemasangan *bracing*

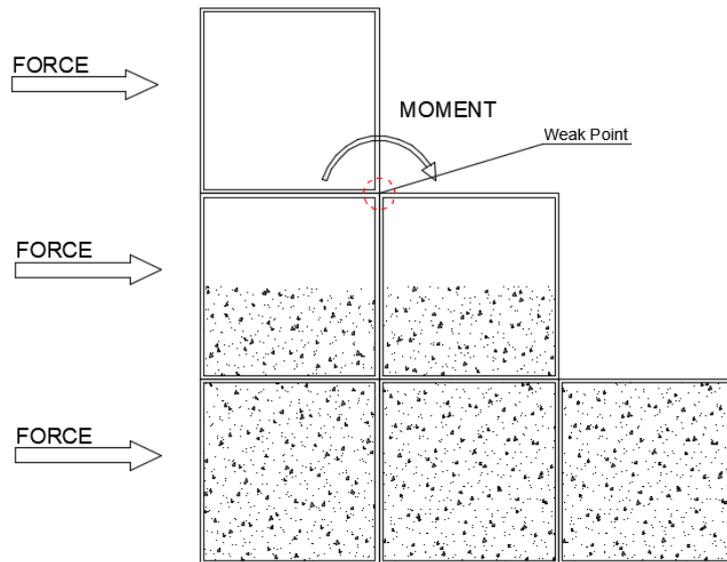
Apabila gaya yang akan bekerja pada *containment* sangatlah besar, sedangkan stabilitas dari *containment* telah terpenuhi, maka struktur penahan harus dipastikan kuat dalam menahan gaya yang akan bekerja. Pada *gravity wall* biasa ditambahkan tulangan agar dapat menambah kekakuan dan menghindari terjadinya patahan pada area lemah dari *containment* yang terpasang (Gambar 4.15). *Bracing* yang digunakan adalah *diagonal bracing* menggunakan Baja Profil WF (Gambar 4.16). *Bracing* ini menahan gaya tekan yang terjadi dan merubah potensi terjadinya momen di titik lemah struktur *container barrier* (Gambar 4.17).



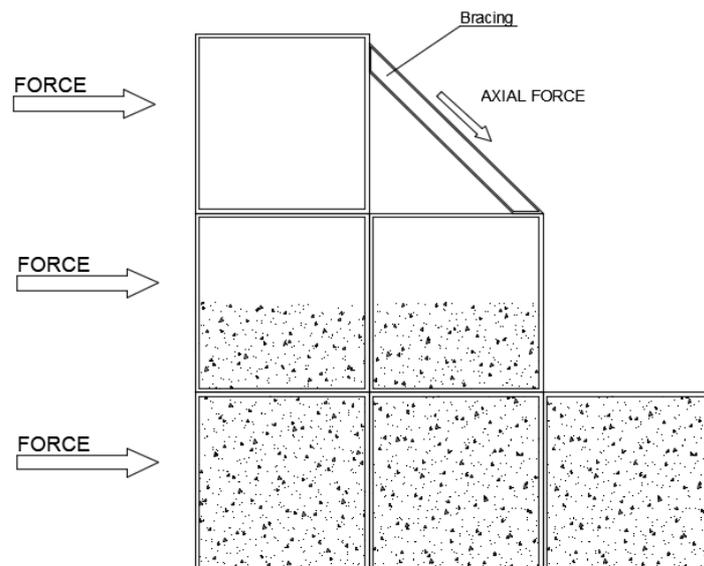
Gambar 4. 15 Semi *Gravity wall* yang Dilengkapi Tulangan



Gambar 4. 16 *Container barrier* yang dilengkapi *bracing*



Gambar 4. 17 Distribusi Gaya Tanpa Pemasangan *Bracing*



Gambar 4. 18 Distribusi Gaya dengan Panmbahan *Bracing*

4.4 Pemetaan Pada *Job Site* PT Freeport Indonesia

Pemetaan adalah proses atau kegiatan untuk mencatat, mengukur, dan merekam informasi tentang bentuk, ukuran, posisi, dan atribut dari suatu wilayah atau area tertentu. Tujuan dari pemetaan adalah untuk menciptakan representasi visual atau grafis dari objek, permukaan bumi, bangunan, sumber daya alam, atau area tertentu dalam bentuk peta, gambar, atau model 3D. Dalam *job site*, pemetaan memegang peranan penting dalam merepresentasikan kondisi geologi, *mine plan* pada area penambangan, dan kegiatan konstruksi di lapangan. Dengan melakukan pemetaan, perencanaan suatu proyek konstruksi maupun analisis dan pemantauan terhadap isu di lapangan juga akan lebih akurat dan kredibel, sehingga keputusan yang diambil juga dapat dipertanggungjawabkan.

4.4.1 Hal Menarik pada Pemetaan yang Dilakukan

Pemetaan dapat dilakukan dengan beberapa metode, yakni pemetaan secara langsung oleh surveyor, penggunaan pesawat drone, dan pemanfaatan citra satelit. Diketahui bahwa *job site* PT Freeport Indonesia khususnya pada area *highland* memiliki luasan dan topografi yang cukup ekstrem. Oleh karena itu, kegiatan pemetaan yang dilakukan secara langsung oleh surveyor tidak dapat dilakukan pada seluruh area *job site*, sehingga pemetaan yang dilakukan adalah pemetaan tidak langsung menggunakan bantuan pesawat drone. Hal tersebut dilakukan sebab citra satelit tidak dapat mengklasifikasikan vegetasi yang ada pada area tersebut.

4.4.2 Penyelesaian

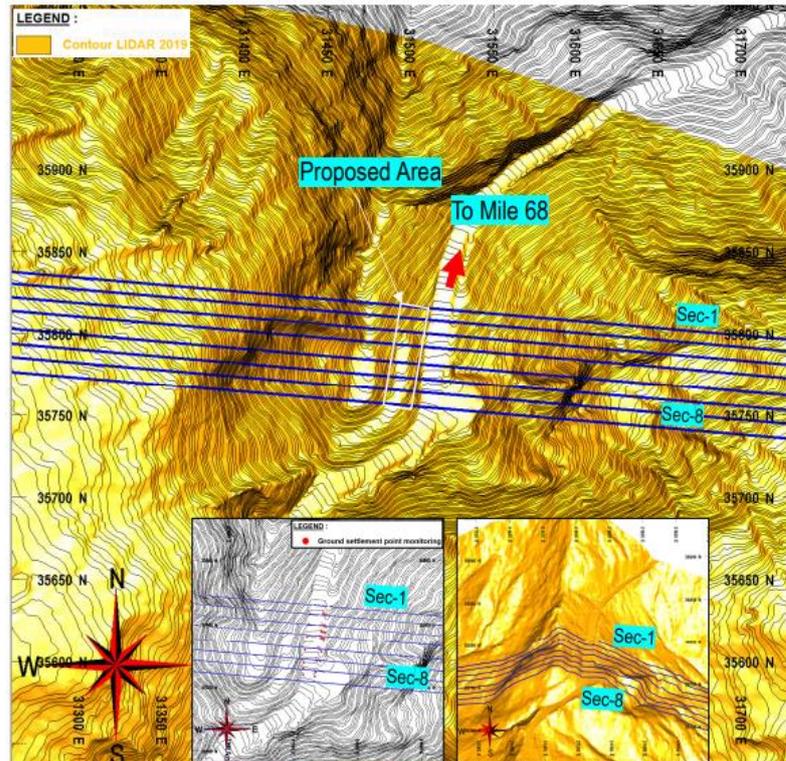
Solusi dari metode pemetaan yang didapatkan adalah penggunaan LiDAR dengan bantuan pesawat drone. LiDAR (*Light Detector And Ranging*) adalah salah satu teknologi penginderaan optik yang digunakan untuk menentukan jangkauan target jauh dan parameter lainnya. LiDAR menggunakan frekuensi Near Infrared (NIR) dan Visible Light ke objek gambar. Sinar laser digunakan untuk mengukur properti cahaya yang tersebar dan untuk membuat titik untuk pemetaan 3D. Meskipun memerlukan biaya yang cukup mahal, penggunaan LiDAR sebagai metode pemetaan dilakukan berdasarkan beberapa pertimbangan berikut.

1. Melimpahnya vegetasi pada area yang disurvei

LiDAR dapat mendefinisikan suatu objek dan vegetasi, sehingga kita dapat memilah objek atau citra yang akan dihasilkan. Sebagai contoh pada proyek remediasi MP61, dibutuhkan data topografi sebagai input dalam analisis stabilitas lereng. Meskipun area lereng pada MP61 dipenuhi dengan vegetasi yang sangat padat (Gambar 4.xx), topografi tetap didapatkan dari citra permukaan area dengan metode LiDAR (Gambar 4.xx).



Gambar 4. 19 Kondisi Lapangan yang akan Disurvei



Gambar 4. 20 Data Kontur Hasil LiDAR

2. Memiliki akurasi tinggi
Sebagai pemetaan udara, LiDAR memiliki akurasi yang cukup tinggi dengan akurasi vertikal kurang dari 20cm dan akurasi horizontal 30-50 cm.
3. Kecepatan pemetaan
Dengan menggunakan pesawat drone, pemetaan dapat dengan cepat dilakukan dengan sistem *scanning*. Akan tetapi, perlu diperhatikan kecepatan penerbangan pesawat drone dan kondisi cuaca pada saat pemetaan, khususnya pada saat kabut dan hujan.
4. Kemampuan mendeteksi suatu objek
Dengan kemampuan mendeteksi suatu objek, kita tidak perlu melakukan revisi atau evaluasi terhadap objek yang terekam dan dapat mempengaruhi hasil dari pembacaan LiDAR.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V DOKUMENTASI KEGIATAN

5.1 Dokumentasi Kegiatan pada Area *Mill*

Berikut ini adalah beberapa dokumentasi kegiatan yang dilakukan di area *Mill* (MP 74) PT Freeport Indonesia, berupa video yang tertera pada link: <https://its.id/m/PekerjaanSoilNailingMP74> dan foto dokumentasi berikut.



Gambar 5. 1 *GPR Test* di Area *Mill*



Gambar 5. 2 Kegiatan *Drone Inspection* dari Amole Batch Plant



Gambar 5. 3 Inspeksi Pekerjaan *Soil Nailing* Gravity Feed Box

5.2 Dokumentasi Kegiatan pada *Main Supply Road* PT Freeport Indonesia

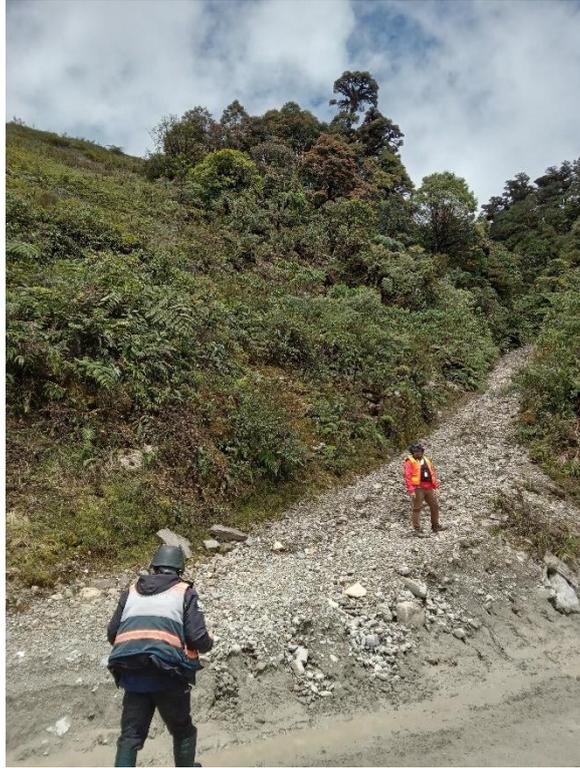
Beberapa kegiatan yang diikuti selama magang di PT Freeport Indonesia adalah inspeksi pada *main supply road*. Adapun kegiatan dilakukan pada beberapa ruas MSR dengan dokumentasi sebagai berikut.



Gambar 5. 4 *Field Discussion* terkait pembuatan *rigid pavement* pada MP 56,5



Gambar 5. 5 Inspeksi Pekerjaan pada MP 61



Gambar 5. 6 Field Discussion ReSloping Proyek di Area MP 59

5.3 Dokumentasi Kegiatan pada Area Hidden Valley (MP 66)

Berikut ini adalah beberapa dokumentasi kegiatan yang dilakukan di area Hidden Valley (MP 66) PT Freeport Indonesia, berupa video yang tertera pada link: <https://its.id/m/PekerjaanPemancanganMP66> dan foto dokumentasi berikut.



