



PEDOMAN

Bidang Jalan

No. 01 /P /BM /2025

TATA CARA PERHITUNGAN VOLUME GALIAN BATU LUNAK DAN GALIAN BATU



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

Jalan Pattimura No. 20, Selong Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12110, Telp. (021) 7203165

Yth.

1. Sekretaris Direktorat Jenderal Bina Marga;
2. Para Direktur di Direktorat Jenderal Bina Marga;
3. Para Kepala Balai Besar/Balai Pelaksanaan Jalan Nasional di Direktorat Jenderal Bina Marga;
4. Para Kepala Satuan Kerja di Direktorat Jenderal Bina Marga.

SURAT EDARAN

NOMOR: 01/SE/Db/2025

TENTANG

PEDOMAN TATA CARA PERHITUNGAN VOLUME GALIAN BATU LUNAK DAN GALIAN BATU

A. Umum

Bahwa dalam pelaksanaan konstruksi jalan ada kalanya membutuhkan pekerjaan galian batu lunak dan galian batu. Pekerjaan dibutuhkan apabila terdapat penggalian atau pembuangan tanah, batu-batuan, ada material lain yang tidak digunakan di lokasi pekerjaan. Pelaksanaan konstruksi jalan juga dapat memerlukan pembuangan lapisan tanah atas (*top soil*), pembuangan bekas pasangan, dan perataan lokasi pekerjaan. Galian batu lunak dan galian batu dikerjakan untuk memastikan pelaksanaan konstruksi jalan dapat berjalan dengan baik.

Pekerjaan galian batu lunak dan galian batu memerlukan akurasi lokasi pengambilan sampel batuan. Penentuan lokasi yang akurat memengaruhi pengumpulan data jenis galian, batas-batas galian, dan gambar batas galian. Hal penting lainnya adalah tata cara perhitungan volume galian untuk menentukan besaran volume galian secara akurat dan menghindari kesalahan perhitungan. Hasil perhitungan dengan prosedur yang telah teruji dalam praktiknya menghasilkan efisiensi biaya dan waktu serta mempertahankan kualitas konstruksi.

Pedoman Tata Cara Perhitungan Volume Galian Batu Lunak dan Galian Batu disusun untuk memandu pelaksana pekerjaan konstruksi jalan dalam menentukan profil galian, batas-batas galian, dan teknik pengambilan sampel. Pedoman juga menetapkan prosedur untuk melakukan perhitungan volume galian secara bertahap sehingga menjamin akurasi hasil. Melalui pedoman ini, para pelaksana pekerjaan dapat menentukan harga satuan pekerjaan sesuai dengan kebutuhan.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga tentang Pedoman Tata Cara Perhitungan Volume Galian Batu Lunak dan Galian Batu ditetapkan.

B. Dasar Pembentukan

1. Peraturan Presiden Nomor 170 Tahun 2024 tentang Kementerian Pekerjaan Umum (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 366);

2. Keputusan Presiden Nomor 68/TPA Tahun 2024 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan dari dan dalam Jabatan Pimpinan Tinggi Madya di Lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
3. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 1 Tahun 2024 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 955);
4. Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 tentang Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2);
5. Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 11/SE/Db/2020 tentang Spesifikasi Umum Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol 2020 di Direktorat Jenderal Bina Marga.

C. Maksud dan Tujuan

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi pengguna jasa dan penyedia jasa dalam melakukan perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu sehingga mendukung pekerjaan secara tepat mutu dan tepat waktu.

Surat Edaran ini bertujuan untuk menghasilkan akurasi data jenis galian, penentuan batas-batas galian dan gambar batas galian, serta menghasilkan efisiensi biaya dan waktu pengerjaan.

D. Ruang Lingkup

Lingkup Surat Edaran ini menentukan jenis galian, penentuan batas-batas galian dan gambar batas galian, serta menetapkan prosedur perhitungan volume galian sejak dari tahap penentuan lokasi pengambilan sampel batuan sampai dengan tata cara perhitungan volume galian.

E. Pengaturan Tata Cara Perhitungan Volume Galian Batu Lunak dan Galian Batu

Perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu meliputi penjelasan tentang:

1. Ketentuan umum

Bagian ketentuan umum meliputi pengaturan tentang:

- a. data-data teknis;
- b. profil memanjang dan melintang;
- c. batas-batas jenis galian; dan
- d. pengambilan dan pengujian sampel.

2. Ketentuan teknis

Bagian ketentuan teknis meliputi pengaturan tentang:

- a. prosedur tata cara perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu;
- b. penyelidikan dan pengujian lapangan;
- c. penentuan batas-batas jenis galian;
- d. pengambilan sampel pengujian;
- e. pengujian laboratorium; dan
- f. perhitungan volume galian.

Ketentuan lebih rinci mengenai tata cara perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu dimuat dalam Lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Surat Edaran Direktur Jenderal ini.

F. Penutup

Surat Edaran Direktur Jenderal ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Demikian Surat Edaran ini untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya. Atas perhatian Saudara disampaikan terima kasih.

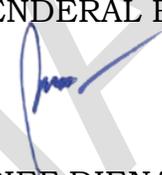
Tembusan:

1. Menteri Pekerjaan Umum
2. Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum
3. Plt. Inspektur Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum
4. Direktur Jenderal Bina Konstruksi, Kementerian Pekerjaan Umum

Ditetapkan di Jakarta

Pada tanggal 17 Januari 2025

DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA,


RACHMAN ARIEF DIENAPUTRA

NIP 196606271996031001

PRAKATA

Pedoman tata cara perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu ini diperuntukkan bagi pelaksana pekerjaan yang akan melakukan penggalian dalam konstruksi jalan. Pedoman ini menjadi acuan dan digunakan dalam melakukan perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu yang merupakan penjabaran Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) Divisi 3 – Pekerjaan Tanah dan Geosintetik Seksi 3.1 Galian.

Pedoman dikembangkan berdasarkan kebutuhan dalam pekerjaan penggalian konstruksi jalan untuk menentukan batas dan volume pada galian batu lunak dan galian batu dari galian biasa dan galian lainnya.

Pedoman ini disusun oleh Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga mengacu kepada ketentuan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 17 Januari 2025
Direktur Jenderal Bina Marga,



Rachman Arief Dienaputra

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
PENDAHULUAN	iv
1. Ruang Lingkup.....	1
2. Acuan Normatif	1
3. Istilah dan Definisi.....	1
4. Ketentuan Umum.....	2
4.1 Data-Data Teknis.....	2
4.2 Profil Memanjang dan Melintang.....	3
4.3 Batas-Batas Jenis Galian.....	3
4.4 Pengambilan dan Pengujian Sampel	3
5. Ketentuan Teknis.....	4
5.1 Prosedur Tata Cara Perhitungan Volume Galian Batu Lunak dan Galian Batu	4
5.2 Penyelidikan dan Pengujian Lapangan	4
5.3 Penentuan Batas-Batas Jenis Galian.....	6
5.4 Cara Pengambilan Sampel Pengujian.....	7
5.5 Pengujian Laboratorium	8
5.6 Perhitungan Volume Galian	8
Bibliografi	10
Daftar Penyusun dan Unit Kerja Pemrakarsa	11
Lampiran A (Informatif) Contoh Perhitungan Volume Galian Batu Lunak dan Galian Batu ...	12
Lampiran B (Informatif) Contoh Formulir Kelengkapan Perhitungan Volume Galian Batu dan Batu Lunak.....	16

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 – Contoh stratifikasi profil memanjang dan titik pengambilan sampel galian batu lunak dan galian batu	4
Gambar 2 – Bagan alir prosedur tata cara perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu	5
Gambar 3 – Contoh pengukuran dengan metode <i>scanline</i>	6
Gambar 4 – Contoh penentuan batas-batas jenis galian pada profil memanjang di as jalan dan profil melintang.....	6
Gambar 5 – Alat pengeboran inti model genggam.....	7
Gambar 6 – Mesin pengeboran inti batuan yang digunakan di laboratorium.....	7
Gambar 7 – Kondisi eksisting MC-0 (<i>mutual check 0%</i>)	8
Gambar 8 – Titik galian yang harus diukur jika terdapat perlapisan batuan yang berbeda.....	8

PENDAHULUAN

Pedoman dikembangkan berdasarkan kebutuhan perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu dalam pelaksanaan konstruksi jalan di lapangan.

