



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RG141536

ANALISIS PERBANDINGAN PERHITUNGAN VOLUME BERSIH GALIAN DAN TIMBUNAN (NET VOLUME) DENGAN METODE TRAPEZOIDAL DAN BORROW PIT PADA PERANGKAT LUNAK PERHITUNGAN VOLUME

M. UBAYU RIZQI ROHMAT TULLOH
NRP 03311640000021

Dosen Pembimbing
Ir. Yuwono, M.T.
Akbar Kurniawan, S.T.,M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, Dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



TUGAS AKHIR – RG141536

ANALISIS PERBANDINGAN PERHITUNGAN VOLUME BERSIH GALIAN DAN TIMBUNAN (NET VOLUME) DENGAN METODE TRAPEZOIDAL DAN BORROW PIT PADA PERANGKAT LUNAK PERHITUNGAN VOLUME

M. UBAYU RIZQI ROHMAT TULLOH
NRP 03311640000021

Dosen Pembimbing
Ir. Yuwono, M.T.
Akbar Kurniawan, S.T.,M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT – RG141536

ANALYSIS THE DIFFERENCE OF NET VOLUME CALCULATION USING TRAPEZOIDAL AND BORROW PIT METHOD IN THE VOLUME CALCULATION SOFTWARE

M. UBAYU RIZQI ROHMAT TULLOH
NRP 03311640000021

Supervisor
Ir. Yuwono, M.T.
Akbar Kurniawan, S.T.,M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Faculty of Civil, Planning, and Earth Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS PERBANDINGAN PERHITUNGAN VOLUME BERSIH GALIAN DAN TIMBUNAN (NET VOLUME) DENGAN METODE TRAPEZOIDAL DAN BORROW PIT PADA PERANGKAT LUNAK PERHITUNGAN VOLUME

Nama Mahasiswa : M. Ubayu Rizqi Rohmat Tulloh
NRP : 03311640000021
Jurusan : Teknik Geomatika FTSPK-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Yuwono, M.T.
Akbar Kurniawan, S.T.,M.T.

ABSTRAK

Dalam dunia pertambangan batu bara dikenal istilah *joint survey*. Dalam *joint survey*, parameter yang digunakan pada proses transaksi oleh owner kepada kontraktor adalah volume bersih galian dan timbunan (*net volume*). Oleh karena itu, diperlukan suatu pengukuran dan perhitungan dengan metode dan perangkat lunak yang sesuai. Saat ini perangkat lunak sebagai penunjang kegiatan pertambangan semakin berkembang, berbagai perangkat lunak memiliki kekurangan dan kelebihan tersendiri. Pada penelitian kali ini akan melakukan perhitungan volume volume bersih galian dan timbunan (*net volume*) dengan data dari salah satu pit di area tambang PT Anugerah Bara Kaltim yang dipotong menjadi 3 bagian yaitu pit bagian A,B, dan C. Perhitungan volume dilakukan dengan menggunakan metode *Trapezoidal* dan *Borrow Pit* pada dua perangkat lunak, yaitu perangkat lunak *Surpac Vision* dan *AutoCAD Civil 3D*. Hasil perhitungan dari kedua metode pada kedua perangkat lunak tersebut nantinya dibandingkan terhadap nilai hitungan manual dengan mengacu pada toleransi ASTM (*American Society for Testing and Materials*), yakni batas maksimal persentase selisih hasil perhitungan volume, yaitu sebesar 2,78%. Dari hasil pengolahan tersebut kemudian dilakukan analisis sehingga didapatkanlah metode dan perangkat lunak yang tepat untuk digunakan dalam pekerjaan perhitungan volume

tambang batubara. Pada proses perhitungan volume diberikan dua perlakuan, yaitu dengan merubah *interval section* untuk metode *Trapezoidal* pada kedua perangkat lunak dan merubah *interval grid* untuk metode *Borrow Pit* pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*. Dari hasil perhitungan volume didapatkan rata-rata nilai selisih volume yang beragam, yaitu pada metode *Borrow Pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* sebesar 0,099%, metode *Borrow Pit* pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* sebesar 1,911%, metode *Trapezoidal* pada perangkat lunak *Surpac Vision* sebesar 0,407%, dan untuk metode *Trapezoidal* pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* sebesar 0,427%. Pada perhitungan metode *Trapezoidal* pada kedua perangkat lunak, semakin kecil *interval section* yang dibuat maka hasil perhitungan akan semakin mendekati volume acuan dan pada perhitungan metode *Borrow Pit* pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*, semakin kecil *interval grid* yang dibuat maka hasil perhitungan akan semakin mendekati volume acuan. Pada seluruh perhitungan, metode *Borrow Pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* memiliki nilai persentase selisih volume paling kecil terhadap volume acuan.

Kata Kunci : *Borrow pit, Net Volume, Trapezoidal*

ANALYSIS THE DIFFERENCE OF NET VOLUME CALCULATION USING TRAPEZOIDAL AND BORROW PIT METHOD IN THE VOLUME CALCULATION SOFTWARE

Nama Mahasiswa : M. Ubayu Rizqi Rohmat Tulloh
NRP : 03311640000021
Jurusan : Teknik Geomatika FTSPK-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Yuwono, M.T.
Akbar Kurniawan, S.T.,M.T.

ABSTRACT

In coal mining, the term joint survey is known. In a joint survey, the parameter used in the transaction process by the owner to the contractor is the net volume. Therefore, we need a measurement and calculation with the appropriate method and software. Currently the software as a support for mining activities is growing, various softwares have their own advantages and disadvantages. In this study, we will calculate the net volume with data from one of the pits in the mining area of PT Anugerah Bara Kaltim that was cut into 3 parts, namely pit sections A, B, and C. Volume calculations were performed using the Trapezoidal and Borrow Pit methods on two software, namely Surpac Vision and AutoCAD Civil 3D software. The results of the calculations of the two methods in the two software will be compared to the value of the manual calculation by referring to the tolerance of ASTM (American Society for Testing and Materials), which is the maximum limit of the percentage difference in volume calculation results, which is 2,78%. The results of the processing are then analyzed so that the right methods and software are obtained to be used in the work of calculating the volume of coal mines. In the process of calculating the volume given two treatments, namely by changing the interval section for the Trapezoidal method in both software and changing the grid interval for the Borrow Pit method in AutoCAD Civil 3D software. From the calculation of volume,

the average value of the volume difference varies, namely the Borrow Pit method in the Surpac Vision software is 0,099%, the Borrow Pit method in the AutoCAD Civil 3D software is 1,911%, the Trapezoidal method in the Surpac Vision software is 0,407 %, and the Trapezoidal method in AutoCAD Civil 3D software is 0,427%. In the calculation of the Trapezoidal method in both software, the smaller the interval section made, the calculation results will be closer to the reference volume and the calculation of the Borrow Pit method in AutoCAD Civil 3D software, the smaller the grid intervals made, the calculation results will be closer to the volume reference. For all calculations, the Borrow Pit method in Surpac Vision software has the smallest percentage of volume difference value compared to the reference volume.