Gambar 5. 7 GPS Maintenance di Area Hidden Valley (MP66)



Gambar 5. 8 *Sampling* Dimensi Material Pipa yang Digunakan di Lapangan



Gambar 5. 9 Material Bekas Pipa Konsentrat yang Digunakan Sebagai *Micropiles*



Gambar 5. 10 Pengawasan Pekerjaan Pemancangan

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kegiatan magang dilaksanakan selama 3 bulan pada Departemen Mine Closure & Regional Geotechnical, Divisi *GeoEngineering* PT Freeport Indonesia. Setelah melakukan rangkaian kegiatan seperti *training*, penelitian, dan kegiatan lainnya di Departemen, ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- Peranan Departemen Mine Closure & Regional Geotechnical sangat besar dalam menjaga *job site* PT Freeport Indonesia dari isu-isu geoteknik yang dapat terjadi dan berpotensi mengganggu kegiatan operasional dan non operasional pada *job site* dengan memberikan *assasment* dan rekomendasi terhadap *event* geoteknik yang terjadi, maupun proyek remediasi yang dilakukan.
- Banyak inovasi yang diterapkan pada pekerjaan konstruksi di lapangan, seperti penerapan konsep *reuse* terhadap material pipa konsentrat sebagai tiang pancang, *container* sebagai *containment*, dan penggunaan *rock fence* yang dikombinasikan dengan *retaining wall*.
- *Engineering judgement* sangat diperlukan, khususnya untuk memberikan *assasment* dilapangan terkait isu geoteknik yang dilaporkan, sebab *rapid action* sering kali dibutuhkan agar penanganan dilakukan dengan cepat terhadap isu geoteknik yang terjadi.
- Dengan banyaknya proyek remediasi dan *cointainment* yang sedang dilakukan, koordinasi terhadap *stakeholder* (*area owner* dan pelaksana pekerjaan) haruslah dilakukan dengan baik agar rekomendasi yang telah diberikan dapat dilakukan dengan baik. Oleh karena itu, sering kali dilakukan *field discussion* dan *join inspection* pada proyek yang sedang berlangsung.
- Dari hasil studi pada proyek remediasi lereng pada MP61 menggunakan material bekas pipa konsentrat, direkomendasikan pemasangan 6 tiang dengan kedalaman 10 m untuk mendapatkan angka kemanan pada lereng sebesar 1,39 pada kondisi statis dan 1,1 pada kondisi dinamis (seismik) dan diberikan alternatif pemasangan dengan kedalaman 8 m pada jumlah dan pola pemasangan perkuatan yang sama.
- Dari studi yang telah dilakukan, parameter ketebalan pipa konsentrat dengan penyusutan ketebalan < 20% aman untuk diterapkan di lapangan, adapun penggunaan material non struktural dapat dilakukan dengan analisis gaya dalam pada pipa.

6.2 Saran

Beberapa saran yang mungkin dapat diterapkan sebagai bahan evaluasi bagi PT Freeport Indonesia, khususnya Departemen Mine Closure & Regional Geotechnical adalah pembuatan tim penyelidikan data tanah independen, sehingga bentuk uji laboratorium dan uji lapangan, khususnya metode drilling, SPT mauppun CPT dapat dilakukan dengan efisien dan rekomendasi yang diberikan juga akan lebih akurat. Selain itu, dengan melakukan uji kalendering pada proses pemancangan dapat membantu evaluasi desain perkuatan dengan mengetahui apakah pemancangan telah mencapai kriteria desain atau masih perlu dilakukan penyesuaian terhadap perkuatan yang terpasang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

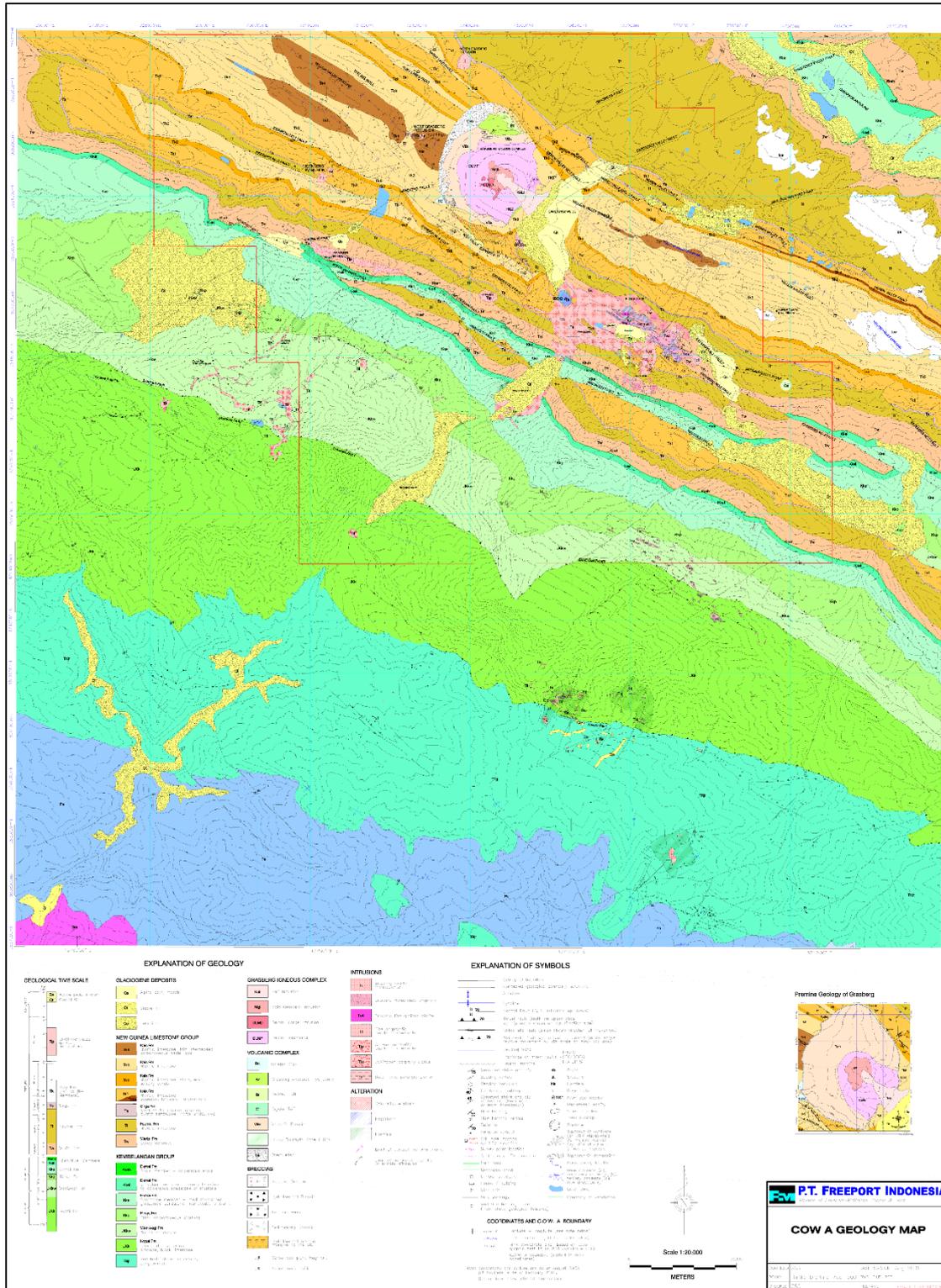
DAFTAR PUSTAKA

- Bowless, J. (1984). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) 2nd*. Jakarta: Erlangga.
- Civil Geotech Section. (2021). *Geotechnical Assasment of MP61 Crack Lines*. GeoEngineering Division PT Freeport Indonesia.
- Das, B. M. (1993). Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis. In *Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis* (1st ed., p. 239). Erlangga.
- Das, B. M. (1995). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik 2). In *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)* (1st ed., pp. 1–300). Erlangga.
- Departement of Civil Geotech. (2022). *GPR Test Result MSR MP61*. GeoEngineering Division PT Freeport Indonesia.
- Departement of Civil Geotech. (2022). *Survey Resistivity Result MSR MP61*. GeoEngineering Division PT Freeport Indonesia.
- Department of Civil Geotech. (2022). *Geotechnical Assament and Recomendation MP61*. Tembagapura: GeoEngineering Division PT Freeport Indonesia.
- Department of Civil Geotech. (2022). *Geotechnical Assasment Mile 61 Rerouting Project*. GeoEngineering Division PT Freeport Indonesia.
- General Construction Special Project. (2023). *Weekly Projects Summary Update*.
- Geoengineering Intregrated Monitoring Center. (2023). *Trigger Action Response Plan MLA Rockslide*. Ge
- GEO-SLOPE International Ltd. (2012). Stability modeling with Slope/W. In *Stability modeling with Slope/W* (Issue June, p. 213). http://www.eng.uwo.ca/people/tnewson/Lectures/SLOPEW_Engineering_Book.pdf
- Hardiyatmo, H. (2006). Mekanika Tanah I (4th ed.). In *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Highland Geology Exploration. (2020). *MP 61.5 Geology Review*. GeoEngineering Division PT Freeport Indonesia.
- Navfac-Dm7, & West, K. (1982). *and Earth Structures*.
- SNI:6376. (2000). *SNI6376:2000*. Jakarta: BSN.
- SNI-8460:2017. (2017). *Sni 8460-2017. Persyaratan Perancangan Geoteknik, 2017*.
- Warman, R. S. (2019). *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Pondasi*. 1–94.
- Wijaya, A. (2015). Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55), 1–5.

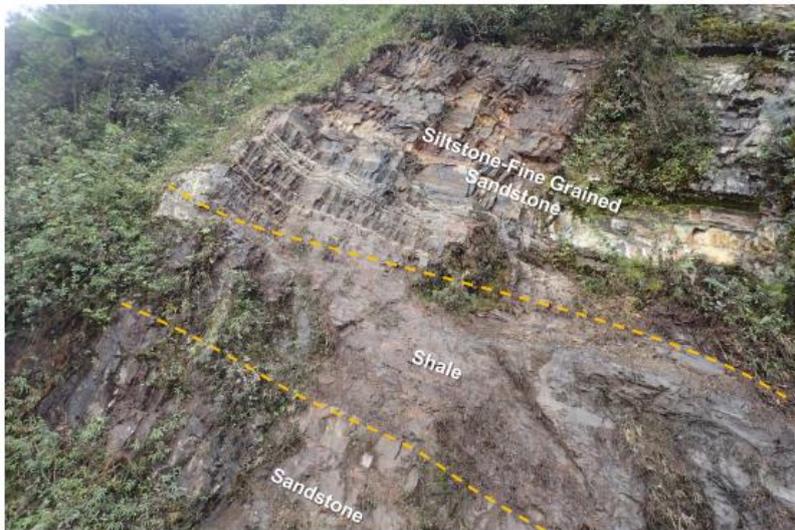
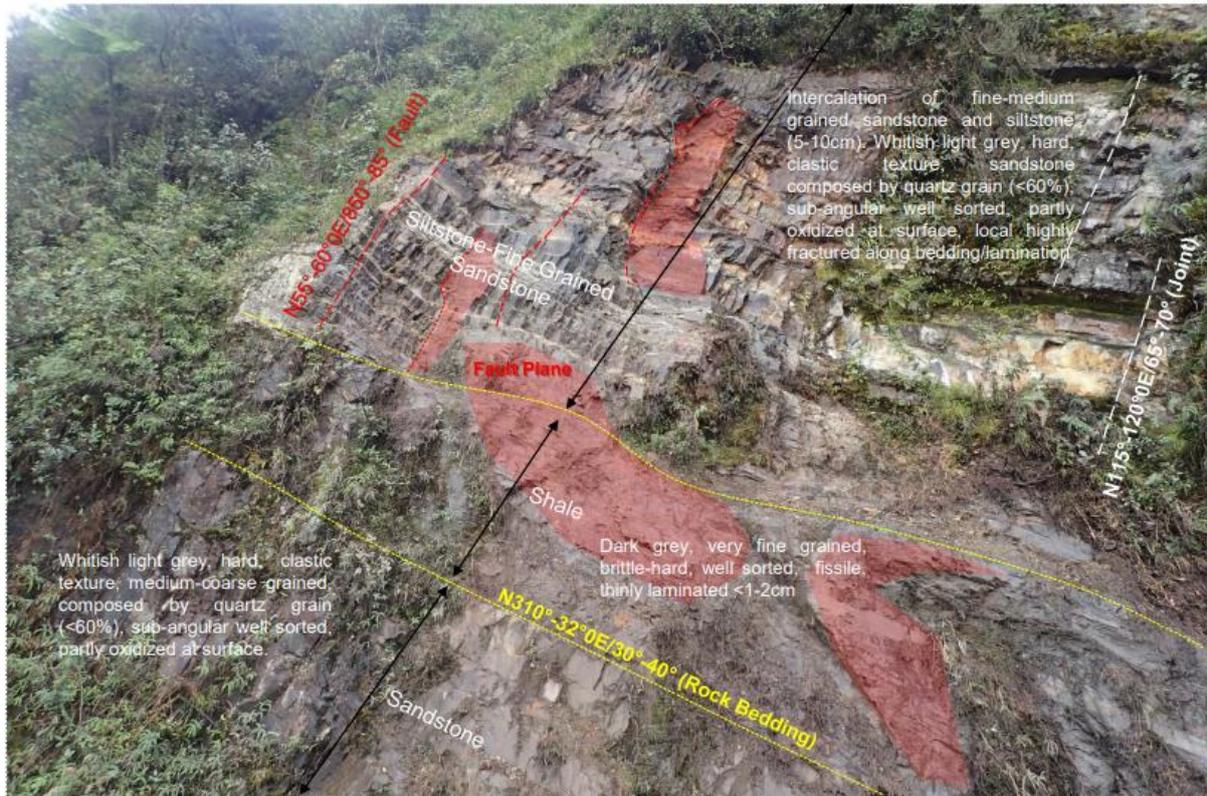
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