Pedoman Tata Cara Perhitungan Volume Galian Batu Lunak dan Galian Batu terdiri dari ruang lingkup, acuan normatif, istilah dan definisi, ketentuan, prosedur tata cara perhitungan volumen galian batu lunak dan galian batu, dan lampiran. Hal ini meliputi lokasi pengambilan sampel batuan untuk menentukan jenis galian (galian batu lunak atau galian batu), penentuan batas-batas galian dan gambar batas galian, serta tata cara perhitungan volume galiannya.

SALINAN

Tata Cara Perhitungan Volume Galian Batu Lunak dan Galian Batu

1. Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan penentuan jenis galian, cara penentuan batas-batas galian dan gambar batas galian, dan prosedur tata cara perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu yang meliputi lokasi pengambilan sampel batuan untuk menentukan jenis galian (galian batu lunak atau galian batu).

Pedoman ini tidak menetapkan tata cara perhitungan volume untuk galian biasa. Satuan yang dinyatakan di dalam pedoman ini adalah Sistem Satuan Internasional (SI).

2. Acuan Normatif

Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 149 Tahun 2019 tentang Kategori Konstruksi Golongan Pokok Konstruksi Khusus pada Jabatan Kerja Ahli Geologi Pekerjaan Konstruksi

Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 tentang Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)

Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 11/SE/Db/2020 tentang Spesifikasi Umum Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol 2020 di Direktorat Jenderal Bina Marga

SNI 2436:2008, Tata Cara Pencatatan dan Identifikasi Hasil Pengeboran Inti

SNI 2825:2008, Cara Uji Kuat Tekan Batu Uniaksial

SNI 03-6802:2002, Tata Cara Penyelidikan dan Pengambilan Contoh Uji Tanah dan Batuan untuk Keperluan Teknik

ASTM D7012 – 23, *Standard Test Methods for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures*

ASTM D2113 – 14, *Standard Practice for Rock Core Drilling and Sampling of Rock for Site Exploration*

3. Istilah dan Definisi

3.1

bongkahan batu

fragmen batuan, biasanya berbentuk membulat atau menyudut karena pelapukan atau abrasi dengan volume minimal 1,5 m³

3.2

galian batu

galian bongkahan batu yang mempunyai kuat tekan uniaksial lebih besar dari 12,5 MPa (> 125 kg/cm²) yang diuji sesuai dengan SNI 2825:2008, dengan volume 1,5 m³ atau lebih ($\geq 1,5$ m³) dan seluruh batu atau bahan lainnya yang tidak praktis digali tanpa penggunaan alat bertekanan udara atau pengeboran (*drilling*) dan peledakan (*blasting*). Galian ini tidak

termasuk galian yang dapat dibongkar dengan penggaru (*ripper*) tunggal yang ditarik oleh traktor jenis *track* dengan daya mesin tidak lebih dari 180 HP

3.3

galian batu lunak

galian pada batuan yang mempunyai kuat tekan uniaksial 0,6 – 12,5 Mpa (6 – 125 kg/cm²) yang diuji sesuai dengan SNI 2825:2008, termasuk batuan yang mempunyai kuat tekan uniaksial lebih dari 12,5 MPa (>125 kg/cm²) dengan volume kurang dari 1,5 m³ (<1,5 m³)

3.4

galian biasa

seluruh galian yang tidak diklasifikasikan sebagai galian batu lunak, galian batu, galian struktur, galian sumber bahan (*borrow excavation*), galian perkerasan beraspal, galian perkerasan berbutir, dan galian perkerasan beton

3.5

metode *scanline*

metode penentuan orientasi, lokasi, persistensi, tekanan air diskontinuitas dan kekuatan geser diskontinuitas untuk pekerjaan galian batu lunak dan galian batu

3.6

metode *surface*

perhitungan volume galian digunakan untuk menghitung volume antara 2 (dua) permukaan tanah, yaitu permukaan eksisting (permukaan asli sebelum digali) dan permukaan rencana (permukaan hasil setelah digali atau ditimbun)

3.5

mutual check

proses saling memeriksa hasil kerja antara 2 (dua) pihak atau lebih yang terlibat dalam suatu pekerjaan untuk memastikan bahwa pekerjaan yang dilakukan sesuai dengan spesifikasi, standar, dan kualitas yang telah ditetapkan

4. Ketentuan Umum

4.1 Data-Data Teknis

Sebelum pelaksanaan penggalian data-data teknis perencanaan harus tersedia, minimal mencakup sebagai berikut:

- a. Profil memanjang area galian dan stratifikasinya;
- b. Profil melintang area galian dan stratifikasinya;
- c. Data-data hasil pengeboran teknis di area galian; dan
- d. Batas dan klasifikasi jenis galian.

Data-data teknis tersebut merupakan data dasar dan acuan untuk menentukan batas-batas galian dan mengukur volume galian aktual, yang dilakukan pada tahap pelaksanaan yaitu pada saat *mutual check* awal (MC-0).

4.2 Profil Memanjang dan Melintang

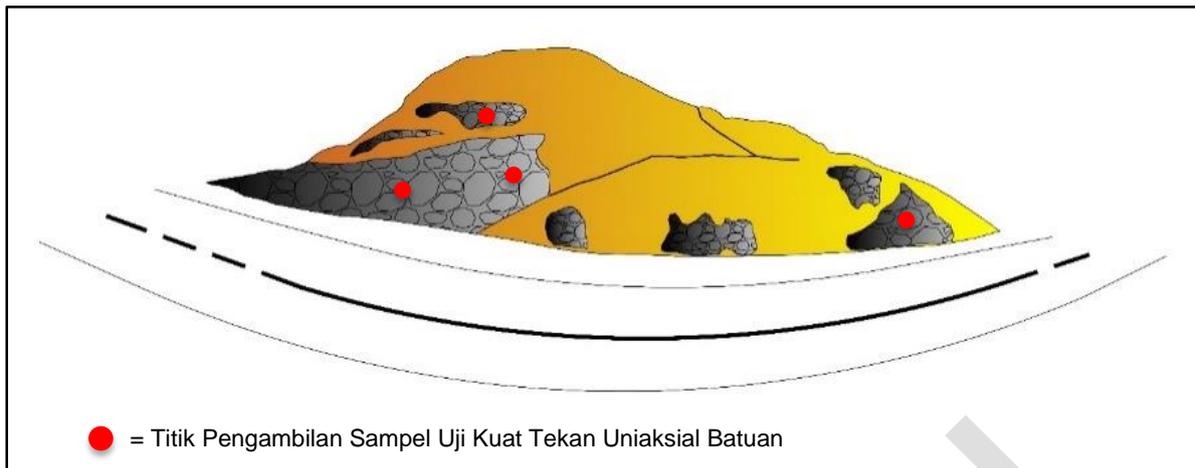
Profil memanjang dan melintang area galian dibuat berdasarkan hasil pengukuran aktual di lapangan. Profil melintang galian untuk bagian yang lurus dibuat dengan interval setiap 25 m, sedangkan untuk bagian lengkung (belokan) dapat dibuat lebih rapat sesuai dengan ketentuan dari Ahli Geologi Pekerjaan Konstruksi.