Keyword : *Borrow pit, Net Volume, Trapezoidal*

**ANALISIS PERBANDINGAN PERHITUNGAN VOLUME
BERSIH GALIAN DAN TIMBUNAN (NET VOLUME)
DENGAN METODE TRAPEZOIDAL DAN BORROW PIT
PADA PERANGKAT LUNAK PERHITUNGAN VOLUME**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

Pada

**Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, Dan Kebumihan
Institute Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**M. Ubayu Rizqi Rohmat Tulloh
NRP. 03311640000021**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Yuwono, M.T.

NIP. 195901241985021001

Akbar Kurniawan, S.T., M.T.

NIP. 198605182012121002



SURABAYA, 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah atas limpahan rahmat dan karunia- Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul “**Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Bersih Galian Dan Timbunan (*Net Volume*) Dengan Metode *Trapezoidal* Dan *Borrow Pit* Pada Perangkat Lunak Perhitungan Volume**” ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan secara moral maupun materi. Atas segala bantuan dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua, beserta seluruh keluarga penulis yang selama pelaksanaan tugas akhir sampai pembuatan laporan ini memberikan inspirasi, semangat, kasih sayang dan seluruh dukungannya kepada penulis.
2. Bapak Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D, selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Ir. Yuwono, M.T., selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan dan sarannya.
4. Bapak Akbar Kurniawan, S.T.,M.T., selaku dosen
5. pembimbing atas segala bimbingan dan sarannya
6. Teman-teman G18 yang telah membantu dan menemani selama ini.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penulis sangat mengharapkan saran dan masukan sebagai pembelajaran bagi penulis untuk menjadi lebih baik. Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih atas segala kesempatan yang telah diberikan, semoga penelitian ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
HALAMAN PENGESAHAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi Pemetaan dan Pengukuran.....	5
2.2 Kerangka Dasar Pemetaan.....	6
2.2.1 Kerangka Horizontal	6
2.2.3 Kerangka Vertikal	12
2.3 Pengukuran Detil	20
2.3.1 Metode <i>Tachimetri</i>	20
2.3.2 Metode <i>Offset</i>	23

2.3.3	Metode <i>Grafis</i>	26
2.4	Metode Perhitungan Volume.....	28
2.4.1	Metode Garis Kontur.....	29
2.4.2	<i>Tapezoidal (Cross Section)</i>	30
2.4.3	<i>Borrow Pit</i>	33
2.5	<i>Digital Terrain Model (DTM)</i>	34
2.6	<i>Software Surpac Vision</i>	35
2.7	<i>Software AutoCAD Civil 3D (Student Version)</i>	36
2.8	Uji Statistik.....	36
2.9	Penelitian Terdahulu.....	37
BAB III METODOLOGI		41
3.1	Lokasi Penelitian	41
3.2	Data dan Peralatan.....	42
3.2.1	Data	42
3.2.2	Peralatan	42
3.3	Metode Penelitian.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		51
4.1	Hasil	51
4.1.1	Pengukuran Topografi.....	51
4.1.2	Pengolahan Data Topografi.....	52
4.1.3	Sebaran Data Dan Tampilan DTM.....	58
4.1.4	Perhitungan Volume.....	69
4.2	Analisis Hasil Perhitungan Volume	82
4.2.1.	<i>Borrow Pit</i>	83
4.2.2.	<i>Trapezoidal</i>	86

4.3	<i>Paired T-Test</i>	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		91
5.1	Kesimpulan.....	91
5.2	Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA.....		93
LAMPIRAN		95
BIODATA PENULIS.....		196

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Poligon Terbuka (Nurjati, 2004)	7
Gambar 2. 2 Poligon Tertutup (Nurjati, 2004)	8
Gambar 2. 3 Poligon Bercabang (Nurjati, 2004).....	8
Gambar 2. 4 Perhitungan Sudut Jurusan (Nurjati, 2004)	8
Gambar 2. 5 Prinsip Pengukuran Beda Tinggi (Nurjati, 2004)..	13
Gambar 2. 6 Cara I Pengukuran Beda Tinggi (Nurjati, 2004)	14
Gambar 2. 7 Cara II Pengukuran Beda Tinggi (Nurjati, 2004) ...	15
Gambar 2. 8 Pengukuran Sipat Datar Memanjang (Nurjati, 2004).	16
Gambar 2. 9 Sipat datar terbuka (Nurjati, 2004).	17
Gambar 2. 10 Sipat Datar Sirkuit (Nurjati, 2004).	18
Gambar 2. 11 Perhitungan Koordinat Detail Dengan Metode Tachimetri (Purwaamijaya, 2008).....	22
Gambar 2. 12 Metode Penyikuan (Basuki S, 2011)	23
Gambar 2. 13 Metode Mengikat Pada Titik Sembarang (Basuki S, 2011).....	24
Gambar 2. 14 Metode Perpanjangan Sisi (Basuki S, 2011)	25
Gambar 2. 15 Metode Trilaterasi Sederhana (Basuki S, 2011) ...	26
Gambar 2. 16 Alat Ukur Plane Table Sederhana (Basuki S, 2011)	27
Gambar 2. 17 Penentuan volume dengan garis kontur (Basuki S, 2011).....	29
Gambar 2. 18 Penentuan volume dengan metode penampang rata- rata (Irvine, 1995).....	31
Gambar 2. 19 Penentuan volume dengan metode prismoida (Irvine, 1995).....	32
Gambar 2. 20 Borrow pit berbentuk segi empat.....	33
Gambar 2. 21 DTM (Digital Terrain Model).	35
Gambar 3. 1 Gambar Lokasi Penelitian (Google Earth,2019). ...	41
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	43
Gambar 4. 1 Gambaran Proses Pengambilan Data Progres	52

Gambar 4. 2 Proses Pengambilan Data Progres di salah satu Pit PT Anugerah Bara Kaltim	52
Gambar 4. 3 Pembuatan Data Base Baru	53
Gambar 4. 4 Import Database.....	53
Gambar 4. 5 Load Database	54
Gambar 4. 6 Pengecekan Tabel Database	54
Gambar 4. 7 Daftar Database	55
Gambar 4. 8 Pengeditan Data dan Disimpan dengan Format (*.inp).	56
Gambar 4. 9 Pengolahan Data Koordinat	56
Gambar 4. 10 Simpan Data Koordinat	57
Gambar 4. 11 Pengeditan dan Penghapusan Koordinat yang Tidak Digunakan.	57
Gambar 4. 12 Penggabungan File Progres	58
Gambar 4. 13 Sebaran data natural Keseluruhan Pit.....	59
Gambar 4. 14 Sebaran data natural Pit A	60
Gambar 4. 15 Sebaran data natural Pit B	60
Gambar 4. 16 Sebaran data natural Pit C	61
Gambar 4. 17 Sebaran data eksisting keseluruhan pit.....	62
Gambar 4. 18 Sebaran data eksisting pit A	63
Gambar 4. 19 Sebaran data eksisting pit B.....	63
Gambar 4. 20 Sebaran data eksisting pit C.....	64
Gambar 4. 21 Tampilan DTM Natural Surpac Vision	65
Gambar 4. 22 Tampilan DTM EOM Surpac Vision	66
Gambar 4. 23 Tampilan DTM Natural AutoCAD Civil 3D.....	66
Gambar 4. 24 Tampilan DTM EOM AutoCAD Civil 3D.....	67
Gambar 4. 25 Tampilan DTM Natural Matlab.....	68
Gambar 4. 26 Tampilan DTM EOM Matlab.....	69
Gambar 4. 27 Digital Terrain Model pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D	70
Gambar 4. 28 Alignment Dan Irisan Melintang Pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D	73
Gambar 4. 29 Visualisasi Penampang Tampak Samping Pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D	73