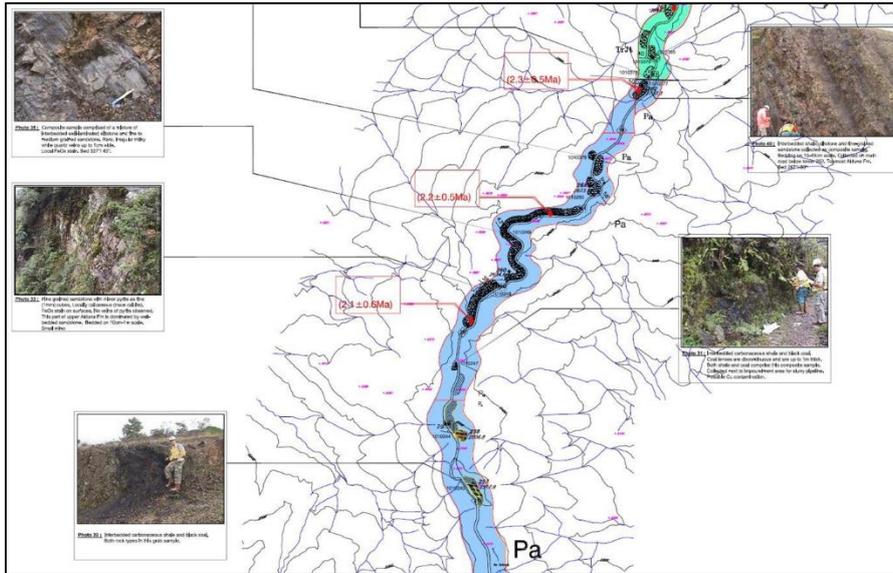
LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Geologi Regional



Lampiran 2 Geology Review MP61,5





PALEOZOIC	Devonian Frasnian	Carboniferous	AIDUNA FORMATION (Pa.)	+ KM 07	+ KM 08	+ KM 09	+ KM 30	+ KM 31	+ KM 32	+ KM 33	+ KM 34	<p>COBBLE CONGLOMERATE</p> <p>Red cobble conglomerate, Cobbles are well-rounded, sized up to 2-3cm and set in coarse sandstone. Possibly this outcrop is part of a large slump block.</p> <p>Red micaceous fine-grained sandstone and siltstone. This is the first occurrence of red beds above the basal conglomerate of the Tipuma Fm. Conglomeratic, micaceous coarse-grained sandstone with sparse pebbles. Massive to thickly bedded on 1-2 meter scale, tan color. Bed 271°/40°.</p> <p>CONGLOMERATE, MICACEOUS, COARSE-GRAINED SS WITH SPARSE ROUNDED PEBBLES; MASSIVE TO THICKLY BEDDED 1-2m SCALE</p> <p>INTERBEDDED SHALE, SILTSTONE, AND SANDSTONE, 10 - 40cm SCALE BEDDING</p> <p>Medium to coarse grained sandstone with pervasive FeOx stain, Brittle folding on scale of 1 meter, Fold hinges cracked,</p> <p>INTERBEDDED LAMINATED SILTSTONE AND SANDSTONE</p> <p>Siltstone and fine to medium grained sandstone. Rare, irregular milky white quartz veins up to 1cm wide, Local FeOx stain, Bed 327°/43°.</p> <p>Fine grained sandstone with minor pyrite as fine (1mm) cubes. Locally calcareous (trace calcite), FeOx stain on surfaces. No veins of pyrite observed. This part of upper Aiduna Fm is dominated by well-bedded sandstone, Bedded on 10cm-1m scale, Small minor,</p> <p>Interbedded carbonaceous shale and black coal, Coal lenses are discontinuous and are up to 1m thick, area for slurry pipeline, Possible Cu contamination,</p> <p>BLACK COAL</p> <p>Black carbonaceous shale, Interbedded black coal plant fragments, locally FeOx,</p> <p>Black coal, Black carbonaceous shale with plant fragments, Bed 306°/64°.</p> <p>BLACK COAL UP TO 1m THICK</p> <p>CARBONACEOUS SHALE WITH PLANT FRAGMENTS,</p> <p>FINE - GRAINED SANDSTONE, RIPPLE MARK</p> <p>LAMINATED MICACEOUS SILTSTONE</p> <p>Laminated micaceous siltstone and fine-grained sandstone at top of Modoc Formation, Ripple marks on bedding plane, shows evidence of slumping,</p> <p>Micaceous sandstone, darkgray-gray, fine grained, thin bedded 1cm-0.5m, locally calcareous with gastropods and corals fossil.</p>

Lampiran 3 Data Hasil Laboratorium Sampel Test Pit

		PT. SUCOFINDO (Persero) Branch Timika GEOTECHNICAL LABORATORY Jl. Kuala Kuningan Kav-D1 LIP, Kuala Kencana Timika - Papua, 99920				
TMK Job No.	: TMK.B01.01464.2022	Geologist	: Agung Yudianto			
Contract	:	Total Sample	: 3			
Project/Dept.	: Mine Closure and Regional Geotech	Type	: Disturbed Sample (DS)			
Location	: MP 61 Road Section	Sent By.	: Agung Yudianto			
Date of Received	: 12-Aug-22	Date of Report	: 6-Sep-22			

Table.1

LABORATORY TEST RESULT						
No. Sample				MP61-01	MP61-02	MP61-03
Depth (m)				0.5	0.5	0.5
Index Properties	symbol	unit				
1.	Dry Density	ρ_d	gr/cm ³	1.39	1.55	1.38
	Sat Density	ρ_{sat}	gr/cm ³	1.55	1.74	1.55
2	Water Content	ω	%	11.22	12.33	12.72
3	Specific of Gravity	Gs	-	2.65	2.72	2.68
	Void Ratio	e	-	0.91	0.75	0.95
	Porosity	n	-	0.48	0.43	0.49
	Degree of Saturation	Sr	%	32.83	44.48	36.00
	Minimum Density	(ρ_{dmin})	gr/cm ³	1.17	1.29	1.22
	Maksimum Density	(ρ_{dmax})	gr/cm ³	1.71	1.98	1.79
4	Liquid Limit	LL	%	33.9	17.3	21.8
	Plastic Limit	PL	%	19.5	16.2	17.1
	Plasticity Index	PI	%	14.3	1.0	4.7
	Classification			CL-ML	CL-ML	CL-ML
5	Grainsize	Cobbles	%	0.00	0.00	0.00
		Gravel	G	56.79	63.21	56.18
		Sand	S	40.83	34.46	40.38
		Silt	M	2.30	2.26	3.33
		Clay	C	0.08	0.08	0.12
		Pass #200		2.39	2.34	3.44
6	Permeability (Koeff Permeability)		cm/s	1.89E-05	2.06E-05	1.20E-05
7	Modified Compaction					
	Optimum Moisture	ω_{opt}	%	13.50	9.50	10.50
	Max Dry Density	$\gamma_{dry\ max}$	gr/cm ²	1.85	2.03	1.95
8	Direct Shear					
	Kohesi	c	kg/cm ²	0.046	0.026	0.076
	Sudut Geser Dalam	ϕ		28.31	32.08	19.39
9	Maximum Strength	σ	kg/cm ²	1.19	0.58	0.33
	Elastisitas Modulus	E	kg/cm ²	72.00	61.72	26.18
10	Soil Description	Well graded gravel with sand, plastic, trace of silt & clay				
		Poorly graded gravel with sand, plastic, trace of silt & clay				
		Well graded gravel with sand, plastic, trace of silt & clay				

Scheme :		Test Amount	Test by,	Check by,
1	ASTM D 2216	Moisture Content	3 Sample	
2	ASTM D 422	Sieve Analysis	3 Sample	
3	ASTM D 422	Hydrometer	3 Sample	
4	ASTM C 2937	Density	3 Sample	Sudirman
5	ASTM D 4318	Atterberg Limit	3 Sample	Dewantara P.
6	ASTM D 1557	Modified Compaction	3 Sample	Lab Geotech
7	ASTM D 2166	Unconfined Compressive Strength	3 Sample	
8	ASTM D 4253/D 4254	Max-Min Density	3 Sample	
9	ASTM D 2487	Visual Description	3 Sample	
10	ASTM D 854	Specific Gravity	3 Sample	
11	SNI 2435/ASTM D 2434	Permeability Constan Head	3 Sample	
12	ASTM D 3080	Direct Shear	3 Sample	