4.3 Batas-Batas Jenis Galian

- a. Batas-batas jenis galian (galian batu lunak atau galian batu) harus digambarkan pada profil memanjang dan melintang secara aktual lapangan.
- b. Perhitungan volume galian harus dilakukan berdasarkan batas-batas galian pada profil memanjang dan melintang galian secara aktual lapangan.
- c. Penentuan batas-batas jenis galian harus dilakukan oleh Ahli Geologi Pekerjaan Konstruksi atau personel yang dipersyaratkan sesuai dengan SKKNI Nomor 149 Tahun 2019 atau memiliki sekurang-kurangnya pengalaman tiga tahun di bidang jalan dan jembatan.
- d. Perhitungan volume galian harus didetailkan setiap terdapat perubahan jenis galian dan dilakukan secara tiga dimensi yang dilengkapi sketsa, foto, deskripsi, potongan memanjang, potongan melintang, peta indeks lokasi, dan hasil pengujian kuat tekan uniaksial pada setiap titik pengujian (Lampiran).
- e. Perhitungan volume galian pada setiap pekerjaan konstruksi jalan memiliki metode yang berbeda-beda. Metode perhitungan volume galian yang menggunakan sistem *point cloud* dan *surface*. Peralatan yang dapat digunakan seperti *Terrestrial Laser Scanner* (TLS), *total station*, *theodolit*, dan *waterpass*.

4.4 Pengambilan dan Pengujian Sampel

- a. Pengambilan sampel dan uji laboratorium kuat tekan uniaksial harus dilakukan untuk menentukan jenis galian (galian batu lunak atau galian batu) dan batas-batas galiannya.
- b. Pengambilan sampel pengujian kuat tekan uniaksial pada setiap sisi lereng galian yang mewakili masing-masing jenis batuan yang ditentukan berdasarkan kesepakatan antara Ahli Geologi Pekerjaan Konstruksi, Penyedia Jasa, dan Pengawas Pekerjaan (Gambar 1).
- c. Untuk kebutuhan perhitungan volume galian, apabila terdapat profil batuan yang tidak menerus perlu dilakukan pengukuran tambahan untuk pendetailan. Pendetailan ditentukan oleh Ahli Geologi Pekerjaan Konstruksi (Gambar 1).
- d. Sampel untuk pembuatan benda uji dapat berupa sampel *core* batuan utuh yang diperoleh langsung dari pengujian *in situ* (ASTM D2113 – 14) atau diperoleh dari sampel blok yang dilakukan *coring* di lapangan atau di laboratorium sesuai yang dipersyaratkan pada SNI 2825:2008.



Gambar 1 – Contoh stratifikasi profil memanjang dan titik pengambilan sampel galian batu lunak dan galian batu

5. Ketentuan Teknis

5.1 Prosedur Tata Cara Perhitungan Volume Galian Batu Lunak dan Galian Batu

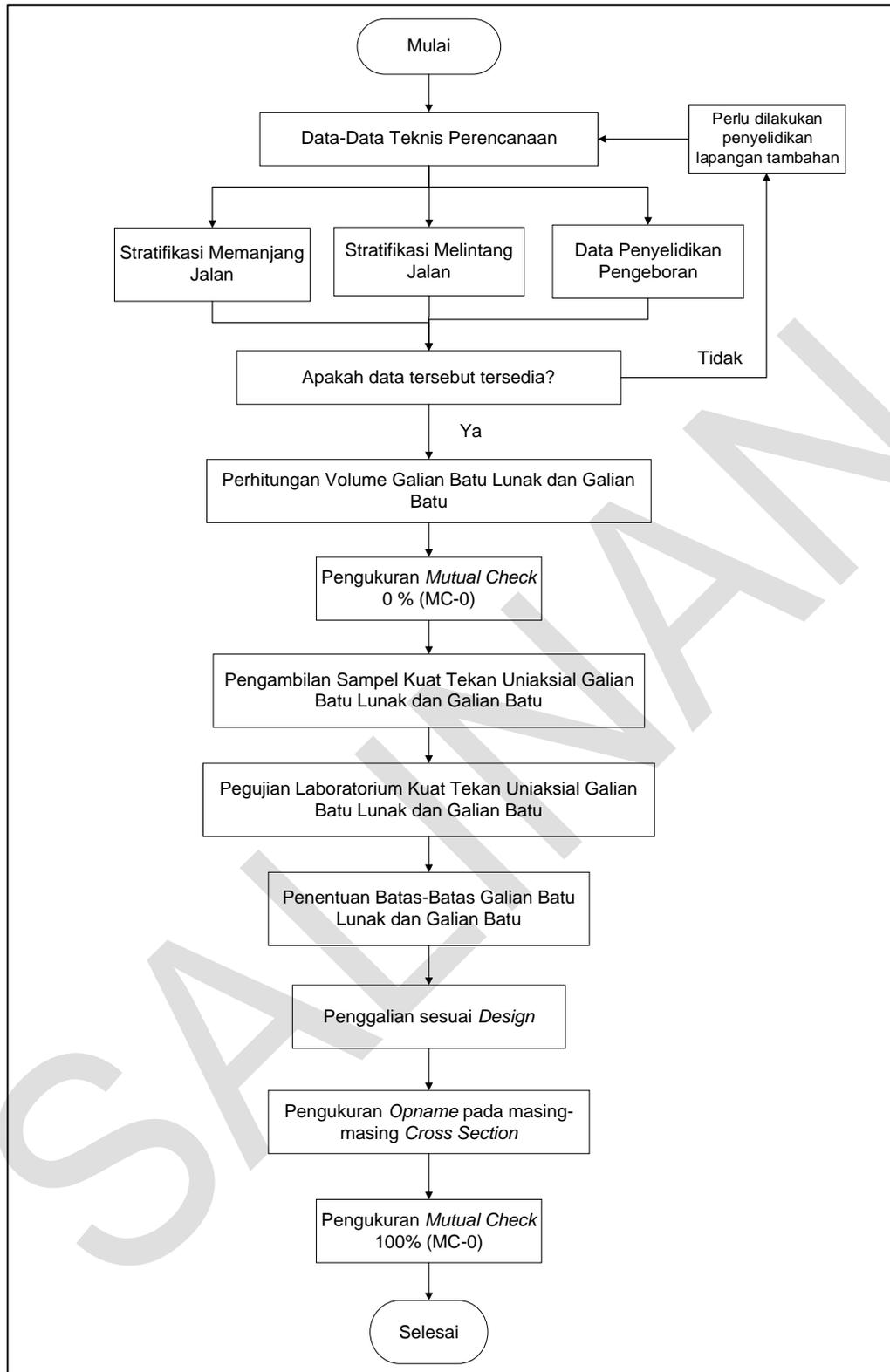
Prosedur tata cara perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu meliputi penyelidikan dan pengujian lapangan, penentuan batas-batas galian, pengambilan sampel pengujian kuat tekan uniaksial, pengujian laboratorium kuat tekan uniaksial, serta perhitungan volume galian yang ditunjukkan oleh bagan alir pada Gambar 2.