Gambar 4. 30 Digital Terrain Model Pada Perangkat Lunak Surpac Vision	76
Gambar 4. 31 Report Hasil Perhitungan Volume Metode Borrow Pit Pada Perangkat Lunak Surpac Vision.....	76
Gambar 4. 32 Visualisasi Penampang Tampak Samping Pada Perangkat Lunak Surpac Vision	78
Gambar 4. 33 Digital Terrain Model Pada Perangkat Lunak Matlab.....	81
Gambar 4. 34 Perbandingan Rata-rata Persentase Selisih Perhitungan Volume dengan Metode Borrow Pit Pada Perangkat AutoCAD Civil 3D.....	84
Gambar 4. 35 Perbandingan Rata-rata Persentase Selisih Perhitungan Volume dengan Metode Borrow Pit Pada Perangkat Lunak Surpac Vision Dan AutoCAD Civil 3D	85
Gambar 4. 36 Perbandingan Rata-rata Persentase Selisih Perhitungan Volume dengan Metode Trapezoidal Pada Perangkat Lunak Surpac Vision dan AutoCAD Civil 3D	87
Gambar 4. 37 Perbandingan Rata-rata Persentase Selisih Perhitungan Volume dengan Metode Trapezoidal Antara Perangkat Lunak Surpac Vision dan AutoCAD Civil 3D	88
Gambar 4. 38 Perbandingan Rata-rata Persentase Selisih Perhitungan Volume Pada Perangkat Lunak Perhitungan Volume	89

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Statistik data natural Keseluruhan Pit	58
Tabel 4. 2 Statistik data natural Pit A.....	59
Tabel 4. 3 Statistik data natural Pit.....	60
Tabel 4. 4 Statistik data natural Pit C	61
Tabel 4. 5 Statistik data eksisting Keseluruhan Pit	62
Tabel 4. 6 Statistik data eksisting Pit A.....	62
Tabel 4. 7 Statistik data eksisting Pit B.....	63
Tabel 4. 8 Statistik data eksisting Pit C.....	64
Tabel 4. 9 Report Hasil Perhitungan Volume Metode Borrow Pit Pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D.....	71
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Volume Metode Borrow Pit Pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D	71
Tabel 4. 11 Koordinat titik awal dan akhir alignment.....	72
Tabel 4. 12 Tampilan Report Hasil Perhitungan Volume Metode Trapezoidal Pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D.....	74
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Volume Metode Trapezoidal Pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D	75
Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Volume Metode Metode Borrow Pit Pada Perangkat Lunak Surpac Vision	77
Tabel 4. 15 Koordinat Titik Awal Dan Akhir Alignment	77
Tabel 4. 16 Report Hasil Perhitungan Volume Metode Trapezoidal Pada Perangkat Lunak Surpac Vision	79
Tabel 4. 17 Hasil Hitungan Volume Metode Trapezoidal Pada Perangkat Lunak Surpac Vision	80
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Volume Manual	82
Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan dan Selisih Volume Metode Borrow Pit terhadap Perhitungan Manual	83
Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Dan Selisih Volume Metode Trapezoidal Terhadap Perhitungan Manual	86
Tabel 4. 21 Hasil Uji T Sampel Berpasangan	89

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Perhitungan Volume Metode Borrow Pit Perangkat Lunak Surpac Vision	95
Lampiran 2. Hasil Perhitungan Volume Metode Trapezoidal Perangkat Lunak Surpac Vision	96
Lampiran 3. Hasil Perhitungan Volume Metode Borrow Pit Perangkat Lunak AutoCAD Civil 3D.....	98
Lampiran 4. Hasil Perhitungan Volume Metode Trapezoidal Perangkat Lunak AutoCAD Civil 3D.....	99
Lampiran 5. Hasil Perhitungan Volume Manual Metode Borrow Pit Pada Perangkat Lunak Matlab	108
Lampiran 6 Peta Plotting Irisan Melintang Perangkat Lunak AutoCAD Civil 3D.....	111
Lampiran 7 Peta Plotting Irisan Melintang Perangkat Lunak Surbac Vision	153

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pekerjaan tambang seperti pengukuran topografi, *staking out*, penentuan batas penambangan (*boundary*) dan perhitungan jumlah volume galian merupakan bidang pekerjaan yang berhubungan dengan disiplin ilmu Teknik Geomatika (Oktavian A. 2008). Dalam dunia pertambangan batu bara dikenal istilah *joint survey*, yaitu proses pengukuran dan perhitungan galian tambang yang dilakukan bersama-sama antara kontraktor dan *owner* tambang. Dalam *joint survey* yang digunakan parameter pembayaran oleh owner kepada kontraktor adalah volume bersih galian dan timbunan atau *net volume*, oleh karena itu volume bersih galian dan timbunan harus diukur dan dihitung dengan metode maupun perangkat lunak yang sesuai.

Perangkat lunak yang digunakan dalam bidang pertambangan sebagai alat penunjang pengolahan data seperti penghitungan volume kini semakin banyak ditemui, seperti *minescape*, *surpac vision*, *12d*, *Terramodel*, *AutoCAD Civil 3D* dan sebagainya. Dengan adanya perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat, berpengaruh pada perkembangan perangkat lunak, beberapa perangkat lunak dapat memiliki lebih dari 1 metode untuk perhitungan volume.