Lampiran 4 Survey Kondisi Lapangan



Lampiran 4. 1 Kondisi Batuan pada Lokasi Studi

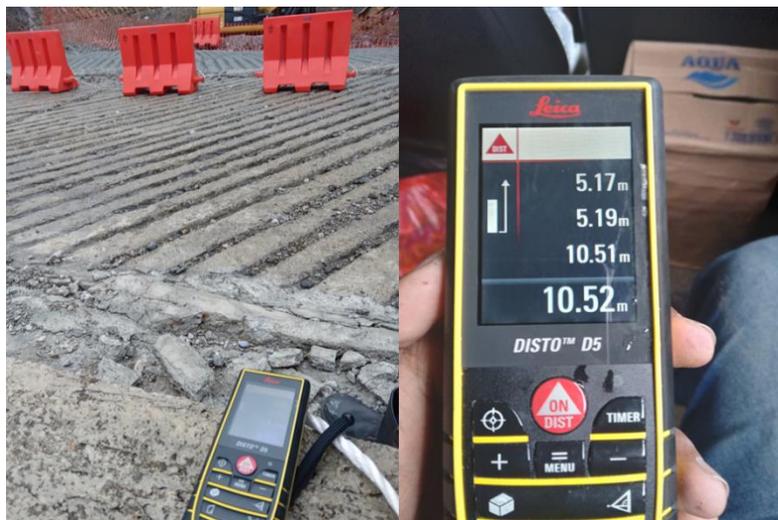


Lampiran 4. 2 Kondisi Crack pada Spoon Drainage dan Perkerasan Jalan

Lampiran 5 Pengambilan Data Primer



Lampiran 5. 1 Pengukuran Panjang Bidang Crack

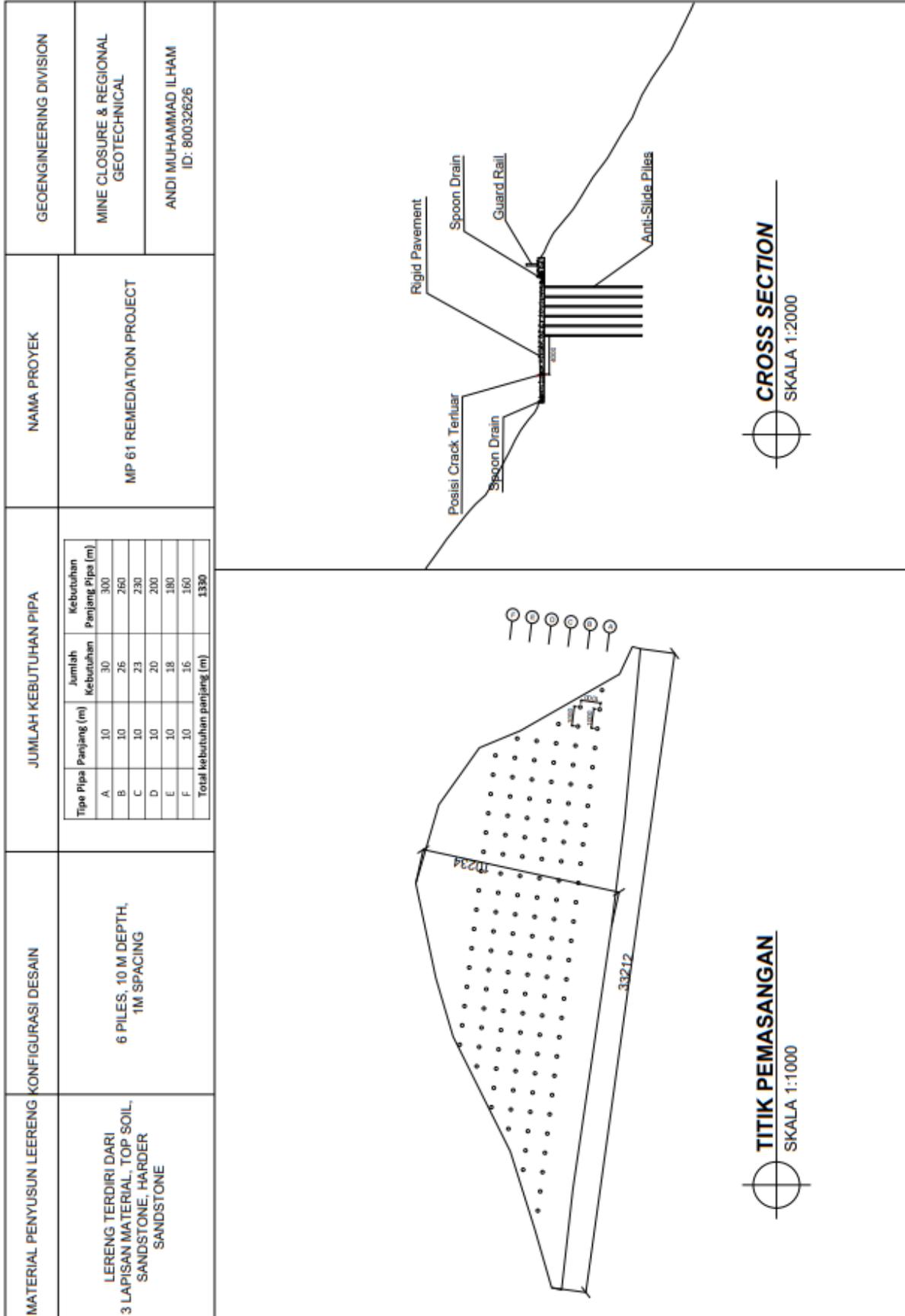


Lampiran 5. 2 Pengukuran Lebar Bidang Crack



Lampiran 5. 3 Sampling Dimensi Pipa Konsentrat di Lapangan

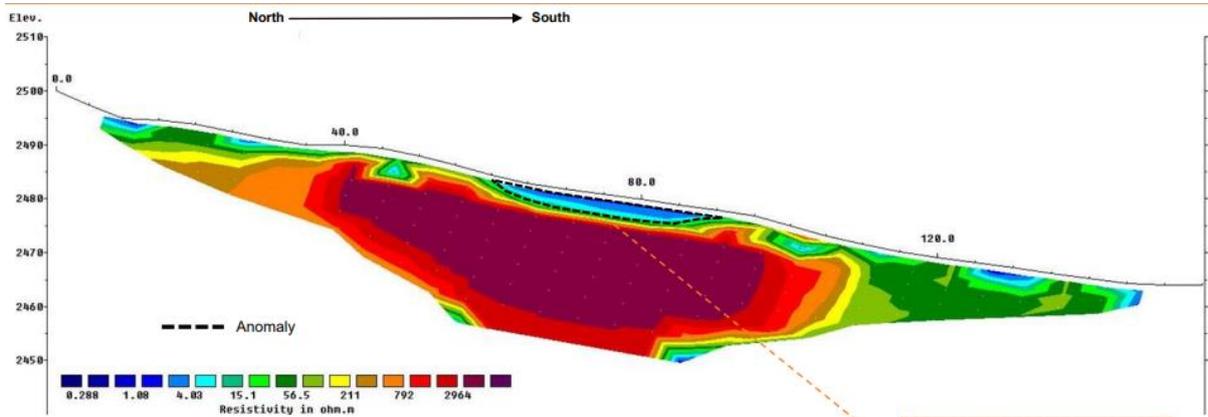
Lampiran 6 Desain Pemasangan Perkuatan Proyek Remediasi MP61



Lampiran 7 Data Displacement Berdasarkan GPS pada Lereng MSR MP61

Tanggal	East	North	Elevatic	Vector of movement (cm)	Adjust Data	Velocity	Inverse Veloci
8/21/22 1:00	1228.959	-1274.8402	440.7599		0.00		
8/21/22 2:00	1228.9653	-1274.8415	440.7782	1.939768027	1.94	19.4007844	0.051544308
8/21/22 3:00	1228.956	-1274.8421	440.7683	0.911975877	0.91	9.119029247	0.109660795
8/21/22 4:00	1228.9506	-1274.8359	440.7569	0.990202	0.99	9.901227898	0.100997574
8/21/22 5:00	1228.9577	-1274.8251	440.7442	2.182177811	2.18	21.82527015	0.045818448
8/21/22 6:00	1228.962	-1274.8285	440.7262	3.5799162	3.58	35.7962983	0.027935849
8/22/22 1:00	1228.9553	-1274.8312	440.7511	1.311983232	1.31	0.690514583	1.448195338
8/22/22 2:00	1228.9628	-1274.8219	440.7768	2.51980158	2.52	25.20204812	0.039679315
8/22/22 3:00	1228.9355	-1274.8156	440.751	3.51656082	3.52	35.16279518	0.02843915
8/22/22 4:00	1228.9492	-1274.8196	440.7811	3.114225425	3.11	31.13976307	0.032113282
8/23/22 2:00	1228.9623	-1274.826	440.7649	1.541200831	1.54	0.700550927	1.427447972
8/23/22 3:00	1228.9579	-1274.8185	440.7307	3.63969779	3.64	36.39406637	0.027477007
8/24/22 0:00	1228.9534	-1274.8402	440.7562	0.671192968	0.67	0.319615699	3.128757452
8/24/22 1:00	1228.9558	-1274.8364	440.7714	1.252717047	1.25	12.52616838	0.079832872
8/24/22 2:00	1228.9609	-1274.8332	440.7846	2.57429602	2.57	25.74707973	0.038839356
8/24/22 3:00	1228.9559	-1274.8382	440.8027	4.29587011	4.30	42.95526468	0.023280033
8/24/22 4:00	1228.9614	-1274.8283	440.783	2.60955935	2.61	26.09350602	0.038323712
8/24/22 5:00	1228.9634	-1274.8242	440.773	2.114166502	2.11	21.14504823	0.047292396
8/24/22 6:00	1228.9561	-1274.827	440.7268	3.575276213	3.58	35.74990214	0.027972105
8/25/22 1:00	1228.962	-1274.8328	440.7758	1.779241411	1.78	0.936438905	1.067875325
8/25/22 2:00	1228.9632	-1274.832	440.7605	0.923255111	0.92	9.234028554	0.108295095
8/25/22 3:00	1228.9417	-1274.8173	440.7319	4.009613448	4.01	40.09292704	0.024942055
8/25/22 4:00	1228.9496	-1274.815	440.7416	3.253136948	3.25	32.52876718	0.03074202
8/26/22 2:00	1228.9672	-1274.8236	440.7826	2.929317327	2.93	1.331517559	0.751022766
8/26/22 3:00	1228.9503	-1274.8153	440.7559	2.667770605	2.67	26.675572	0.037487481
8/26/22 4:00	1228.9662	-1274.8232	440.7818	2.864349839	2.86	28.64120709	0.03491473
8/27/22 2:00	1228.9634	-1274.8161	440.7641	2.485578404	2.49	1.129816582	0.885099419
8/27/22 3:00	1228.9489	-1274.8115	440.7523	3.136016582	3.14	31.3576572	0.031890138
8/27/22 5:00	1228.9551	-1274.8153	440.7351	3.535901582	3.54	17.68021512	0.056560398
8/27/22 6:00	1228.9566	-1274.8228	440.7426	2.465380295	2.47	24.65183081	0.040564938
8/27/22 7:00	1228.9586	-1274.8269	440.768	1.557754795	1.56	15.57630184	0.064200091

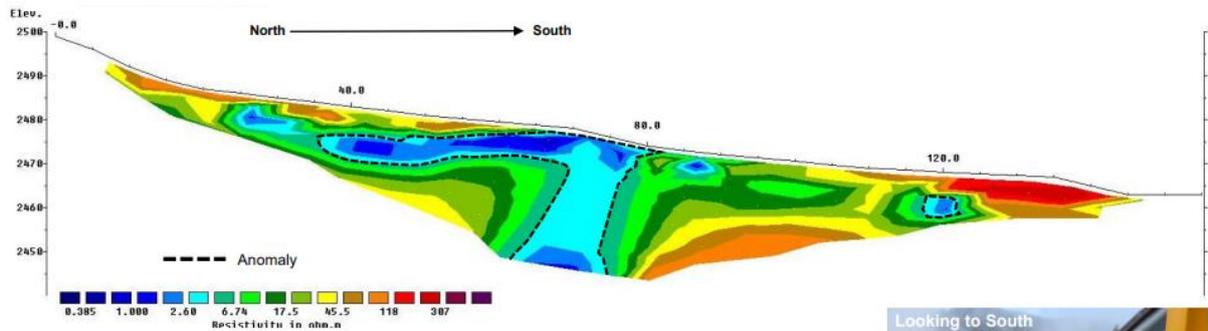
Lampiran 8 Laporan Uji Resistivitas pada MP61



Existing Crack on Line 1 Resistivity



- The average depth of suspected layer saturated water is depth around 0–5m that indicated by the presence of low resistivity layers with value range 0.2 – 4 ohms meter that showed by the blue to dark blue color (for actual lithology types can refer to geological data is water ground inside to Alluvial)
- In line measurement distance 60m – 80m from north, There was found the very low resistivity zone indicated **layer concern at depth around 0–5m** and overlaid with crack line zone appears on MP61.



- The suspected layer saturated water is indicated by the presence of low resistivity layers with value range 0.3 – 4 ohms meter that showed by the blue to dark blue color (for actual lithology types can refer to geological data is water ground inside to Alluvial)
- In line measurement distance 35m – 80m There was found the very low resistivity zone indicated **layer concern at depth until bottom**

Lampiran 8 Prosedur Pembuatan TARP MLA Roxk Slide BC#36 Area

	Level 1: Acceptable	Level 2: Non-Urgent Action	Level 3: Urgent Action Required
CRITERIA	- No rainfall event (1 mm/hr) <u>or</u> 0 mm/15min <u>or</u> - No radar deformation	- If Rainfall station measured $1 < x < 5$ mm/hr <u>or</u> - If radar deformation $1 < x < 3$ mm/hr, <u>or</u> - If rainfall station Down	- If Mill or GBT rainfall station measured ≥ 5 mm/hr <u>or</u> - If radar deformation ≥ 3 mm/hr (contiguous 4px) <u>or</u> - If radar coherence < 0.4 (contiguous 4px) <u>or</u> - If instability issue reported to GIMC (Notes: CGT will confirm to GIMC after receiving the instabilities description and/or photo event reporter) to confirm TARP activation. - If all rainfall station Down and radar offline and rainfall occurred.
GIMC	- No action required.	- No action is required. - Continue monitoring. - Be aware of yellow alert.	- Notify red alert (to close MLA Rockslide BC#36 Area) to Command Center and Civil Geotech engineer. - Notify red alert (to close MLA Rockslide BC#36 Area) to Mill Operation Team
Command Centre	- No action is required.	- No action is required. - Be aware of yellow alert.	- Notify red alert to CMP Control.
UG Dispatch	- No action is required.	- No action is required. - Be aware of yellow alert.	- Notify red alert to UG Rescue. - Notify red alert to UG DMLZ Construction

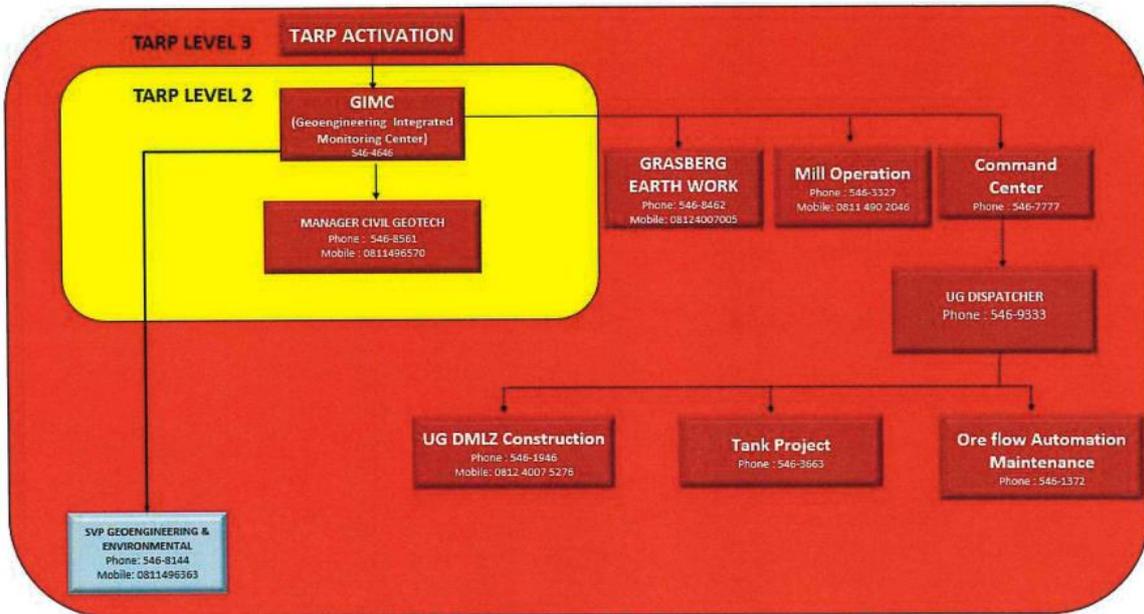
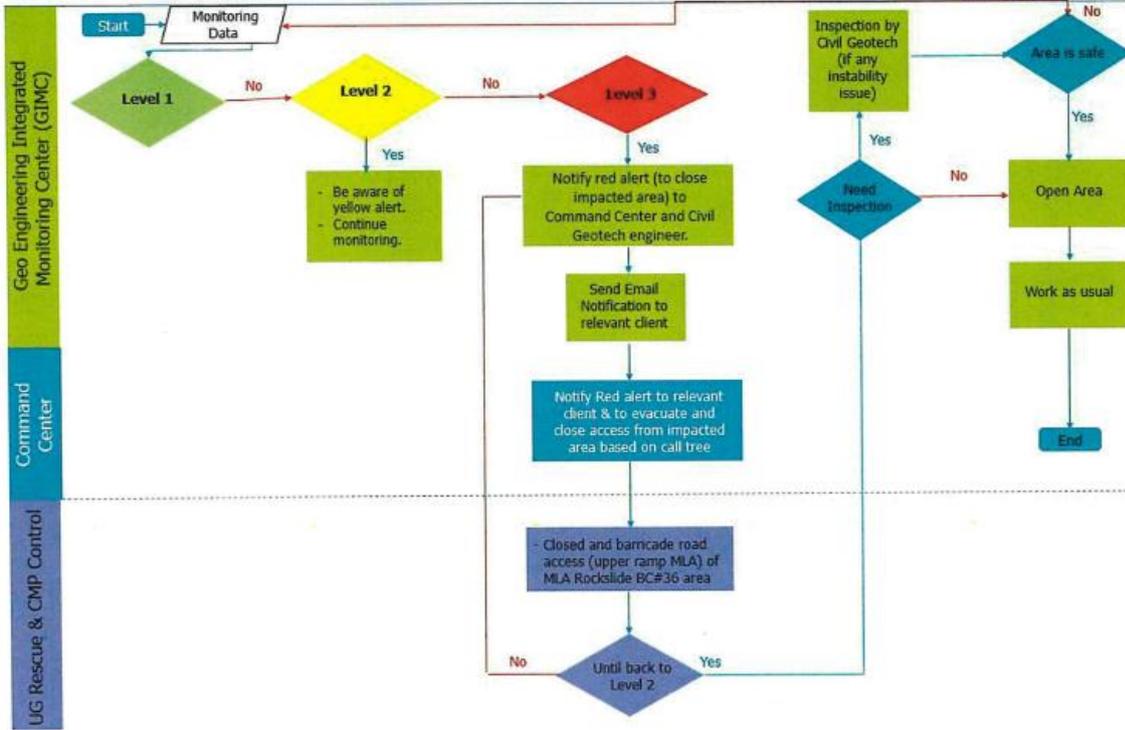
			- Notify red alert to Ore flow automation maintenance. - Notify red alert to Water Tank Project
UG Rescue	- No action is required.	- No action is required. - Be aware of yellow alert.	- To close and barricade road access (upper ramp MLA) of MLA Rockslide BC#36 area.
Civil Geotech	- No action is required	- No action is required. - Be aware of yellow alert.	- No action is required. - Be aware of red alert. Note: Undertake inspection if any geotechnical instability issue at MLA Rockslide BC#36 Area.