5.2 Penyelidikan dan Pengujian Lapangan

Ciri-ciri seperti kekasaran, kekuatan dinding, derajat pelapukan, jenis bahan pengisi, dan tanda-tanda rembesan air akan menjadi data tidak langsung yang penting untuk deskripsi pada penyelidikan dan pengujian lapangan ini yang dijelaskan pada *ISRM Committee on Field Test Document No. 4, 1977*. Salah satu metode yang direkomendasikan adalah metode deskripsi *scanline*.

Adapun alat yang digunakan dalam metode deskripsi *scanline* adalah kompas geologi dan pita ukur. Tahapan dalam metode deskripsi *scanline* adalah sebagai berikut:

1. Lakukan pengukuran *scanline* dengan membentangkan pita ukur sepanjang 50 meter pada singkapan batuan, lalu deskripsikan singkapan tersebut berdasarkan parameter orientasi, spasi, persistensi, kekasaran, kekuatan dinding, bukaan, pengisi, rembesan, jumlah set diskontinuitas, dan ukuran blok;
2. Untuk mengukur orientasi bidang diskontinuitas, kompas perlu diratakan dengan menggunakan gelembung berbentuk bola (*spherical bubble*), sebelum melakukan pembacaan jurus (*strike*), kemiringan (*dip*), dan arah kemiringan (*dip direction*) dari bidang diskontinuitas; dan
3. Catat orientasi bidang diskontinuitas yang berpotongan dengan bentangan pita ukur tersebut, lalu hitung jumlah set bidang diskontinuitasnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



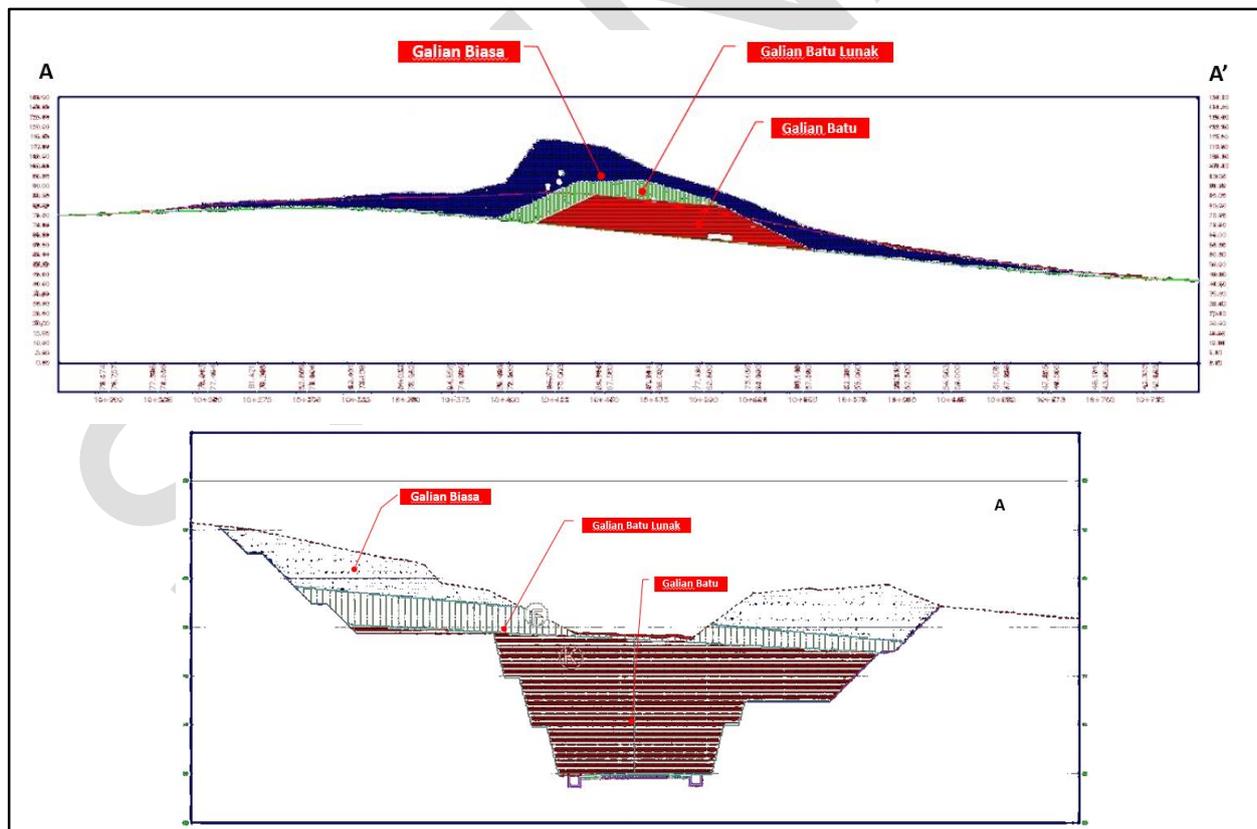
Gambar 2 – Bagan alir prosedur tata cara perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu



Gambar 3 – Contoh pengukuran dengan metode scanline

5.3 Penentuan Batas-Batas Jenis Galian

Identifikasi perlapisan harus berdasarkan pada masalah geoteknik, kompleksitas kondisi geologi setempat. Penentuan batas perlapisan atau stratigrafi didasarkan pada hasil pengujian kuat tekan uniaksial pada potongan memanjang di as jalan dan potongan melintang pada masing-masing STA seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4 – Contoh penentuan batas-batas jenis galian pada profil memanjang di as jalan dan profil melintang

5.4 Cara Pengambilan Sampel Pengujian

Pengeboran contoh batuan utuh (*rock coring*) menggunakan mata bor intan dilakukan untuk mendapatkan sampel contoh batuan yang tidak terganggu dari massa batuan. Pengeboran contoh batuan utuh (*rock coring*) dapat dilakukan dengan 3 (tiga) cara, yaitu sebagai berikut:

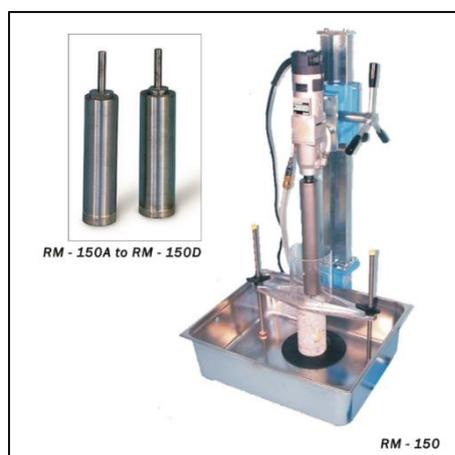
1. Pengeboran inti menggunakan mesin bor putar.
2. Pengeboran inti menggunakan mesin bor genggam.

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan mesin bor genggam yang terpasang di *rig*, yang dapat digunakan untuk konfigurasi basah atau kering. Tipe alat pengeboran model genggam memiliki variasi menggunakan tipe elektrik, hidrolik, dan pneumatik. Ilustrasi alat pengeboran model genggam ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 – Alat pengeboran inti model genggam

3. Pengeboran inti dari sampel blok atau bongkah batuan di laboratorium. Pengambilan sampel batuan dilakukan dengan menggunakan alat pengeboran inti dan *core barrels* seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Sampel blok atau bongkah batuan yang diambil harus lebih besar daripada ketentuan dimensi sampel pengujian kuat tekan uniaksial batuan yang dipersyaratkan pada SNI 2825:2008 atau ASTM D7012 – 23.