Penelitian kali ini akan melakukan penghitungan volume galian batu bara dengan data dari salah satu pit di area tambang PT Anugerah Bara Kaltim, menggunakan metode *Trapezoidal* dan *Borrow Pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* (milik PT Anugerah Bara Kaltim) dan *AutoCAD Civil 3D (Student Version)* dimana dari hasil tiap metode dari tiap perangkat lunak akan dianalisa manakah metode dan perangkat lunak yang tepat untuk digunakan dalam pekerjaan perhitungan volume galian tambang batubara. Analisa dilakukan dengan menghitung nilai prosentase selisih perhitungan volume yang dilakukan pada metode *Trapezoidal* dan *Borrow Pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* dan *AutoCAD Civil 3D* terhadap hitungan manual metode *borrow*

pit dan dilakukan uji T sampel berpasangan, untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara perhitungan pada tiap metode pada masing-masing perangkat lunak terhadap perhitungan manual.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana cara mengetahui hasil perbandingan perhitungan volume dengan metode *Trapezoidal* dan *Borrow Pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* dan *AutoCAD Civil 3D* ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dari penelitian ini antara lain :

1. Data yang digunakan merupakan data primer, hasil pengukuran terestris dengan menggunakan *Total Station Sokkia SET 2x* pada *pit* atau area tambang milik PT Anugerah Bara Kaltim, Kutai kartanegara, Kalimantan Timur pada bulan Juli 2019.
2. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Surpac Vision*, *AutoCAD Civil 3D* dan *Matlab*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membandingkan hasil penghitungan volume bersih galian dan timbunan (*net volume*) tambang batu bara antara metode *Trapezoidal* dan *Borrow Pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* dan *AutoCAD Civil 3D*, sebagai nilai acuan hasil penghitungan volume menggunakan penghitungan volume manual dengan metode *borrow pit* pada perangkat lunak *Matlab*.
2. Mengetahui pengaruh besarnya *interval grid* terhadap hasil perhitungan volume dengan metode *borrow pit* pada masing-masing perangkat lunak.
3. Mengetahui pengaruh besarnya *interval section* terhadap hasil perhitungan volume dengan metode *trapezoidal* pada masing-masing perangkat lunak.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai pembandingan antara kedua metode dan perangkat lunak, sehingga dalam pengolahan data penghitungan volume dapat digunakan metode dan perangkat lunak yang sesuai.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Pemetaan dan Pengukuran

Pemetaan mempunyai arti menentukan posisi sekumpulan titik pada permukaan bumi yang akan di diskripsikan dalam bidang datar (Purwohardjo, 1986). Suatu pemetaan membutuhkan pengukuran untuk memperoleh data.

Pengukuran untuk pembuatan peta juga biasa disebut pengukuran topografi, untuk pengukuran situasi, atau pengukuran detil, dilakukan untuk dapat menggambarkan unsur-unsur : alam, buatan manusia dan bentuk permukaan tanah dengan system dan cara tertentu (Purwohardjo, 1986). Metode mengukur dengan menyentuh langsung objek yang akan dipetakan disebut metode terestris.

Pengukuran dilakukan untuk menentukan posisi (koordinat dan ketinggian) titik-titik di muka bumi. Titik-titik di muka bumi yang diukur, dikelompokkan ke dalam dua kelompok besar yaitu titik-titik kerangka dasar dan titik-titik detil. Titik-titik kerangka dasar adalah sejumlah titik-titik (ditandai dengan patok kayu atau beton) yang dibuat dengan kerapatan tertentu yang akan digunakan untuk menentukan koordinat dan ketinggian titik-titik detil. Titik-titik detil adalah titik-titik yang ada di lapangan yaitu titik-titik sepanjang pinggiran sungai, jalan, pojok bangunan dan lain-lain, yaitu unsur- unsur yang mewakili di lapangan (Purwohardjo, 1986).

Peta merupakan gambaran dari unsur-unsur alam dan buatan manusia, berada di permukaan bumi yang digambarkan pada suatu bidang datar dengan skala tertentu (Purwohardjo, 1986). Kemajuan teknologi juga mempengaruhi wawasan tentang peta, peta yang biasanya identik dengan lembaran-lembaran kertas, kini lebih dikenal dengan sesuatu yang digital. Pembuatan peta kini berbasiskan oleh komputer, dimana peta konvensional yang berbentuk lembaran-lembaran kertas kini telah diubah menjadi digital.

2.2 Kerangka Dasar Pemetaan

Tahap awal sebelum melakukan suatu pengukuran adalah dengan melakukan penentuan titik-titik kerangka dasar pemetaan pada daerah atau areal yang akan dilakukan pengukuran yaitu penentuan titik-titik yang ada di lapangan yang ditandai dengan patok kayu, paku atau patok permanen yang dipasang dengan kerapatan tertentu, fungsi dari sistem kerangka dasar pemetaan dengan penentuan titik-titik inilah yang nantinya akan dipakai sebagai titik acuan (*reference*) bagi penentuan titik-titik lainnya dan juga akan dipakai sebagai titik kontrol bagi pengukuran yang baru. Pengukuran dilaksanakan untuk memperoleh data sudut dan jarak dilapangan yang akan dihasilkan suatu data posisi berupa data koordinat (X,Y) yang dapat digunakan dalam pembuatan peta dasar teknik (Brinker,1987). Terdapat 2 macam kerangka kontrol yakni :

2.2.1 Kerangka Horizontal

Kerangka dasar horizontal merupakan kumpulan titik-titik yang telah diketahui atau ditentukan posisi horizontalnya berupa koordinat pada bidang datar (X,Y) dalam sistem proyeksi tertentu. Bila dilakukan dengan cara teristris, pengadaan kerangka horizontal bisa dilakukan menggunakan cara triangulasi, trilaterasi atau poligon. Pemilihan cara dipengaruhi oleh bentuk medan lapangan dan ketelitian yang dikehendaki. (Purwohardjo, 1986). Metode poligon merupakan salah satu metode untuk penentuan Kerangka kontrol horizontal.

2.2.2 Metode Poligon

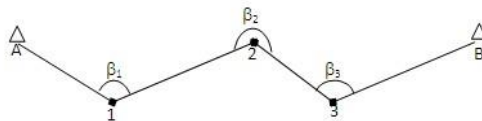
Poligon adalah serangkaian garis berurutan yang panjang dan arahnya telah ditentukan dari pengukuran lapangan. Pengukuran poligon merupakan pekerjaan menetapkan stasiun poligon dan membuat pengukuran yang perlu. Merupakan salah satu cara paling dasar dan paling banyak dilakukan untuk menentukan posisi titik

yang belum diketahui koordinatnya dari titik yang sudah diketahui koordinatnya. Metode poligon adalah suatu cara penentuan posisi horisontal banyak titik dimana titik satu dan lainnya dihubungkan satu sama lain dengan pengukuran sudut dan jarak sehingga membentuk rangkaian titik-titik (poligon). Poligon digunakan untuk pemetaan daerah kecil, penyelenggaraan titik-titik kerangka dasar. Metode poligon lebih bisa menyesuaikan dengan keadaan lapangan dan ketelitiannya dapat memadai untuk pemetaan topografi. Maksud dan tujuan pengukuran polygon adalah untuk:

- Menentukan koordinat titik-titik yang belum diketahui koordinatnya dari titik yang telah diketahui koordinatnya
- Merapatkan jaringan kerangka pengukuran yang telah ada
- Sebagai kerangka pengukuran dan pemetaan

1. Poligon Terbuka

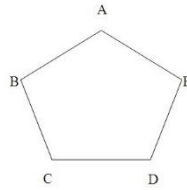
Poligon terbuka adalah suatu poligon yang titik awalnya dan titik akhirnya merupakan titik yang berlainan (tidak bertemu pada suatu titik).