APPENDIX

- 1 – TARP Protocol Workflow in BC#36 Area
- 2 – Call Tree BC#36 Area
- 3 – Hazard map for MLA area
- 4 – Evacuation Route Map for MLA BC#39 area
- 5 – Scan Coverage Radar SSR#139
- 6 – Field & Aerial Inspection Photos Based on Landslide Event at March 16th, 2023
- 7 – Flow Chart Troubleshooting Data Transfer Issue
- 8 – Flow Chart Troubleshooting Photograph Issue
- 9 – Flow Chart Troubleshooting Signal Strength Issue

TARP Workflow

BC#36 Area



GCSP Weekly Projects Summary Update
As of 18 March 2023

GCSP PROJECTS - INFRASTRUCTURE				
NO	PROJECT	PROGRESS	COMPLETION TARGET	PAGE
1	MP54.8 Guardrail Installation	2.13%	Oct 2023	2
2	MP56 Slope Remediation	20.85%	Jul 2023	3
3	MP61 Slope Cutting and Road Widening	44.93%	Jun 2023	4
4	MP66 Hidden Valley Park Slope Remediation	72.41%	May 2023	5
5	MP68 Drainage Improvement at Borobudur Ex-Trash Dump Area	56.14%	May 2023	6
6	MP68 Drainage Improvement Between Prambanan 492 to Water Tank Borobudur	51.94%	May 2023	7
7	MP73 Drainage and Guard Rail Phase #4	98.37%	Mar 2023	8

1. MP54.8 Guardrail Installation (As of 18 March 2023)

Project Scope of Works:

- Build permanent concrete guard rails at MP54,8 total 364 meters length on West side single post
- Construct concrete foundation and concrete drainage between concrete road and guard rail
- Fabrication and install Post Fence every 2 meters distance using H-Beam (West side single post 182 each)
- Install W-beam/ profile – 3 layers each c/w finish Paint (yellow-black lines sign)
- Install Wire sling diameter 1½" – 3 layers each c/w wire rope clip to tighten

Project Cost: Budget = \$600,247 ; Actual = \$34,271

Project Schedule: W1 Mar – W4 Oct 2023

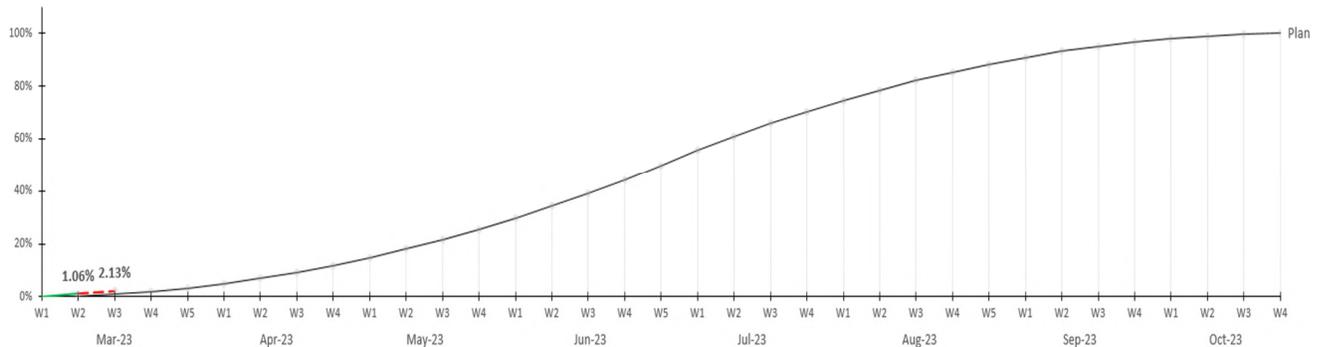
Project Progress:

As of 18 March 2023, project progress is 2.13%. Team has excavated 30m (out of 364m) length and set 17m (out of 364m) length rebar. Team has installed 9 each (out of 182 each) single post H-Beam. Team has concreted 8m (out of 364m) length guardrail foundation.

Action Plan (next 2 weeks)

- Continue excavation, rebar setting, formwork and pouring concrete

S-Curve:



Photo(s):



MP54,8 Single Post Installation on Guard Rail

3. MP61 Slope Cutting and Road Widening (As of 18 March 2023)

Project Scope of Works

- Clearing 800m² (80mx10m) existing vegetation – completed
- Excavate and haul material 6700m³ – completed
- Demolished spoon drainage 50m length
- Install 80 each pile that have minimum 12m depth (160 pile segments) and spacing piles 1.5m include welding on pile segments jointing
- Construct 115m length retaining wall c/w whip hole
- Construct 115m length concrete road
- Construct 115m length spoon drainage

Project Cost: Budget = \$ 491,387; Actual = \$ 141,555

Project Schedule: W5 Sept 2022 – W4 June 2023

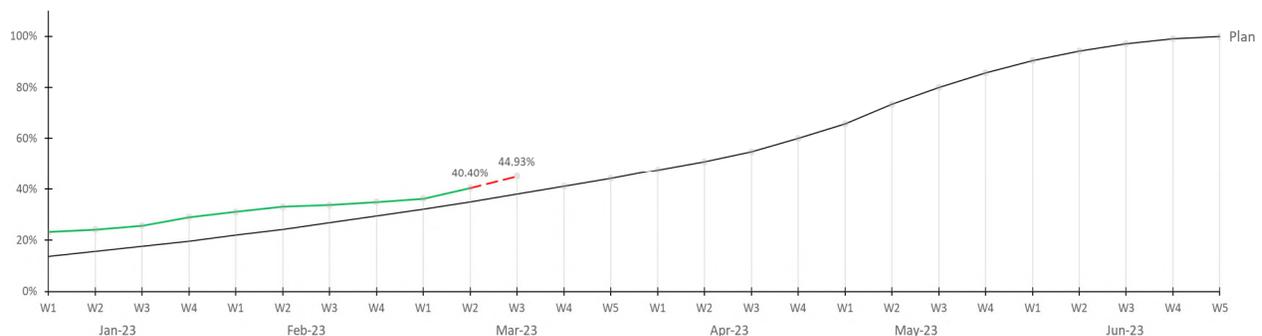
Project Progress:

As of 18 March 2023, project cumulative progress is 44.93%. Amount of 115m length of retaining wall base ground has been excavated and compacted. Team is in progress to set rebar of 46m (out of 115m) length foundation of retaining wall, 37m (out of 115m) length retaining wall, 46m (out of 115m) length spoon drainage, and 25m (out of 115m) length of concrete road. Team has concreted 39m (out of 115m) length retaining wall foundation, 30m (out of 115m) length retaining wall, 39m (out of 115m) length spoon drainage, and 20m (out of 115m) concrete road.

Action Plan (next 2 weeks)

- Rebar setting, formwork and pouring concrete for retaining wall, spoon drainage, and concrete road

S-Curve:



Photo(s):



Pouring concrete for Spoon drainage
(Facing South)



Formwork & Rebar Setting for Concrete
Wall (Facing North)

4. MP66 Hidden Valley Park Slope Remediation (As of 18 March 2023)

Project Scope of Works

- Dismantle fencing (90m) and pole lighting (3 ea) on the existing surface slope
- Excavation and mobilization existing materials on site (4,000m³)
- Install 180 each pile that have minimum 10m length (500 pile segments) include welding on pile segments jointing – **completed**
- Installation of horizontal welded connection between piles (326 each) – **completed**
- Demolished 900m² existing of concrete slab using rock breaker (thick 300mm)
- Demolished of 60m length concrete of retaining wall (thick 300mm) – **completed**

Project Cost: Budget = \$ 303,944; Actual = \$ 127,328

Project Schedule: W1 Sep 2022 – W2 May 2023

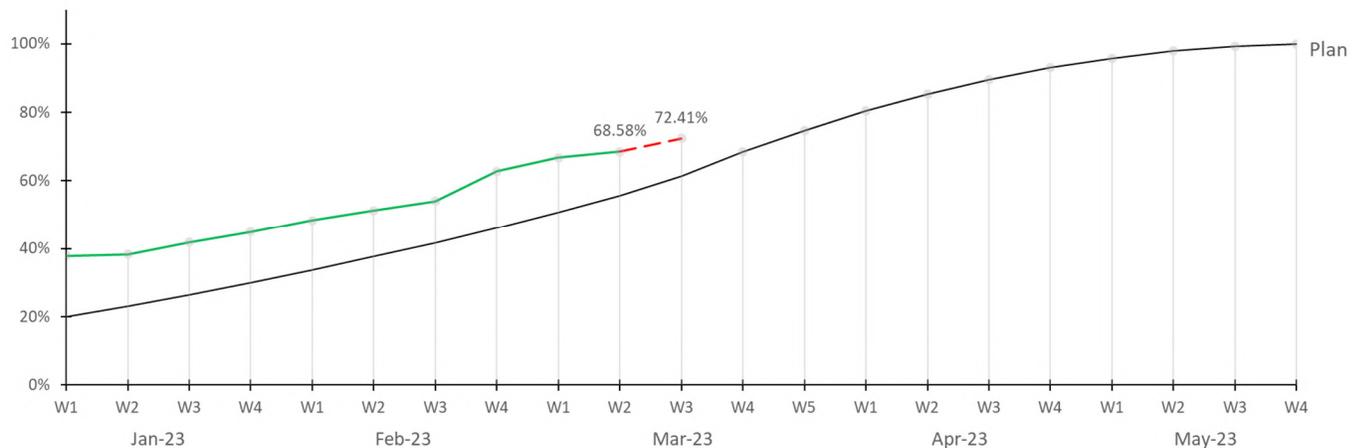
Project Progress:

As of 18 March 2023, actual progress is 72.41%. Team has excavated and hauled 57 lots (684m³) slope materials to cut existing slope. Team has completed 326 each horizontal welded connection between piles and installed 500 each pile segment on existing slope. Amount 60m length concrete of existing retaining wall and 530m² out of 900m² existing of concrete slab using rock breaker has been demolished.