Gambar 6 – Mesin pengeboran inti batuan yang digunakan di laboratorium

5.5 Pengujian Laboratorium

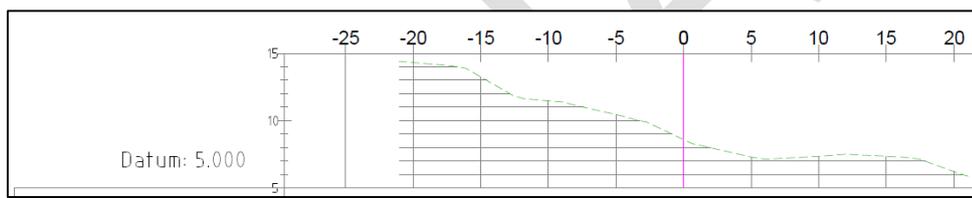
Nilai kuat tekan uniaksial batuan utuh (σ_c) diperlukan untuk mengetahui kekuatan maksimum dari batu tersebut untuk menahan tekanan atau beban hingga mengalami keruntuhan dan dinyatakan dalam satuan MPa. Pengujian kuat tekan uniaksial batuan utuh (σ_c) harus mengikuti prosedur yang telah ditetapkan pada SNI 2825:2008 atau ASTM D7012 – 23.

5.6 Perhitungan Volume Galian

Setelah dilakukan penyelidikan dan pengujian lapangan, penentuan batas-batas galian, pengambilan sampel kuat tekan uniaksial batuan, dan pengujian laboratorium kuat tekan uniaksial batuan, dilakukan perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu.

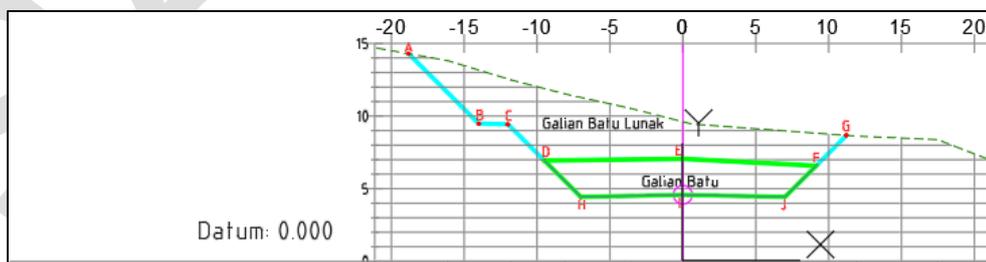
Langkah-langkah pengukuran untuk perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu adalah sebagai berikut:

1. Penentuan titik bantu yang diambil dari titik *Bench Mark (BM)*/titik referensi;
2. Selanjutnya setelah dilakukan *clearing*, lakukan pengukuran MC-0 (*Mutual Check 0%*), dengan membuat *cross section*/potongan melintang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, dengan interval seperti ketentuan pada 4.2.;



Gambar 7 – Kondisi eksisting MC-0 (*mutual check 0%*)

3. Pekerjaan galian kemudian dilakukan sesuai dengan desain dan pada setiap titik pengamatan diberikan inisial yang dapat berupa angka atau huruf;
4. Pada saat melakukan penggalian, apabila terdapat perbedaan jenis galian harus dilakukan pengukuran *cross section* kembali dengan menentukan titik batas-batas jenis galian batu dan batu lunak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8;



Gambar 8 – Titik galian yang harus diukur jika terdapat perlapisan batuan yang berbeda

5. Pengukuran pada masing-masing *cross-section* harus dilakukan sesuai dengan kondisi lapangan untuk jenis galian biasa, galian batu lunak, dan galian batu;
6. Perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu kemudian dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi pengolah data hasil pengukuran yang umum digunakan dan mendukung perhitungan volume galian, seperti *Autodesk Civil 3D*, *Rhinoceros*, *Surfer*,

dan lain-lain. Adapun langkah-langkah umum perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu menggunakan aplikasi adalah sebagai berikut:

- a. Impor data kontur atau survei dari *file* yang tersedia (misalnya DEM, DXF, DWG, atau file survei lainnya);
- b. Membuat *surface* (permukaan) baru dari data kontur yang telah diimpor dan pilih tipe permukaan yang sesuai;
- c. Mendefinisikan area galian, yang dilakukan dengan menggambarkan batas area galian menggunakan *polyline* atau *boundary* lain, dan pastikan area tersebut sudah tertutup dengan benar;
- d. Membuat *surface* eksisting dan desain, dengan cara sebagai berikut:
 - 1) Membuat *surface* eksisting dari data survei yang ada; dan
 - 2) Membuat *surface* desain dari data rencana galian yang dirancang.
- e. Melakukan analisis volume, dengan cara sebagai berikut:
 - 1) Menghitung volume antara *surface* eksisting dan *surface* desain;
 - 2) *Surface* eksisting digunakan sebagai *base surface* dan *surface* desain sebagai *comparison surface*; dan
 - 3) Kemudian aplikasi/program akan menghitung volume galian secara otomatis.
- f. Hasil perhitungan volume galian kemudian dapat dilihat dan ditinjau kembali, yang selanjutnya dapat diekspor dalam format yang diinginkan (tabel Excel atau laporan PDF).

Bibliografi

Federal Highway Administration No. FHWA-TS-89-045, Rock Slope: Design, Excavation, Stabilization

Federal Highway Administration No. FHWA-HI-99-007, Rock Slopes Reference Manual

Federal Highway Administration No. FHWA-CFL/TD-11-002, Context Sensitive Rock Slope Design Solutions

Federal Highway Administration No. FHWA-HI-92-001, Rock Blasting and Overbreak Control

International Society for Rock Mechanics (ISRM) Committee on Field Tests Document No. 4. 1977. Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses

National Cooperative Highway Research Program No. 26636, Design Practices for Rock Slopes and Rockfall Management

Daftar Penyusun dan Unit Kerja Pemrakarsa

No.	Nama		Unit Kerja
1.	Pemrakarsa	Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum	
2.	Koordinator	Panji Krisna Wardana, S.T., M.T.	Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur
3.	Penyusun	Ir. Benyamin Saptadi Rachmat, M.Si.	Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur
4.		Susy K. Ariestianty, S.T., M.Sc.	Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur
5.		Muhammad Rizaldi Nuraulia, S.T., M.Eng.	Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur
6.		Yulianto, S.T.	Balai Geoteknik, Terowongan, dan Struktur
7.	Editor Naskah	Subdirektorat Teknologi dan Peralatan Infrastruktur Bina Marga, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan	

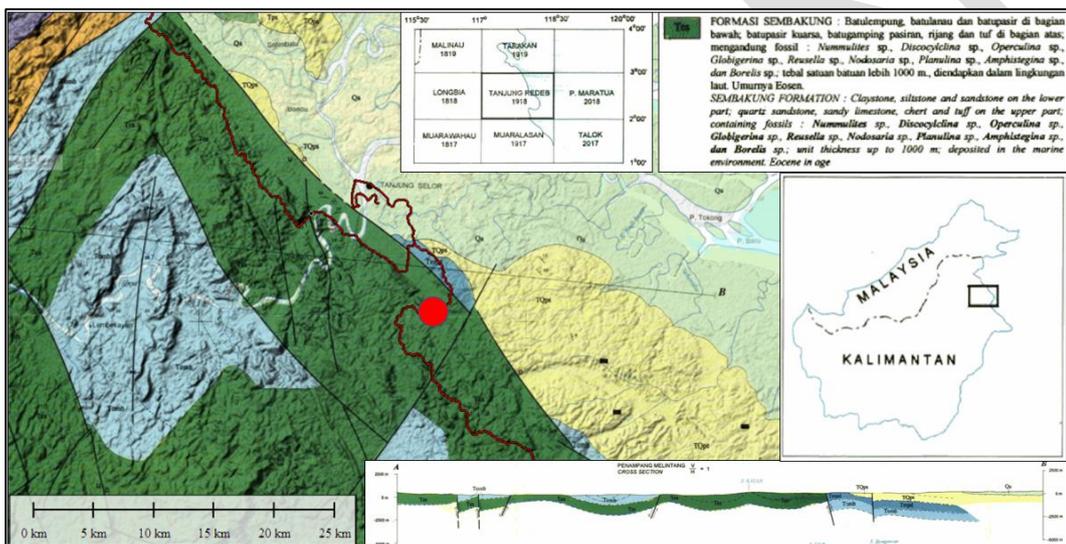
Lampiran A (Informatif)