Gambar 2. 1 Poligon Terbuka (Nurjati, 2004)

2. Poligon Tertutup

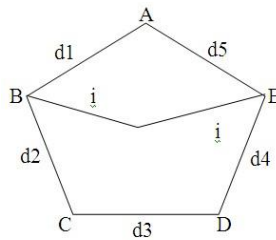
Poligon tertutup adalah suatu poligon yang titik awalnya dan titik akhirnya bertemu pada satu titik yang sama. Pada poligon tertutup, koreksi sudut dan koreksi koordinat tetap dapat dilakukan karena titik awal dan titik akhir pada titik yang sama.



Gambar 2. 2 Poligon Tertutup (Nurjati, 2004)

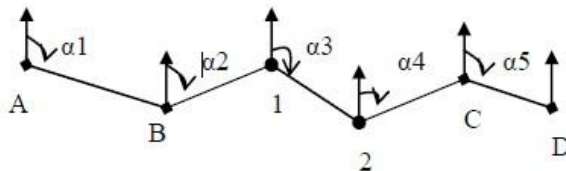
3. Poligon Cabang

Poligon bercabang adalah suatu poligon yang dapat mempunyai satu simpul atau lebih titik simpul, yaitu titik dimana cabang itu terjadi. Cabang ini dapat berbentuk cabang terbuka ataupun cabang tertutup.



Gambar 2. 3 Poligon Bercabang (Nurjati, 2004)

2.2.2.1 Perhitungan Poligon



Gambar 2. 4 Perhitungan Sudut Jurusan (Nurjati, 2004)

Menghitung Jarak:

$$d_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} \quad (2.1)$$

(Nurjati, 2004)

Menghitung Sudut Jurusan:

$$\alpha_{AB} = \tan^{-1} \left(\frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A} \right) \quad (2.2)$$

(Nurjati, 2004)

1. Poligon Tertutup Terikat Sempurna

Perhitungan koreksi sudut masing-masing

$$\Sigma\beta = (n - 2) 180^\circ + f\beta \quad (2.3)$$

(Nurjati, 2004)

Keterangan:

$\Sigma\beta$ = Jumlah sudut pengukuran ($^\circ$)

n = Jumlah titik pengukuran

$f\beta$ = Kesalahan penutup sudut ($^\circ$)

Pada poligon tertutup jika yang diukur adalah sudut dalamnya :

1. Syarat sudut $0 = \Sigma\beta - (n-2)180^\circ$

2. Syarat absis $0 = \Sigma\Delta x$

3. Syarat ordinat $0 = \Sigma\Delta y$

Pada poligon tertutup jika yang diukur sudut adalah luarnya:

1. Syarat sudut $0 = \Sigma\beta - (n+2)180^\circ$

2. Syarat absis $0 = \Sigma\Delta x$

3. Syarat ordinat $0 = \Sigma\Delta y$

Setelah didapatkan koreksi sudut ($f\beta$), kemudian ditambahkan atau direduksikan ke masing-masing titik pengukuran, maka diperoleh sudut yang telah terkoreksi (β). Perhitungan azimuth masing-masing arah dengan rumus:

$$\alpha_{n+1n+2} = \alpha_{nn+1} \pm 180^\circ \pm \beta' \quad (2.4)$$

(Nurjati, 2004)

Keterangan:

α_{n+1n+2} = Azimuth dari $n+1$ ke $n+2$

α_{nn+1} = Azimuth dari n ke $n+1$

β' = Sudut β terkoreksi

Perhitungan selisih absis (Δx) dan selisih ordinat (Δy)

1. Selisih absis :

$$(\Delta x_{nn+1}) = d_{nn+1} \cdot \sin \alpha_{nn+1} \quad (2.5)$$

(Nurjati, 2004)

2. Selisih ordinat :

$$(\Delta y_{nn+1}) = d_{nn+1} \cdot \cos \alpha_{nn+1} \quad (2.6)$$

(Nurjati, 2004)

Keterangan:

D = Jarak antara dua titik pengamatan (m)

Σd = Jumlah jarak dalam suatu jalur pengukuran (m)

$$f_x = \sum d \sin \alpha$$

$$f_y = \sum d \cos \alpha$$

Perhitungan koordinat masing-masing titik

1. Absis (x)

$$x_{n+1} = x_n + \Delta x_{nn+1} + \left(\frac{d_{nn+1}}{\Sigma d} \cdot f_x \right) \quad (2.7)$$

(Nurjati, 2004)

2. Ordinat (y)

$$y_{n+1} = y_n + \Delta y_{nn+1} + \left(\frac{d_{nn+1}}{\Sigma d} \cdot f y \right) \quad (2.8)$$

(Nurjati, 2004)

2. Poligon Terbuka Terikat Sempurna

Syarat sudut

$$(\alpha_{akhir} - \alpha_{awal}) = \Sigma \beta - (n \cdot 180) \quad (2.9)$$

(Nurjati, 2004)

Keterangan:

α_{akhir} = Azimuth akhir ($^{\circ}$)

α_{awal} = Azimuth awal ($^{\circ}$)

$\Sigma \beta$ = Jumlah sudut pengukuran ($^{\circ}$)

n = Banyak sudut yang diukur

f β = Kesalahan penutup sudut ($^{\circ}$)

Setelah didapatkan f β , kemudian dibagi jumlah sudut lalu didistribusikan ke masing-masing sudut.

Syarat Absis

$$X_{akhir} - X_{awal} = \Sigma \Delta x + f x \quad (3.0)$$

(Nurjati, 2004)

Keterangan:

X_{akhir} = Absis akhir (m)

X_{awal} = Absis awal (m)

$\Sigma \Delta x$ = Jumlah selisih absis (m)

fx = Faktor kesalahan absis (salah penutup x) (m)

Syarat ordinat

$$Y_{akhir} - Y_{awal} = \Sigma \Delta y + f y \quad (3.1)$$

(Nurjati, 2004)

Keterangan:

Yakhir = Ordinat akhir (m)

Yawal = Ordinat awal (m)

$\Sigma \Delta y$ = Jumlah selisih ordinat (m)

f_y = Faktor kesalahan ordinat (salah penutup y)
(m)

3. Toleransi Pengukuran

Disamping menentukan koordinat x dan y, turut diperhatikan pula toleransi dalam pengukuran, baik toleransi sudut maupun jarak. Toleransi pengukuran sudut (Nurjati, 2004):

$$f\beta \leq i\sqrt{n} \quad (3.2)$$

(Nurjati, 2004)

Keterangan:

$f\beta$ = Salah penutup sudut ($^{\circ}$)

i = Bacaan skala terkecil alat atau ketelitian alat (“ atau detik)

n = Jumlah sudut yang diukur

Toleransi pengukuran jarak :

$$\left(\frac{\sqrt{fx^2 + fy^2}}{\Sigma d} \right) = \text{toleransi kesalahan} \quad (3.3)$$

(Nurjati, 2004)

Keterangan:

$\sqrt{fx^2 + fy^2}$ = Kesalahan linier (m)

Σd = Jumlah jarak antar sudut (m)

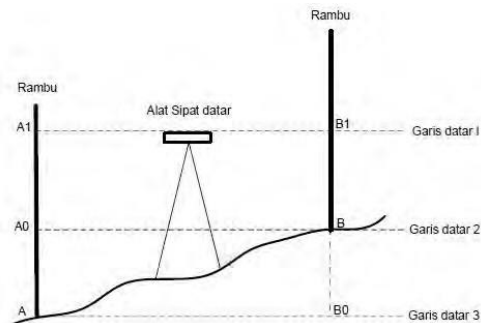
2.2.3 Kerangka Vertikal

Kerangka kontrol vertical merupakan kumpulan titik-titik yang telah diketahui atau ditentukan posisi vertikalnya berupa ketinggian terhadap bidang rujukan ketinggian tertentu. Bidang rujukan ketinggian ini bisa

berupa ketinggian muka air laut rata-rata (*mean sea level*) atau ditentukan lokal.