Action Plan (next 2 weeks)

- Continue to demolish old concrete slab and haul excavated material

S-Curve:



Photo(s):



Old Concrete Slab Demolished



Demolished Material Hauling

5. MP68 Drainage Improvement at Borobudur Ex-Trash Dump Area (As of 18 March 2023)

Project Scope of Works

- Install 34m length of concrete cross drainage (width 2600mm height 1600mm) c/w heavy duty grating
- Install 8m length half corrugated culvert dia. 1500mm on slope - **completed**
- Construct 19m length of concrete of retaining wall (1.7m width, 3.5m height)
- Construct 1 each concrete inlet main hole (dim. 1.4mx1.4mx1.1m depth c/w screen)
- Construct 20m length of spoon drainage (width 700mm, height 700mm) - **completed**
- Install 20m length geo-membrane on slope
- Install 4 each new lighting fixture c/w pole and foundation and connect to existing lighting beside concrete road - **completed**

Project Cost: Budget = \$ 541,752; Actual = \$ 191,339

Project Schedule: W2 Dec 2022 – May 2023

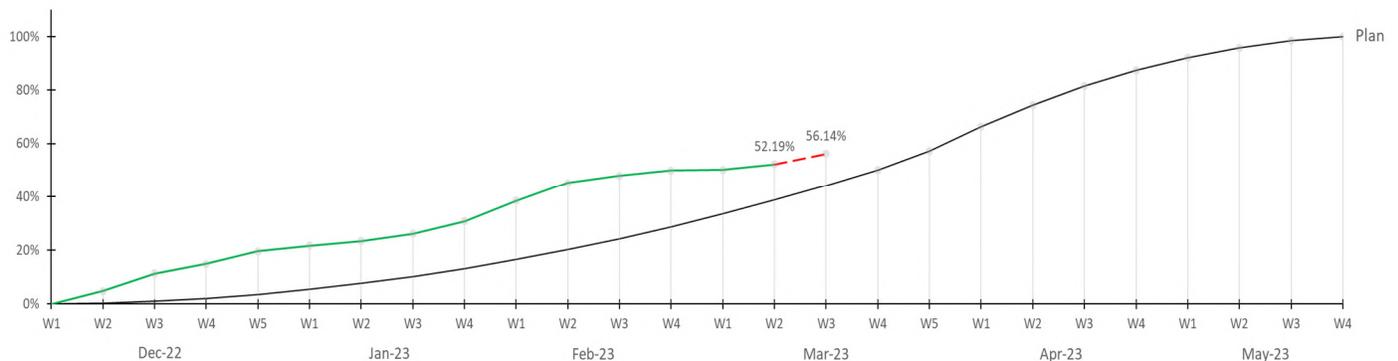
Project Progress:

As of 18 March 2023, actual progress is 56.14%. Team has fabricated and mobilized 34 each of precast concrete cross drainage to site and installed 32 out of 34 each precast. Amount 32m out of 34m length rebar and form work have been completed for concrete drainage preparation. Amount 28m out of 34m length onsite concrete of cross drainage has been completed. Team has fabricated 1 unit screen for inlet manhole.

Action Plan (next 2 weeks)

- Continue rebar setting, formwork and pouring concrete

S-Curve:



Photos(s):



Excavation of cross drainage area
(Facing South)



Onsite Concrete Preparation
(Facing South)

6. MP68 Drainage Improvement Between Prambanan 492 to Water Tank Borobudur (As of 18 March 2023)

Project Scope of Works

- Demolished existing fence (60m length x 1.5m height)
- Surface chipping on existing concrete drainage (88m length x 30cm depth, thick 30cm)
- Concrete drainage extension (1m height x 88m length, thick 30cm)
- Install 8m length half corrugated culvert dia. 1500mm on slope
- Install 12m length of cross drainage (2m width x 1.6m height) c/w heavy duty grating (1.5m width)
- Construct 1 unit concrete inlet main hole (dim. 2mx1.5mx1.5m depth c/w screen)
- Construct 130m length of spoon drainage (width 700mm, height 700mm)

Project Cost: Budget = \$ 541,752; Actual = \$ 176,022

Project Schedule: W1 Jan 2023 – May 2023

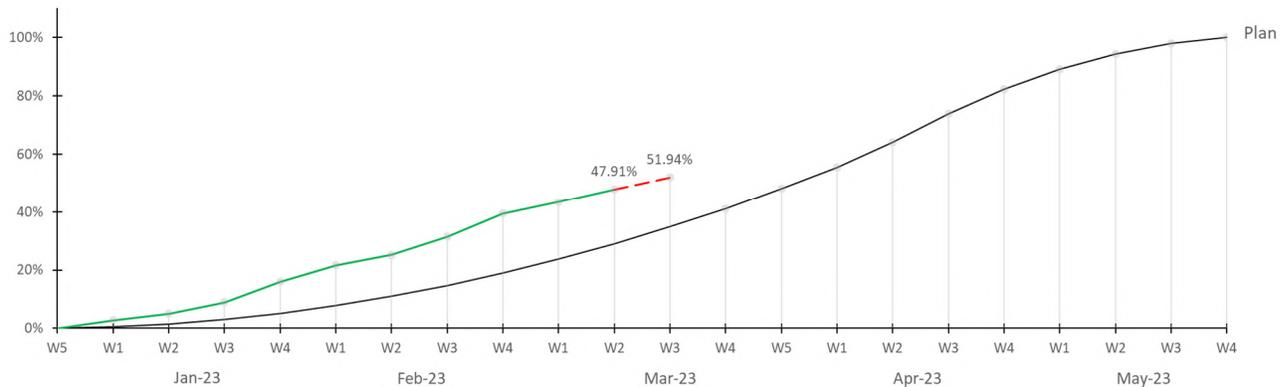
Project Progress:

As of 18 March 2023, actual progress is 51.94%. Team has completed 88m length surface chipping on existing concrete drainage, completed demolished 49m length existing fence, prepared 80m out of 88m length rebar and form work, and concreted 75m out of 88m length for existing drainage wall extension behind House #492. Team has set 125m out of 130m length rebar and form work and concreted 125m out of 130m spoon drainage.

Action Plan (next 2 weeks)

- Continue concrete works

S-Curve:



Photos(s):



Formwork & Rebar Setting for Retaining Wall (Facing East)



Formwork & Rebar Setting for Retaining Wall (Facing East)

7. MP73 Drainage and Guard Rail Phase #4 (As of 18 March 2023)

Project Scope of Works

- Construct 18m length double post permanent concrete guard rails at West side
- Construct 152m length single post permanent concrete guard rails at West Side - **completed**
- Install 2 layers W-beam – both side c/w finish paint (yellow black lines sign)
- Construct 170m length spoon drainage between guardrail and road
- Install Wire sling diameter 1½" – 2 layers on both side each c/w wire rope clip to tighten

Project Cost: Budget = \$ 266,388 (UG); Actual = \$ 143,562

Project Schedule: W1 Sep 2022 – W4 Mar 2023

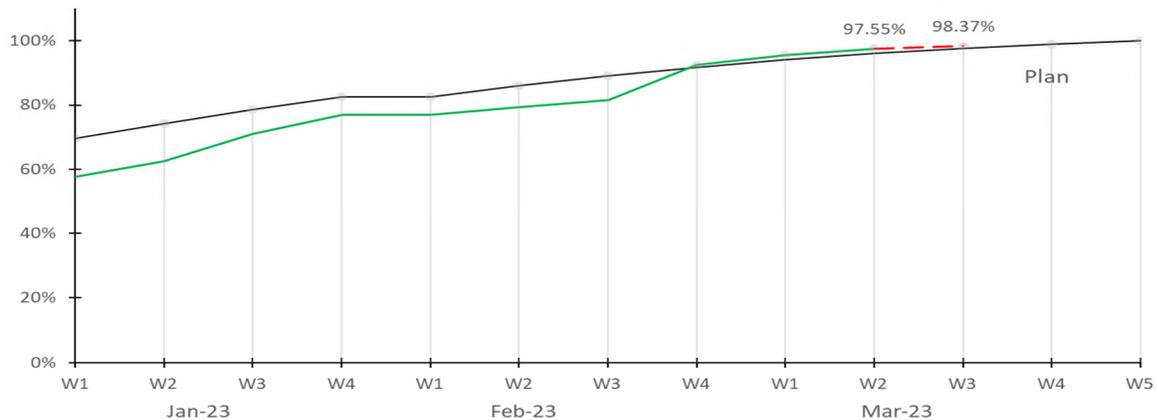
Project Progress

As of 18 March 2023, project progress is 98.37%. Team has completed safety improvement around project area that consist of rigid concrete barrier installation, additional sand as speed absorber, working procedure improvement, internal drill, and re-published interoffice memo as reminder to road users. Amount of 77 each single post H-Beam and 10 each double post H-Beam has been fabricated and mobilized for guardrail post. Team has excavated 170m length and set 166m out of 170m length rebar and form work for guardrail foundation, 166m out of 170m length guardrail foundation and 166m out of 170m length spoon drainage have been concreted. Amount 328m out of 344m length W Beam and 328m out of 344m length sling has been installed.

Action Plan (next 2 weeks)

- Continue excavation, install precast H-Beam, rebar setting and form work
- Continue pouring concrete

S-Curve:



Photo(s):



Last Section Drainage & Guard Rail
Excavation (Facing South)



Drainage & Guard Rail
(Facing South)

PTFI Office Building
Kotak Pos 2072
Tembagapura 99930
Papua, Indonesia

Plaza 89, Lt. 5
Jl. H.R. Rasuna Said Kav. X7 No.6
Jakarta 12940, Indonesia
Website : www.ptfi.co.id

Telephone : (62) 901-407900
Fax. : (62) 901-404740

TO WHOM IT MAY CONCERN

This is to certify that

ANDI MUHAMMAD ILHAM

NRP: 03111940000041

A student of **Institut Teknologi Sepuluh Nopember** conducted a practical work in **Geo Engineering Division** PT Freeport Indonesia, a copper and gold mine in Papua. During the final practical work, student has conducted the final project on;

**"Remediasi Lereng Menggunakan Material Bekas Pipa Konsentrat
Studi Kasus: MSR Mile Post 61 PT Freeport Indonesia"**

This is also to testify that during the 3 (three) months of practical from February 7th, 2023, to May 7th, 2023, the student has gained appraisal from the Division in which the student did the practical work. Thereby, it is also believed that the knowledge acquired during that period will tremendously contribute to the student's study completion.

We wish the student all the best and good luck for the future.

Tembagapura, May 7th, 2023


PT FREEPORT INDONESIA
Farel Ukung
Manager Technical Development
Learning & Organizational Development Division

PTFI Office Building
Kotak Pos 2072
Tembagapura 99930
Papua, Indonesia

Plaza 89, Lt. 5
Jl. H.R. Rasuna Said Kav. X7 No.6
Jakarta 12940, Indonesia
Website : www.ptfi.co.id

Telephone : (62) 901-407900
Fax. : (62) 901-404740

SURAT KETERANGAN TELAH SELESAI MAGANG
004/Int-KP/L&OD-CPM/II/2022-2023

Tembagapura, 7 Mei 2023

Kepada Yth,
Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc
Kepala Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Di – Surabaya

Dengan hormat,

Bersama dengan surat ini kami informasikan bahwa *Internship Student* dibawah ini telah menyelesaikan magang di Divisi **Geo Engineering** PT Freeport Indonesia selama 3 (tiga) bulan terhitung sejak tanggal, 7 Februari 2023 sampai dengan tanggal, 7 Mei 2023. *Internship Student* yang dimaksud:

Nama : Andi Muhammad Ilham
NRP : 03111940000041
Departemen : Teknik Sipil
Judul *Project* : Remediasi Lereng Menggunakan Material Bekas Pipa Konsentrat
Studi Kasus: MSR Mile Post 61 PT Freeport Indonesia

Demikian kami sampaikan agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya dan kami ucapkan terimakasih atas perhatiannya kepada PT Freeport Indonesia.

Hormat kami,
PT Freeport Indonesia,


 **PT FREEPORT INDONESIA**
Fareh Ukung
Manager Technical Development
Learning and Organizational Development Division

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

No	Date (DD/MM/YY)	Clock In (HH:MM)	Clock Out (HH:MM)	Activity	Description	Supervisor Signature
1	6/2/2023	7:30	16:30	General Induction PT Freeport Indonesia	Pengenalan, pembekalan dan pelatihan terkait safety dan prosedur kerja pada seluruh site Pekerjaan PTFI. Kegiatan ini merupakan pembekalan umum bagi mahasiswa magang, karyawan baru, visitor dll yang akan berkegiatan di site PTFI.	
2	8/2/2023	7:00	16:30	- Pengenalan kepada staff departemen - Penyampaian rencana kegiatan magang dan scope kegiatan - Spotter Induction	- Pengenalan kepada mentor dan project yang akan diikuti selama melakukan magang di departemen mine closure & regional geotechnical. - Mengikuti pelatihan safety, spotter dan pengaturan lalu lintas sebagai spotter.	
3	9/2/2023	7:00	16:30	- Pengambilan data dimensi pipa konsesnat. - Pengambilan data dimensi pipa pada area hidden valley - Pengamatan proses pemancangan pada area hidden valley	- Pengambilan data primer berupa tebal dan diameter material bekas pipa konsentrat di area hidden valley. Adapun alat yang digunakan berupa jangka sorong dan penggaris skala. - Pengolahan beberapa data yang telah diambil - Pengamatan pada proses pemancangan pada area hidden valley. Mengamati proses pemancangan, material, dan peralatan yang digunakan.	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

4	10/2/2023	7:00	16:30	<ul style="list-style-type: none"> - Pengumpulan data tambahan material pipa - Trial perkuatan dan perhitungan section properties dari pipa konsentrat 	<ul style="list-style-type: none"> - Data material pipa yang diperoleh merupakan data sekunder meliputi jenis pipa, dimensi pipa baru, dan mutu baja yang digunakan. - Perhitungan section properties dari dimensi pipa yang telah didapatkan - Melakukan trial untuk melihat kenaikan angka kemandanan pada suatu lereng dan kemampuan pipa dalam menahan beban. 	
5		7:00	16:30			
6		7:00	16:30			
7		7:00	16:30			