Contoh Perhitungan Volume Galian Batu Lunak dan Galian Batu

Perhitungan Volume Galian Batu Lunak dan Galian Batu pada Ruas Jalan Bts. Bulungan – Tanjung Selor

1. Studi Geologi Regional

Ruas Jalan Bts. Bulungan – Tanjung Selor berada pada Formasi Sembakung yang terdiri dari batu lempung, batu lanau, dan batu pasir di bagian bawah, batu pasir kuarsa, batu gamping pasiran, rijang, dan tuf di bagian atas.



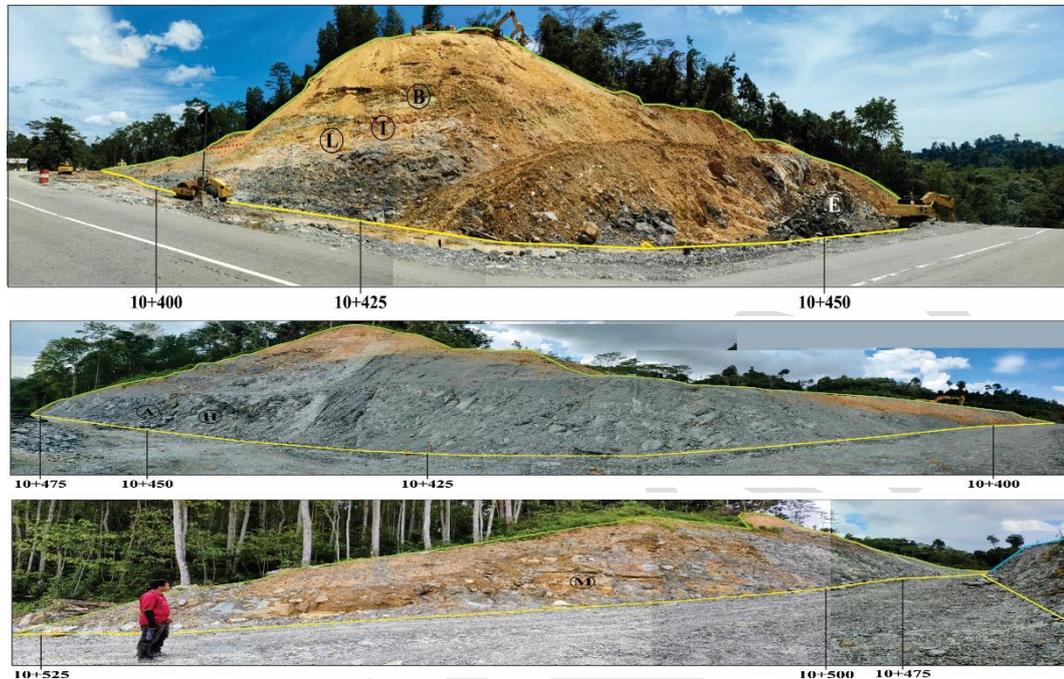
2. Pemetaan Geologi Teknik dan Deskripsi Massa Batuan dengan Metode *Scanline*

Pemetaan geologi teknik dilakukan untuk mengetahui sebaran batuan serta kondisi keteknikannya, selanjutnya dilakukan deskripsi massa batuan dengan metode *scanline* dengan bentangan 50 meter seperti di bawah ini.



3. Pengambilan Sampel Kuat Tekan Uniaksial/*Uniaxial Compressive Strength*

Lalu diambil sampel batuan untuk diuji kuat tekan uniaksial/*uniaxial compressive strength* batuan pada setiap lapisan yang memiliki perbedaan jenis litologi, karakteristik fisik litologi serta sifat keteknikannya seperti yang ditunjukkan di bawah ini.



No	KODE SAMPEL LAPANGAN	KODE SAMPEL LABORATORIUM	STA	POSISI	TGL PENGAMBILAN SAMPEL	HASIL HUMMER TEST (LAPANGAN)	TGL PENGUJIAN SAMPEL	HASIL PENGUJIAN UNIAXIAL (Mpa)
1	BPS_LR_10+445	A	10+445	LR	24 Februari 2024	38,54 Mpa	02 Maret 2021	Failure
2	BPIS_LL_10+425	B	10+425	LL	24 Februari 2032	10,01 Mpa	02 Maret 2021	Failure
3	BPH_BBJK_10+480	C	10+480	BJK	24 Februari 2022	40,12 Mpa	02 Maret 2021	11,744
4	BPCH_LL_10+525	D	10+525	LL	24 Februari 2027	40,57 Mpa	02 Maret 2021	17,616
5	BPAS_LL_10+450	E	10+450	LL	24 Februari 2033	30,48 Mpa	02 Maret 2021	Failure
6	BPAH_LL_10+500	F	10+500	LL	24 Februari 2026	32,17 Mpa	02 Maret 2021	5,872
7	BPAS_LL_10+475	G	10+475	LL	24 Februari 2028	18,63 Mpa	02 Maret 2021	5,872
8	BPP_LR_10+450	H	10+450	LR	24 Februari 2025	23,76 Mpa	02 Maret 2021	Failure
9	BPMS_LL_10+425	I	10+425	LL	24 Februari 2031	11,13 Mpa	02 Maret 2021	Failure
10	BPH_BBJK_10+450	J	10+450	BJK	24 Februari 2021	32,44 Mpa	02 Maret 2021	5,872
11	BPCH_BJL_10+500	K	10+500	BJL	24 Februari 2029	43,9 Mpa	02 Maret 2021	5,872
12	BPPS_LL_10+425	L	10+425	LL	24 Februari 2030	13,54 Mpa	02 Maret 2021	Failure
13	BPC_LR_10+520	M	10+520	LR	24 Februari 2023	43,55 Mpa	02 Maret 2021	17,616