2.2.3.1 Prinsip Penentuan Beda Tinggi

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat sipat datar (waterpass). Alat didirikan pada suatu titik yang diarahkan pada dua buah rambu yang berdiri vertikal. Maka beda tinggi dapat dicari dengan melakukan pengukuran antara bacaan muka dan bacaan belakang.



Gambar 2. 5 Prinsip Pengukuran Beda Tinggi (Nurjati, 2004).

Prinsip penentuan beda tinggi dengan sipat datar menggunakan garis bidik sebagai garis datar 1 di titik A dan B didirikan rambu ukur secara tegak. Jarak vertikal rambu di titik AA₁=a dan BB₁=b dapat diukur. Pada titik A dan B angka rambu adalah nol, bila AA₁=a dan BB₁= b maka beda tinggi A dan B adalah:

$$\Delta H_{AB} = a - b \quad (3.4)$$

(Nurjati, 2004)

Jika :

ΔH_{AB} = Beda tinggi titik A dan B

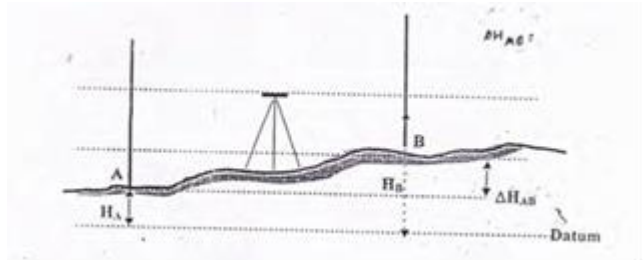
$\Delta H_{AB} = 0$, maka A dan B sama tinggi

$\Delta H_{AB} > 0$, maka A lebih rendah dari B

$\Delta H_{AB} < 0$, maka A lebih tinggi dari B

2.2.3.2 Macam-Macam Penentuan Beda Tinggi Cara I :

Alat diletakkan diantara dua buah rambu yang vertical, cara ini digunakan pada pengukuran sipat datar memanjang dan pada daerah yang relatif datar.



Gambar 2. 6 Cara I Pengukuran Beda Tinggi (Nurjati, 2004)

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A \rightarrow \Delta H_{AB} = BT_A - BT_B \quad (3.5)$$

(Nurjati, 2004)

Keterangan:

ΔH_{AB} = Beda tinggi titik A dan titik B (m)

H_A = Tinggi titik A (m)

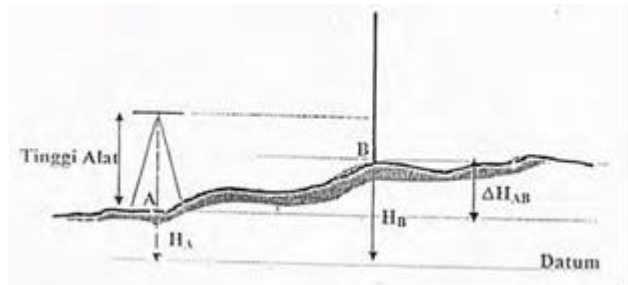
H_B = Tinggi titik B (m)

BT_B = Benang tengah titik B (m)

BT_A = Benang tengah titik A (m)

Cara II :

Alat diletakkan pada suatu titik yang akan diukur beda tingginya dan titik yang lain didirikan rambu ukur. Cara ini biasanya dilakukan pada pengukuran sipat datar melintang karena jarak antar titik yang terlalu pendek.



Gambar 2. 7 Cara II Pengukuran Beda Tinggi (Nurjati, 2004)

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A \rightarrow \Delta H_{AB} = T_{\text{Alat}} - B_{T_B} \quad (3.6)$$

(Nurjati, 2004)

Keterangan :

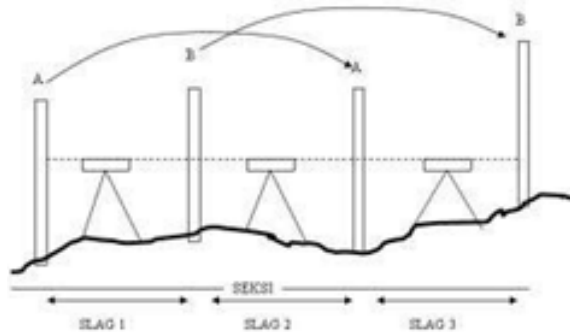
T_{Alat} = Tinggi alat (m)

2.2.3.3 Macam Pengukuran Sipat Datar

Dalam menentukan beda tinggi dengan menggunakan sipat datar, ada beberapa jenis sipat datar yang harus diketahui, yaitu : sipat datar memanjang (sipat datar terbuka dan sipat datar kring / sirkuit / tertutup), sipat datar profil, dan sipat datar luasan.

1. Sipat datar memanjang

Sipat datar memanjang adalah suatu pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui ketinggian titik-titik sepanjang jalur pengukuran dan pada umumnya diperlukan sebagai kerangka vertikal bagi suatu daerah pemetaan sehingga hasil yang didapatkan adalah ketinggian titik-titik. Karena sebagai kerangka vertikal pada umumnya diperlukan ketelitian yang tinggi, oleh karena itu banyak persyaratan yang harus dipenuhi pada saat pengukuran.



Gambar 2. 8 Pengukuran Sipat Datar Memanjang (Nurjati, 2004).

Syarat pengukuran

1. Alat berada ditengah antara dua rambu
2. Baca rambu belakang (b), baru kemudian dibaca rambu muka (m)
3. Seksi dibagi dalam slag berjumlah genap
4. Pengukuran dapat dilakukan dengan cara pergi pada pagi hari dan pulang pada siang hari atau dengan cara doble stand, dimana selisih beda tinggi stand 1 dan 2 maksimum 2 mm.
5. Hasil bacaan harus memenuhi

$$\left(\frac{BA+BB}{2} - BT \right) \leq 2 \text{ mm} \quad (3.7)$$

(Nurjati, 2004)

6. Penempatan rambu ukur harus berdiri menggunakan sistem loncat atau metode leaf Frog, yaitu untuk setiap slag berikutnya rambu belakang menjadi rambu muka dan rambu muka menjadi rambu belakang
7. Jumlah jarak muka = jumlah jarak belakang.
8. Jarak alat ke rambu maksimum = 75 meter.