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

No	Date	Clock In	Clock Out	Activity	Description	Supervisor
	(DD/MM/YY)	(HH:MM)	(HH:MM)			Signature
1	13/2/2023	7:00	16:30	Mengikuti Kegiatan Inspeksi TARP pada MP 58 - MP64	TARP sendiri terdiri dari :Trigger, Action, Respon Plan. Dimana terdapat parameter yang menjadi trigger pada beberapa jobsite PTFI, bagaimana aksi dan rencana penyelesaiannya. Trigger pada MP58-64 adalah curah hujan, dan dilakukan action berupa inspeksi pada area tersebut.	
2	14/2/2023	7:00	16:30	Pengumpulan data sebagai bahan dalam analisis stabilitas lereng pada MP61	Data awal yang dikumpulkan adalah data topografi pada area yang mengalami crack, hasil uji lab pada sampel permukaan tanah, dan hasil uji resistivitas. Setelah itu, dilakukan analisis stabilitas tanah menggunakan program bantu GeoStudio.	
3	15/2/2023	7:00	16:30	Underground General Induction	Kegiatan pengenalan & pembekalan terkait SOP dan K3 pada lokasi kerja tambang bawah tanah PTFI.	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

4	16/2/2023	7:00	16:30	Inspeksi Rencana pembuatan railguard & DPT pada MP56 serta inspeksi pada MP61 terkait pembuatan spun drainage	Melakukan kegiatan pengukuran pada area tersebut dan lokasi crack pada MP61. Didapatkan kebutuhan DPT pada MP56 sisi timur +- 30 meter. Pembuatan spun drainage sudah berada di tahap pengecoran.	
5	17/2/2023	7:00	16:30	Melakukan Back Analisis terkait project perbaikan lereng pada MP61	Back Analisis dilakukan dengan mensimulasikan bidang gelincir pada program bantu yang digunakan hingga mendapatkan hasil serupa dengan kondisi aktual. Simulasi dilakukan dengan beberapa kondisi dan mengubah material properties tanah.	
6		7:00	16:30			
7		7:00	16:30			

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

No	Date (DD/MM/YY)	Clock In (HH:MM)	Clock Out (HH:MM)	Activity	Description	Supervisor Signature
1	20/2/2023	7:00	16:30	Back Analysis terkait penyelesaian isu geoteknik pada MP61	Dilakukan back anlysis pada beberapa kondisi dan dilakukan pada setiap sampel pengujian (hasil uji pit test 2022). Analisis dilakukan pada Dry Condition dan dengan GWT -5m berdasarkan data hasil resistivity test.	
2	21/2/2023	7:00	16:30	Sampling Dimensi Pipa konsentrat dan inspeksi reguler pada are Hidden Valley	Pengukuran dimensi pipa menggunakan jangka sorong dengan total data 29 pipa, karena keterbatasan material pipa di lapangan. Inspeksi dilakukan pada beberapa drainase pada area hidden valley.	
3	22/2/2023	7:00	16:30	Pengolahan Data Hujan & Back Analysis Lanjutan	Data Hujan yang diolah merupakan data 2 tahun terakhir dari stasiun hujan terdekat (MP62). Perhitungan beban pada jalan juga dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap stabilitas Lereng.	
4	23/2/2023	7:00	16:30	Drone Inspection	Inspeksi dengan menggunakan drone dilakukan pada area Mill dan CIP. Hasilnya tidak ditemukan isu geoteknik baru pada kedua area tersebut.	
5	24/2/2023	7:00	16:30	Penyelesaian Back Analysis dan Presentasi Progres Magang	Parameter didapatkan dari back analisis pada 4 simulasi, baik dry condition dan wet condition. Telah dilakukan pula presentasi pada mentor dan beberapa staff departemen.	

WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM PT FREEPORT INDONESIA

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

No	Date (DD/MM/YY)	Clock In (HH:MM)	Clock Out (HH:MM)	Activity	Description	Supervisor Signature
1	27/2/2023	7:00	16:30	RTH Inspection pada area Hidden Valley	Inspeksi dilakukan untuk memantau progress pekerjaan, berada pengelasan horizontal pile. Pada area pekerjaan tidak ditemukan ponding, crack pada <i>retaining wall</i> , atau isu geoteknis lainnya.	
2	28/2/2023	7:00	16:30	Pengolahan data InSAR & Pile Modeling	Data InSAR diolah untuk mengverifikasi slip surface dari kelongsoran yang mungkin terjadi. Setelah didapatkan bidang longsor yang sesuai, dilakukan pile modeling untuk mendapatkan kenaikan safety factor dari lereng yang dianalisis.	
3	1/3/2023	7:00	16:30	Analisis Lapisan tanah	Karena hasil dari modeling pile dengan 1 lapisan tanah dinilai kurang memuaskan, maka dilakukan analisis terhadap lapisan tanah. Dengan memanfaatkan data resistivity, dilakukan korelasi terhadap nilai resist dan jenis batuan. Lalu dilakukan back analysis untuk mendapatkan parameter dari lapisan batuan tersebut.	
4	2/3/2023	7:00	16:30	Inpection on Mill Area, Town Area (Prambanan-Brobudur)	Inspeksi dilakukan dengan menggunakan drone untuk area stream 5 dan conveyor 36,38. Untuk recovery area lainnya dilakukan dengan pengamatan langsung untuk mendapatkan ground photo.	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

5	3/3/2023	7:00	16:30	GPR Test pada area Mill atas power plan & Sensitivity Analysis	GPR Tes dilakukan pada sebagian area dari beberapa area yang diminta. Hal ini dikarenakan pada area lereng dinilai tidak aman untuk dilakukan GPR Test (lereng terlalu curam dan ditumbuhi lumut).	
					Pile modeling dilakukan pada lereng dengan lapisan yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah itu dilakukan sensitivity terhadap desain pile yang digunakan.	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPOR INDONESIA**

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

No	Date (DD/MM/YY)	Clock In (HH:MM)	Clock Out (HH:MM)	Activity	Description	Supervisor Signature
1	6/3/2023	7:00	16:30	Seismic Condition Analysis	Analisis stabilitas lereng pada kondisi seismic. Dengan mengacu pada SNI 4860:2017, periode ulang gempa pada lereng dengan perkuatan tiang tidak ditentukan, sehingga dilakukan pendekatan melalui beberapa periode ulang, adapun periode ulang yang dipakai adalah periode ulang 1000 tahun dan 2500 tahun (SNI 1726:2019) dengan variasi PGA 0.3 - 0.513g. Menentukan parameter gempa lainnya yang akan menjadi input dalam Quake /W (parent analysis dari Slope /W).	
2	7/3/2023	7:00	16:30	Modeling Pile in Seismic Condition	Modeling pada kondisi seismic dilakukan pada wet condition & dry condition. Dari beberapa model, didapatkan keruntuhan desain ideal pada lereng dengan nilai PGA tinggi pada wet condition. Jumlah tiang ditentukan tidak lebih dari 8, sehingga untuk mendapatkan angka keamanan yang dikehendaki, diperlukan penanganan terhadap drainase agar dry condition dapat tercapai.	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

3	8/3/2023	7:00	16:30	Work Office & Mengenal bagian-bagian GPS sebagai instrumen monitoring geoteknik	Salah satu instrumen yang digunakan dalam monitoring geoteknik adalah GPS, dimana GPS yang dipasang tidak hanya terdiri dari antena dan <i>reciver</i> saja, melainkan terdapat perangkat pendukung seperti baterai dan panel surya sebagai sumber energi, serta <i>cage box</i> dan gembok untuk mengamankan satu set GPS yang telah terpasang. Dilakukan juga kalibrasi saat pemasangan di lapangan, untuk melihat apakah perangkat GPS yang terpasang telah dapat mengirimkan koordinatnya dan dapat terbaca.	
4	9/3/2023	7:00	16:30	Inspeksi area landfill	Dilakukan inspeksi menggunakan drone pada area landfill, sebagian mill dan cip. Lalu dilakukan ground inspection untuk mengetahui letak dan bentuk dari gua yang dilaporkan oleh pihak <i>security</i> . Hasilnya adalah gua tersebut merupakan bagian dari baru yang menjorok dan digunakan sebagai <i>shelter</i> , sehingga peledakan bukan merupakan satu-satunya opsi penutupan, dapat juga dilakukan penutupan gua dengan pengisian material batu, dan membuat lereng pada area tersebut menjadi semakin curam, sehingga area tersebut tidak dapat digunakan sebagai <i>shelter</i> bagi pendulang.	
5	10/3/2023	7:00	16:30	Presentasi progress pengerjaan project pada MP61	Progress pengerjaan telah pada perbandingan hasil <i>running</i> di setiap kondisi yang ditentukan, tetapi masih terdapat banyak revisi terkait penyajian, urutan pengerjaan, dan dasar yang digunakan atau asumsi yang kurang dimunculkan pada presentasi.	

WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM PT FREEPORT INDONESIA

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

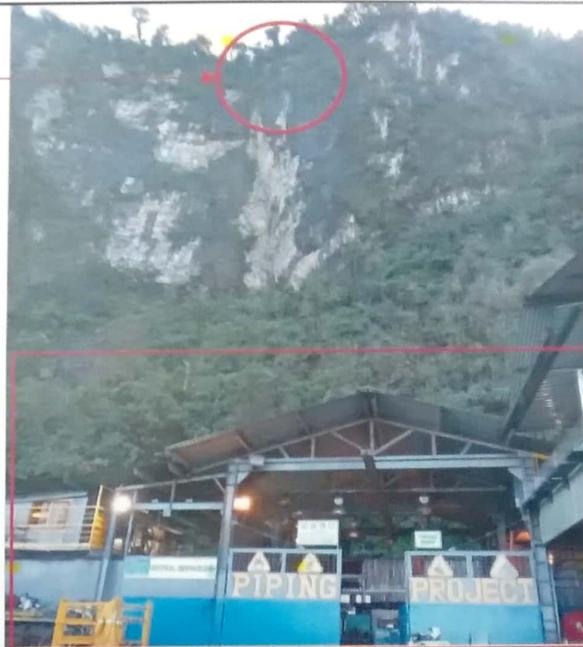
No	Date (DD/MM/YY)	Clock In (HH:MM)	Clock Out (HH:MM)	Activity	Description	Supervisor Signature
1	12/3/2023	7:00	16:30	Revisi bahan presentasi	Revisi terkait penulisan/penyajian presentasi, template, tabulasi, dan font yang digunakan. Selain itu, ditambahkan pula beberapa masukan seperti penyajian peta, letak/posisi crack, serta beberapa data tambahan lainnya	
2	14/3/2023	7:00	16:30	Permodelan tiang dengan asumsi lereng tersusun atas material yang homogen (tanah)	Dimodelkan tiang penahan longsor dengan asumsi lereng terdiri dari 1 material tanah homogen (worst case condition). Didesain tiang dengan spasi, kemiringan, dan kedalaman yang bervariasi.	
3	15/3/2023	7:00	16:30	Pengambilan kesimpulan dan konfirmasi kemiringan tiang yang dapat diterapkan dilapangan pada pihak GCSP.	Kemiringan pemancangan yang dapat dikerjakan adalah 90 hingga 50 derajat terhadap permukaan tanah, sehingga desain kekuatan masih memenuhi kriteria tersebut. Beberapa desain kekuatan dipilih sebagai kekuatan yang paling optimal dari kondisi dan asumsi yang ditentukan. Terdapat 2 rekomendasi desain dengan asumsi lereng homogen (1 jenis tanah) dan heterogen (3 lapisan material). Serta diberikan 2 desain alternatif terhadap masing-masing rekomendasi yang diberikan	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

4	16/3/2023	7:00	16:30	Drafting Desain perkuatan	Beberapa desain yang dipilih diplot terhadap slip surface dilapangan, ditentukan pula zona pemasangan tiang dengan kedalaman yang berbeda dan perhitungan kebutuhan tiang di tiap desainnya.	
5	17/3/2023	7:00	16:30	Inspeksi Area Zaagkam tunnel & drone photo sebagai komparasi keadaan lereng sebekum dan sesudah adanya isu	Inspeksi dilakukan setelah adanya report kepada CGT terkait batuan jatuh pada area shop central service (pintu masuk zagkam tunnel). Telah dilakukan evakuasi sebelumnya setelah beberapa crew setempat mendengar gemuruh batuan yang jatuh yang dilaporkan berasal dari air terjun pada lereng (Gambar 1). Setelah dilakukannya investigasi melalui observasi visual, tim CGT membuka kembali area kerja dengan syarat ditempatkannya spotter untuk mengawasi area piping shop, jika pada 2-3 hari tidak ditemukan isu, maka penempatan spotter dapat ditiadakan.	
				Inspeksi Area Heat Road km 2+500	Terdapat longsoran/runtuhan material di area heat road, setelah dilakukannya inspeksi dan direkomendasikan untuk pembuatan tanggul setinggi 1,5m dengan jarak dan panjang yang telah ditandai dengan CGT line. Perlu diwas[ada]i terkait longsor susulan bila terjadi hujan, sebab terobservasi adanya retakan-retakan dan bench yang terisi penuh oleh material longsor, sehingga berpotensi tersapu oleh aliran air.	