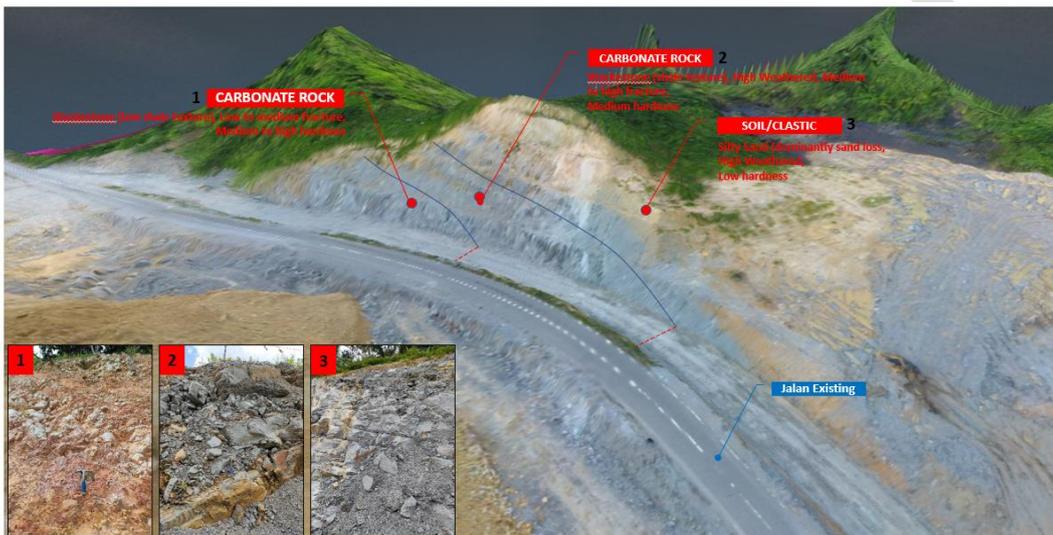
4. Penilaian Kualitas Massa Batuan

Lalu dilakukan evaluasi dan penilaian kualitas massa batuan pada lereng tersebut, dalam hal ini menggunakan klasifikasi *rock mass rating* dengan parameter kekuatan batuan utuh, *Rock Quality Designation* (RQD), jarak antar diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, dan kondisi air tanah yang dirangkum pada tabel di bawah ini.

NO	KODE	STA		LITOLOGI	PANJANG BENTANGAN	LETAK BENTANGAN	RMR	NOMOR KELAS	PEMERIAN
		Start	End						
1	B1	10+404	10+429	Wackestone	25 meter	Bawah	42	III	Sedang
2	B2	10+428	10+453	Wackestone	25 meter	Bawah	76	II	Baik
3	B3	10+461	10+486	Wackestone	25 meter	Bawah	69	II	Baik
4	B4	10+495	10+505	Wackestone	10 meter	Bawah	74	II	Baik
5	B5	10+513	10+518	Wackestone	5 meter	Bawah	63	II	Baik
6	B6	10+433	10+458	Wackestone	25 meter	Tengah	58	III	Sedang
7	B7	10+444	10+462	Silty sand	18 meter	Atas	33	IV	Jelek

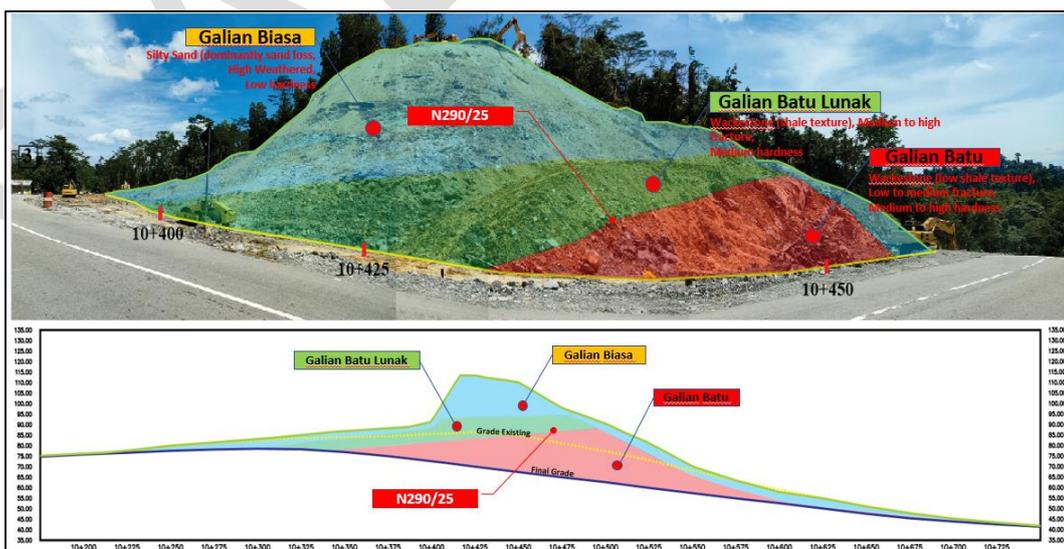
5. Pemodelan Litostratigrafi Lereng

Lalu setelah itu dilakukan pemodelan litostratigrafi pada lereng galian sehingga dapat diketahui batas-batas perlapisan atau stratigrafi pada lereng tersebut.



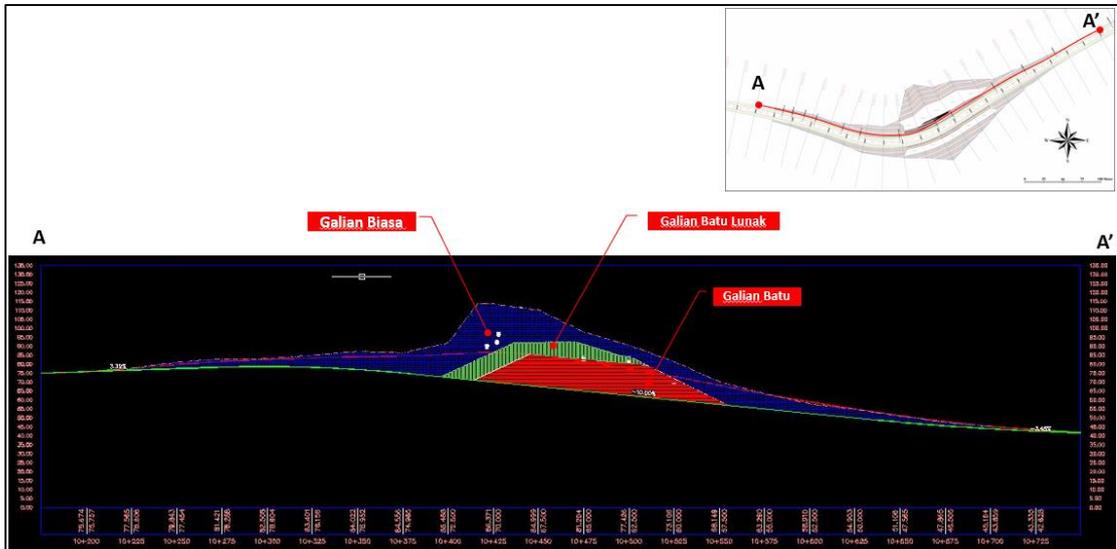
6. Penentuan Batas-Batas Galian

Sehingga dapat ditentukan batas-batas galian pada lereng sebagai berikut.