9. Dilakukan koreksi garis bidik pada awal dan akhir.

$$\tan \alpha = \frac{(b'_1 - m'_1) - (b'_2 - m'_2)}{(db'_1 - dm'_1) - (db'_2 - dm'_2)} \quad (3.8)$$

(Nurjati, 2004)

Dimana :

α = kesalahan/kemiringan garis bidik alal ukur

b'_1 = benang tengah belakang posisi I

b'_2 = benang tengah belakang posisi II

m'_1 = benang tengah muka posisi I

m'_2 = benang tengah muka posisi II

db'_1 = jarak belakang posisi I

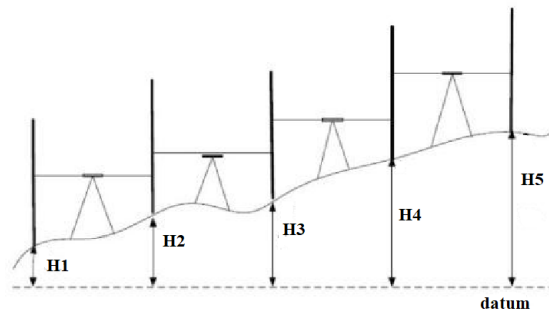
db'_2 = jarak belakang posisi II

dm'_1 = jarak muka posisi I

dm'_2 = jarak muka posisi II

a. Sipat Datar Terbuka

Sipat datar terbuka adalah pengukuran sipat datar yang titik awal dan titik akhirnya tidak saling bertemu, pada gambar 2.9, dapat dilihat bahwa pengukuran tersebut dilakukan untuk mendapatkan tinggi titik 5 dari titik 1 yang sudah diketahui tingginya.



Gambar 2. 9 Sipat datar terbuka (Nurjati, 2004).

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{12} &= H_1 - H_2 \rightarrow H_2 = H_1 + \Delta H_{12} \\
 \Delta H_{23} &= H_3 - H_2 \rightarrow H_3 = H_2 + \Delta H_{23} \\
 \Delta H_{34} &= H_4 - H_3 \rightarrow H_4 = H_3 + \Delta H_{34} \\
 \Delta H_{45} &= H_5 - H_4 \rightarrow H_5 = H_4 + \Delta H_{45}
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

(Nurjati, 2004)

Maka untuk mendapatkan H_5 dapat dihitung apabila diketahui :

$$H_5 = H_1 + \Delta H_{12} + \Delta H_{23} + \Delta H_{34} + \Delta H_{45} \tag{4.0}$$

(Nurjati, 2004)

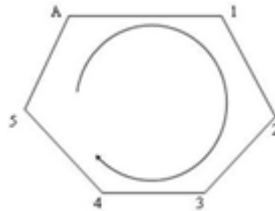
Maka secara umum dapat ditulis :

$$H_n = H_1 + \sum_{i=1}^n \Delta H_{1,n-1} \tag{4.1}$$

(Nurjati, 2004)

b. Sipat Datar Kring / Sirkuit / Tertutup

Sipat datar kring adalah suatu pengukuran sipat datar yang titik awal dan titik akhir sama / berimpit, hal ini dilakukan agar hasil data ketinggiannya dapat dikoreksi dengan lebih teliti.



Gambar 2. 10 Sipat Datar Sirkuit (Nurjati, 2004).

$$\sum \Delta H + k = 0 \tag{4.2}$$

(Nurjati, 2004)

$$C = \frac{k}{n-1} \tag{4.3}$$

(Nurjati, 2004)

Keterangan :

A = titik ikat (awal = akhir) (m)

1,2,3,4 dan 5 = titik yang dicari.

ΔH = beda tinggi (m)

k = kesalahan (m)

n = jumlah titik

C = koreksi (m)

c. Sipat Datar Profil

Sipat datar profil bertujuan untuk menentukan bentuk permukaan tanah atau tinggi rendahnya permukaan tanah sepanjang jalur pengukuran, baik secara memanjang maupun melintang. Hasil pengukuran merupakan informasi untuk perencanaan jalan raya, rel kereta api, jalue pipa, dan lain-lain, seperti dalam:

1. Menentukan gradien yang cocok untuk pekerjaan konstruksi.
2. Menghitung volume pekerjaan.
3. Menghitung volume galian dan timbunan yang perlu disiapkan.

d. Sipat Datar Luasan

Sipat datar luasan bertujuan untuk menentukan bentuk permukaan tanah pada suatu daerah atau lapangan sehingga dapat dihitung volume galian dan timbunannya (Nurjati, 2004). Sipat datar luasan biasanya dilakukan pada perencanaan bangunan yang memerlukan daerah yang rata dan datar seperti pelabuhan udara, lapangan parkir, kompleks gudang dan sebagainya. Bentuk permukaan tanah ditentukan berdasarkan tinggi garis bidik dan lapangan yang akan ditentukan permukaannya dipasang patok–

patok yang membagi lapangan menjadi jaringan-jaringan bujur sangkar dengan luas yang sama.

Hasil pengukuran tinggi dari patok-patok ini akan dapat digambarkan bentuk permukaan tanahnya, dan dengan data ketinggian patok-patok tersebut dapat dihubungkan menjadi garis kontur. Garis kontur adalah suatu garis khayal yang menghubungkan secara berurutan semua titik yang mempunyai ketinggian yang sama terhadap suatu bidang referensi yang telah dipilih sebelumnya, sehingga garis kontur ini tidak akan pernah berpotongan kecuali pada daerah patahan tegak lurus atau daerah terjal.

2.3 Pengukuran Detil

Pengukuran detail/situasi adalah kegiatan pengumpulan data koordinat permukaan bumi dan segala sesuatu yang ada di atasnya baik alami maupun buatan manusia (sungai, bangunan, jembatan, saluran air, sawah dll). beberapa metode dalam pengukuran titik-titik detail yang dapat dilakukan, diantaranya :

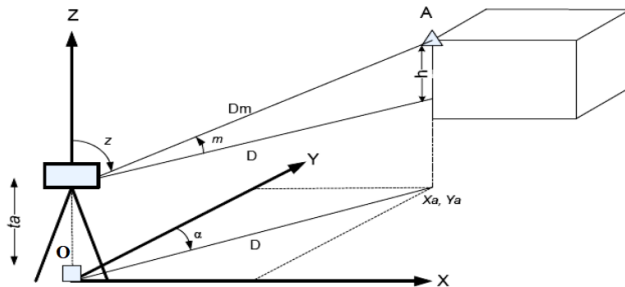
1. Metode *Tachimetri*
2. Metode *Offset*
3. Metode *Grafis*

2.3.1 Metode *Tachimetri*

Metode *tachymetri* adalah pengukuran menggunakan alat-alat optis, elektronis, dan digital. Metode *tachymetri* didasarkan pada prinsip bahwa pada segitiga-segitiga sebangun, sisi yang sepihak adalah sebanding. Metode *tachymetri* paling bermanfaat dalam penentuan lokasi sejumlah besar detail topografik, baik horizontal maupun vertikal.