DOKUMENTASI KEGIATAN

WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA

<p>1 Inspeksi pada shop area (zaagkam)</p>	 <p>Sumber material</p> <p>Area kerja dengan potensi terdampak paling besar dan diperlukan spotter</p>	
<p>2 Inspeksi pada Heat Road km 2+500</p>	 <p>Penandaan area yang dibersihkan dan titik</p>	 <p>Catching bench sudah dipenuhi material yang berpotensi jatuh ke jalan.</p>

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

No	Date (DD/MM/YY)	Clock In (HH:MM)	Clock Out (HH:MM)	Activity	Description	Supervisor Signature
1	20/3/2023	7:00	16:30	Off (sakit)	-	
2	21/3/2023	7:00	16:30	Work Office	Running perkuatan dengan spasi 1.5 sebagai bahan pembeding analisis sebelumnya (request dari GCSP).	
3	22/3/2023	7:00	16:30	Inspeksi pada MP56, MP 59, MP61	Inspeksi terhadap pekerjaan guardrail pada MP55.5, dimana progress pekerjaan dalam pengelasan sebagian segmen, dan persiapan pengecoran untuk segmen lainnya yang dikerjakan 7 orang pekerja di lapangan.	
					Dilakukan Field Discussion terkait rencana remediasi lereng pada MP59 yang berpotensi mengalami kelongsoran	
					Inspeksi terhadap pekerjaan retainingwall dan spoon drainage (progress 40%). Dilakukan juga pengecekan terhadap GPS yang dipasang di lapangan (2 buah GPS pada MP61/concern area.	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREPORT INDONESIA**

4	23/3/2023	7:00	16:30	Inspeksi pada area mill terkait proyek remediasi CGT	Proyek remediasi yang dilakukan pada area mill diantaranya adalah container barrier pada amole batch plan, rock fence BC 36-38, kasuang rock fence, dan CUCL retaining wall. Beberapa pekerjaan sedang dikerjakan seperti pemasangan bekisting pada BC36-38, CUCL, dan pengelasan steel support container barrier pada Amole Batch Plan.	
5	24/3/2023	7:00	16:30	Input parameter sandstone pada lapisan lereng MP61	Setelah dilakukan pengamatan di lapangan dan konsultasi bersama mentor, terindikasi batuan pada lereng MP61 adalah batuan sandstone. Pendekatan lainnya didapat dari peta geology regional dan geology review lokasi terdekat (MP 61.5)	

DOKUMENTASI KEGIATAN

<p>1 Inspeksi pada MP56, MP 59, MP61</p>	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  <p align="center">Pekerjaan GuardRail</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p align="center">Progress pekerjaan +- 40%</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p align="center">Bekisting dari</p> </div> <div style="width: 50%;">  </div> </div>
--	---

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

No	Date (DD/MM/YY)	Clock In (HH:MM)	Clock Out (HH:MM)	Activity	Description	Supervisor Signature
1	27/3/2023	7:00	16:30	Drone Inspection MP65.5, Kasuang Dump dan LV Inspection	Drone inspection dilakukan pada MP65.5 berdasarkan adanya isu kelongsoran pada MSR MP65.5, Area mill (kasuang), dan dilakukan precheck pada kendaraan ringan.	
2	28/3/2023	7:00	16:30	Inspeksi TARP pada MP 58 - 64	Inspeksi dilakukan pada titik-titik yang menjadi concern pada MSR MP 58-64 atas trigger yang terjadi pada 27 Maret 2023. Secara keseluruhan tidak terdapat isu, tetapi terdapat beberapa genangan dangkal pada MP 59.5 (sebelum water tank). Selain TARP, juga dilakukan observasi pada MP65.5 yang sebelumnya telah terjadi kelongsoran.	
3	29/3/2023	7:00	16:30	Field Discussion & Stopping Action Proyek Galian Gravity Box Mill Area	Pada pekerjaan galian di gravity feedbox, ditemukan beberapa masalah seperti kemiringan galian yang tidak sesuai desain, disebabkan oleh adanya bangunan yang seharusnya dibongkar. Terdapat aliran air yang dapat mengganggu stabilitas lereng galian, dan pola pemasangan soil nailing yang tidak sesuai rekomendasi yang diberikan.	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

4	30/3/2023	7:00	16:30	Inspeksi terhadap laporan isu geoteknik pada Amole Shop Besar	Terdapat laporan terkait batuan yang jatuh hingga menyebabkan atap dari salah satu ruangan di amole shop besar berlubang. Dari pengamatan di lapangan dan historical event pada amole batch plan, diduga batuan tersebut merupakan lentingan dari landslide event yang sudah lama terjadi, mengingat ruangan yang terkena impact dari batuan tersebut telah lama tidak digunakan	
5	31/3/2023	7:00	16:30	Work Office	Pengerjaan Draft Laporan Magang	

DOKUMENTASI KEGIATAN

1. Rock Fence Area Mill (tampak atas)



2. Update MP 65.5



Pembersihan telah dilakukan dan tidak terdeteksi adanya isu lanjutan



3. Field Discussion & Stopping Action pada galian gravity feedbox



Kemiringan lereng tidak sesuai desain rekomendasi

Sumber air rembesan yang mengarah ke galian



Soil nailing seharusnya dipasang berpola diamond shape

4. Impact Batu Jatuh amole shop besar



**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

No	Date (DD/MM/YY)	Clock In (HH:MM)	Clock Out (HH:MM)	Activity	Description	Supervisor Signature
1	3/4/2023	7:00	16:30	<i>Drone Inspection Mill Area</i>	Inspeksi dilakukan untuk mendapatkan foto udara dari material yang berpotensi jatuh akibat aktivitas <i>blasting</i> . Selain itu, <i>drone inspection</i> juga dilakukan untuk mendapatkan <i>update</i> dari beberapa <i>project</i> yang sedang berlangsung, dan historis isu di area tersebut.	
2	4/4/2023	7:00	16:30	<i>Office Work</i>	Pembuatan Draft <i>paper</i> terkait proyek remediasi di MP 61 (BAB 2 & 3)	
3	5/4/2023	7:00	16:30	<i>Office Work</i>	Pembuatan Draft <i>paper</i> terkait proyek remediasi di MP 61 (BAB 4)	
4	6/4/2023	7:00	16:30	<i>Office Work</i>	Pembuatan Draft <i>paper</i> terkait proyek remediasi di MP 61 (BAB V dan Lampiran)	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

5	7/4/2023	7:00	16:30	TARP <i>Inspection</i> & Chcecking Progress MP61 Project	Inspeksi TARP dilakukan berdaskan curah hujan terlapor oleh GIMC pada MSR MP 58 - MP64. Pada MP 61, pekerjaan masih dilanjutkan oleh tim GCSP pada pekerjaan galian untuk membentuk lapisan <i>sub base</i> dari <i>rigid pavement</i> yang akan dibuat.	
6	8/4/2023	7:00	16:30	<i>Office Work</i>	Pembuatan Draft <i>paper</i> terkait proyek remediasi di MP 61 (Penyesuaian BAB 1 dengan historis event yang terjadi pada lokasi studi)	

DOKUMENTASI KEGIATAN

1	Material yang berpotensi jatuh (hasil foto udara)	
---	---	---

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

2 MP 61 *Re-routing Project (on progress)*



**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

No	Date (DD/MM/YY)	Clock In (HH:MM)	Clock Out (HH:MM)	Activity	Description	Supervisor Signature
1	10/4/2023	7:00	16:30	Pengecekan beberapa <i>containment</i> dan lokasi dengan historis isu geoteknik di area CIP (<i>upper to lower/CIP Slope</i>)	Dilakkan pengecekan pada area CIP, seperti bekas longsoran lereng di area CIP dan lereng limestone di bawah CIP, pengecekan beberapa saluran drainase dan control box, serta pengecekan kondisi <i>retaining wall</i> dan <i>rock fence</i> di belakang OB 4	
2	11/4/2023	7:00	16:30	<i>Office Work</i>	Pembuatan Draft Laporan Magang (BAB I : "Pendahuluan")	
3	12/4/2023	7:00	16:30	<i>Office Work</i>	Pembuatan Draft Laporan Magang (BAB II : "Kegiatan yang dilakukan")	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

4	13/4/2023	7:00	16:30	Inspeksi HEAT Road KM 01+300	Pada kamis 13 April 2023, dilaporkan adanya longsor pada lereng di atas HEAT Road KM 1+300. Terobservasi bahwa longsor yang terjadi merupakan <i>minor event</i> . Gerusan yang terjadi kurang lebih sedalam 0,5m saja, adapun secara visual longoran terlihat parah dikarenakan terdapat beberapa vegetasi yang ikut terbawa jatuh, untuk penanganan dibuat tanggul penahan.	
5	14/4/2023	7:00	16:30	Office Work	Review hasil pembuatan draft karya tulis terkait proyek remediasi MP61 & Revisi penulisan serta hasil evaluasi	

DOKUMENTASI KEGIATAN

1	<p>Inspeksi CIP (<i>Common Infrastructure Project</i>) Area. Gambar berikut merupakan containment dan slope dengan historis isu geoteknik di belakang OB4. Inspeksi pada area tersebut perlu dilakukan untuk memastikan bahwa area OB 4 dan sekitarnya aman dari potensi longsor dari lereng & cointainment dipastikan pada kondisi yang baik sehingga berfungsi sebagai perkuatan dengan baik.</p>		
---	---	---	--

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

2 Inspeksi terhadap laporan Isu Geoteknik pada HEAT Road KM 1+300. Terdapat beberapa vegetasi yang ikut jatuh ke arah jalan dan gerusan pada lereng terlihat minor saja $\pm 40\text{cm}$



**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

No	Date (DD/MM/YY)	Clock In (HH:MM)	Clock Out (HH:MM)	Activity	Description	Supervisor Signature
1	17/4/2023	7:00	16:30	Office Work	Persiapan bahan presentasi, meliputi pembuatan PPT dan konsultasi dengan mentor.	
2	18/4/2023	7:00	16:30	Presentasi Final MP61 <i>remediation Project</i>	Presentasi dilakukan di depan staff Departemen Mine Closure & Regional Geotechnical termasuk User (Bpk. Pramuji) dan Mentor (Bpk. Anton, Bpk. Erwin, Sdr. Michael).	
3	19/4/2023	7:00	16:30	Office Work	Revisi terkait penambahan tabel dan visualisasi hasil dari presentasi yang telah dilakukan.	
4	20/4/2023	7:00	16:30	Office Work	Revisi draft berdasarkan masukan dari presentasi yang telah dilakukan.	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

5	21/4/2023	7:00	16:30	<i>Drone Inspection Banti Area & Town Site (Tembagapura & Hidden Valley)</i>	Inspeksi drone dilakukan untuk mendapatkan foto udara Desa Banti dan bagian bawah Tembagapura dari area kantor Bukit Barat, sedangkan area atas Tembagapura didapatkan dari area Prambanan, serta MP 66 dan 65 dari area Rainbow. <i>Overall</i> tidak ditemukan adanya perubahan atau isu geoteknik dari ketiga area tersebut.	
---	-----------	------	-------	--	---	---

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

Student Name Andi Muhammad Ilham
ID Number 80032626
University Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Major Civil Engineering
Mentor Name Pramuji
ID Mentor 880623
Division Geo_Engineering
Department Mine Closure & Regional Geotechnical
Work Location Tembagapura

No	Date (DD/MM/YY)	Clock In (HH:MM)	Clock Out (HH:MM)	Activity	Description	Supervisor Signature
1	24/4/2023	7:00	16:30	Inspeksi TARP & Pengecekan 2 GPS di MP61	Dilakukan Inspeksi TARP pada MSR MP 58 - 61, serta dilakukan pengecekan terhadap instrumen monitoring yang terdapat pada MP 61. Tidak ditemukan adanya isu geoteknik dari <i>trigger</i> yang terjadi, tetapi ditemukan beberapa genangan minor di MP 59 (setelah <i>water tank</i> , apabila dari arah MP 60), terlihat genangan dapat terjadi akibat permukaan jalan yang mengalami kerusakan, tetapi isu ini bukan merupakan isu geoteknik.	

**WEEKLY LOGBOOK INTERNSHIP PROGRAM
PT FREEPORT INDONESIA**

2	25/4/2023	7:00	16:30	Maintenance GPS di area <i>townsite</i> (Hidden Valley)	<p><i>Maintenance</i> terhadap instrumen monitoring dilakukan berdasarkan laporan bahwa instrumen tersebut tidak memberikan update data atau terindikasi non aktif. <i>Maintenance</i> dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap komponen GPS itu sendiri, <i>supply power</i>, dan kelistrikan yang ada. Akan tetapi terdapat GPS yang tidak dapat dijangkau sebab terletak pada permukaan tanah dengan beda level >1,2m dan tim tidak mempersiapkan <i>body harness</i>. Oleh karena itu, untuk faktor keamanan, <i>maintenance</i> ditunda dan akan dilakukan dengan persiapan pekerjaan di ketinggian.</p>	
---	-----------	------	-------	---	--	---

DOKUMENTASI KEGIATAN

1	Pengecekan GPS di MP 61. Karena urgensi utama adalah inspeksi TARP, maka pengecekan dilakukan secara visual dengan melihat kelengkapan dari GPS, kabel power, dan lampu indikator bahwasannya GPS menyala.		
---	--	---	--