7. Perhitungan Volume Galian Batu Lunak dan Galian Batu

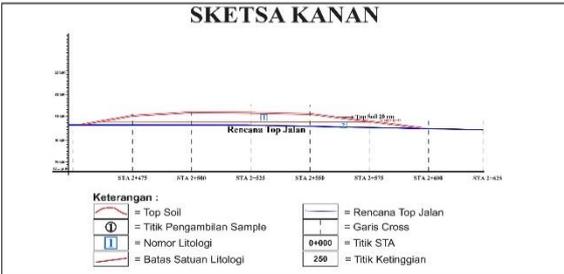
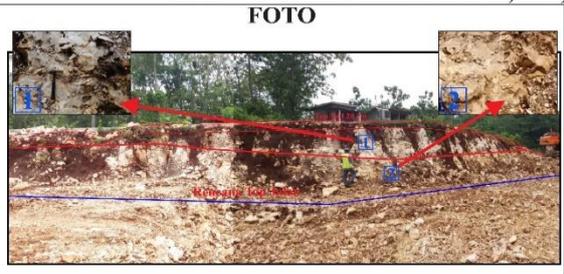
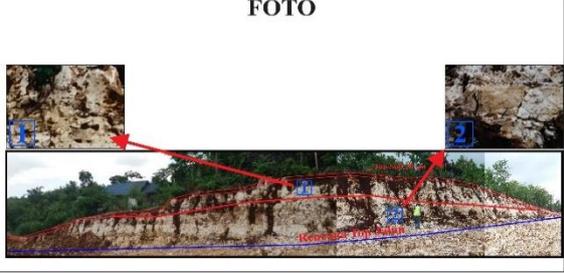
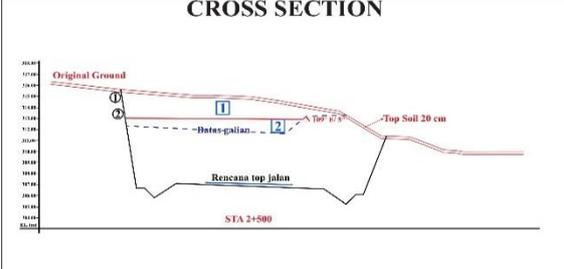
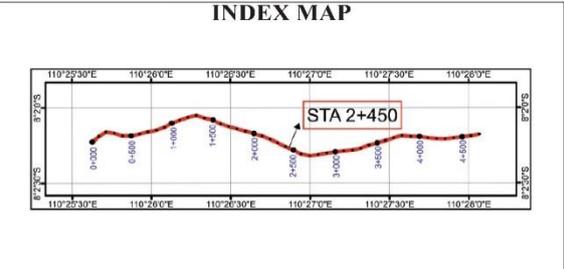
Lalu dilakukan perhitungan volume galian batu lunak dan galian batu dari potongan memanjang dan potongan melintang. Sehingga didapatkan resume volume galian batu lunak dan galian batu serta persentasenya.



NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	GALIAN	
			VOLUME	PRESENTASE %
1	GALIAN BIASA	M3	95,501.55	62.36
2	GALIAN BATU LUNAK	M3	24,605.61	16.13
3	GALIAN BATU	M3	32,804.44	21.51
TOTAL			152,516.07	100.00

Lampiran B (Informatif)

Contoh Formulir Kelengkapan Perhitungan Volume Galian Batu dan Batu Lunak

	<h2 style="margin: 0;">STRATIFIKASI LOT - 4</h2> <h3 style="margin: 0;">Legundi - Planjan</h3>																																							
<p>Tanggal : 17 Februari 2020 STA : STA 2+450 s/d 2+475 Cuaca : Cerah</p>		<p>X : 110° 26' 52,29" Y : 08° 02' 16,74" Z : 315 Meter Geos : Candra Arika Nurzalli, S.T.</p>																																						
<h4>SKETSA KANAN</h4>  <p>Keterangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> = Top Soil = Titik Pengambilan Sample = Nomor Litologi = Batas Satuan Litologi = Rencana Top Jalan = Garis Cross = Titik STA = Titik Ketinggian 	<h4>FOTO</h4> 																																							
<h4>SKETSA KIRI</h4>  <p>Keterangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> = Top Soil = Titik Pengambilan Sample = Nomor Litologi = Batas Satuan Litologi = Rencana Top Jalan = Garis Cross = Titik STA = Titik Ketinggian 	<h4>FOTO</h4> 																																							
<h4>CROSS SECTION</h4> 	<h4>FOTO</h4> 																																							
<h4>DESKRIPSI</h4> <p>Kanan & Kiri</p> <p>1. Batugamping kristalin 1 : segar (<i>fresh</i>) – agak lapuk, warna putih kecoklatan, tekstur non klastik, struktur masif, komposisi kerangka kalsit, karbonat, <i>silt</i> dan silika, batuan asal berupa batugamping terumbu yang mengalami rekristalisasi, masih menunjukkan struktur <i>lapies</i>. Kekar sangat intensif, relatif N 180 °E/ 54° dan N 110 °E/ 80°.</p> <p>2. Batugamping kristalin 2 : segar (<i>fresh</i>), warna putih kecoklatan, tekstur non klastik, struktur masif, komposisi kerangka kalsit, karbonat, <i>silt</i> dan silika, batuan asal berupa batugamping terumbu yang mengalami rekristalisasi, masih menunjukkan struktur <i>lapies</i>. Kekar sangat intensif, relatif N 180 °E/ 54° dan N 110 °E/ 80°. Terdapat jurus dan kemiringan batuan N 109° E/ 5°.</p>	<h4>INDEX MAP</h4> 																																							
<h4>HASIL UJI UNIAKSIAL</h4> <h5>DAFTAR PENGAMBILAN SAMPEL UNIAKSIAL BATU</h5>																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>STA</th> <th>R/L</th> <th>POINT</th> <th>ARAH</th> <th>TGL PENGAMBILAN</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>HASIL PENGUJIAN UNIAKSIAL (Mpa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2+450</td> <td style="text-align: center;">L</td> <td style="text-align: center;">DH-5</td> <td style="text-align: center;">Horizontal</td> <td style="text-align: center;">29 Januari 2020</td> <td style="text-align: center;">110° 26' 53,58"</td> <td style="text-align: center;">8° 02' 16,34"</td> <td style="text-align: center;">291</td> <td style="text-align: center;">520,8</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">2+550</td> <td style="text-align: center;">L</td> <td style="text-align: center;">DH-6</td> <td style="text-align: center;">Horizontal</td> <td style="text-align: center;">29 Januari 2020</td> <td style="text-align: center;">110° 26' 54,88"</td> <td style="text-align: center;">8° 02' 17,04"</td> <td style="text-align: center;">293</td> <td style="text-align: center;">441,7</td> </tr> </tbody> </table>	NO	STA	R/L	POINT	ARAH	TGL PENGAMBILAN	X	Y	Z	HASIL PENGUJIAN UNIAKSIAL (Mpa)	1	2+450	L	DH-5	Horizontal	29 Januari 2020	110° 26' 53,58"	8° 02' 16,34"	291	520,8	2	2+550	L	DH-6	Horizontal	29 Januari 2020	110° 26' 54,88"	8° 02' 17,04"	293	441,7	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PENGGOLONGAN</th> <th>NILAI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bahan Galian Biasa</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Bahan Galian Lunak</td> <td style="text-align: center;">300 - 400 Mpa</td> </tr> <tr> <td>Bahan Galian Keras</td> <td style="text-align: center;">> 400 Mpa</td> </tr> </tbody> </table> <p>Keterangan :</p> <ul style="list-style-type: none"> = Pengujian Menunjukkan Hasil Bahan Galian Keras = Pengujian Menunjukkan Hasil Bahan Galian Lunak 		PENGGOLONGAN	NILAI	Bahan Galian Biasa	-	Bahan Galian Lunak	300 - 400 Mpa	Bahan Galian Keras	> 400 Mpa
NO	STA	R/L	POINT	ARAH	TGL PENGAMBILAN	X	Y	Z	HASIL PENGUJIAN UNIAKSIAL (Mpa)																															
1	2+450	L	DH-5	Horizontal	29 Januari 2020	110° 26' 53,58"	8° 02' 16,34"	291	520,8																															
2	2+550	L	DH-6	Horizontal	29 Januari 2020	110° 26' 54,88"	8° 02' 17,04"	293	441,7																															
PENGGOLONGAN	NILAI																																							
Bahan Galian Biasa	-																																							
Bahan Galian Lunak	300 - 400 Mpa																																							
Bahan Galian Keras	> 400 Mpa																																							