Pengukuran titik-titik detail dengan metode *tachymetri* pada dasarnya dilakukan dengan menggunakan peralatan dengan teknologi lensa optis dan elektronis digital. Dalam pengukuran titik-titik detail pada prinsipnya adalah menentukan koordinat dan tinggi titik –titik detail dari titik-titik ikat. Pengukuran titik-titik detail pada dasarnya dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu *offset* dan *tachymetri*. Metode *offset* menggunakan peralatan sederhana, seperti pita ukur, jalon, meja ukur, mistar, busur derajat, dan lain sebagainya. Metode *tachymetri* menggunakan peralatan dengan teknologi lensa optis dan elektronis digital.

Pengukuran metode *tachymetri* mempunyai keunggulan dalam hal ketepatan dan kecepatan dibandingkan metode *offset*. Pengukuran titik-titik detail metode *tachymetri* ini relatif cepat dan mudah karena yang diperoleh dari lapangan adalah pembacaan rambu, sudut horizontal (azimuth magnetis), sudut vertikal (zenith atau inklinasi) dan tinggi alat. Hasil yang diperoleh dari pengukuran *tachymetri* adalah posisi *planimetris* X, Y, dan ketinggian Z. Kebanyakan pengukuran *tachymetri* adalah dengan garis bidik miring karena adanya keragaman topografi, tetapi perpotongan benang stadia dibaca pada rambu tegak lurus dan jarak miring direduksi menjadi jarak horizontal dan jarak vertikal (Purwaamijaya, 2008).



Gambar 2. 11 Perhitungan Koordinat Detail Dengan Metode Tachimetri
(Purwaamijaya, 2008)

Keterangan gambar:

- A : Sudut jurusan ($^{\circ}$)
- m : Sudut miring ($^{\circ}$)
- Dm : Jarak miring (m)
- D : Jarak datar (m)
- Ta : Tinggi alat (m)
- A : Titik detail
- O : Titik kerangka dasar

Berikut adalah perhitungan koordinat pada pengukuran metode tachymetri:

$$X_a = X_o + d \cdot \sin \alpha$$

$$Y_a = Y_o + d \cdot \cos \alpha$$

$$Z_a = Z_o + (Dm \cdot \sin m) - (t_{\text{prisma}} - t_{\text{alat}}) \quad (4.4)$$

(Nurjati, 2004)

Dimana :

X_a, Y_a, Z_a : Koordinat obyek (m)

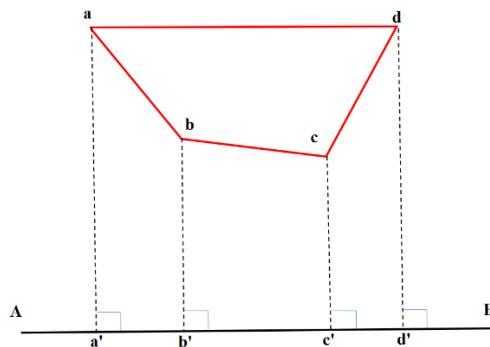
X_o, Y_o : Koordinat titik sebelumnya (m)
 m : Sudut zenith pada alat ukur ($^{\circ}$)

2.3.2 Metode *Offset*

Metode *offset* adalah pengukuran titik-titik planimetrik (X,Y) sederhana menggunakan alat-alat sederhana yaitu pita ukur, dan yalon (Basuki S, 2011). Pengukuran untuk pembuatan peta cara *offset* menggunakan alat utama pita ukur, sehingga cara ini juga biasa disebut cara rantai (*chain surveying*). Secara garis besar metode *Offset* dibagi menjadi 2 cara yaitu :

2.3.2.1 Metode Penyikuan

Pada metode ini setiap titik detail a,b,c,d pada gambar 2.12. diproyeksikan tegak lurus ke garis ukur AB, dengan bantuan cermin sudut atau prisma sudut. Kemudian diukur langsung jarak-jarak titik detail tersebut dari garis ukur, yaitu aa' , bb' , cc' , dan dd' , serta jarak titik-titik proyeksi dari titik sudut pada garis ukur yang bersangkutan yaitu Aa' , Ab' , Ac' , dan Ad' . Dengan demikian maka posisi planimetrik a,b,c, dan d dapat ditentukan atau digambarkan.



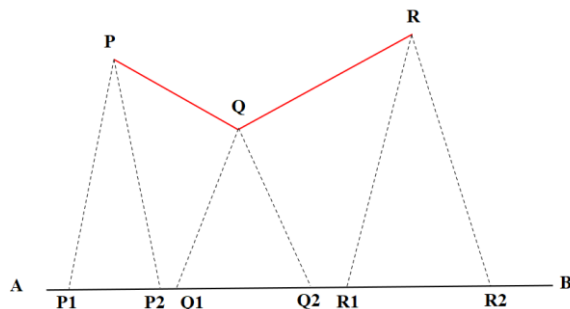
Gambar 2. 12 Metode Penyikuan (Basuki S, 2011)

2.3.2.2 Metode mengikat atau interpolasi

Berbeda dengan metode penyikuan, pada metode ini titik-titik detail diikat dengan dua garis lurus pada garis ukur. Metode ini terdiri dari tiga cara yaitu cara mengikat pada titik sembarang, cara perpanjangan sisi, dan cara trilaterasi sederhana.

1. Mengikat Pada Titik Sembarang

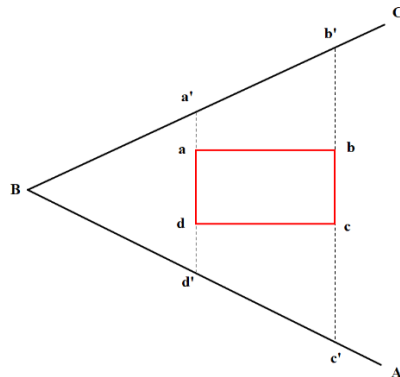
Metode atau cara ini dapat dilakukan dengan misal yang akan diikat detail P,Q,R gambar 2.13 pilih dua titik sembarang pada garis AB yang bisa mengamati titik P, demikian pula untuk Q dan R. misal titik-titik tersebut adalah P1,P2,Q1,Q2,R1,R2. Usahakan agar bentuk-bentuk segitiga P1PP2,Q1QQ2,R1RR2 mendekati bentuk segitiga sama sisi atau segitiga sama kaki. Ukur jarak-jarak AP1, AP2, AQ1, AQ2, AR1, AR2, PP1, PP2, QQ1, QQ2, RR1, RR2, sehingga posisi titik-titik PQR dapat direkonstruksi posisinya.



Gambar 2. 13 Metode Mengikat Pada Titik Sembarang (Basuki S, 2011)

2. Perpanjangan Sisi

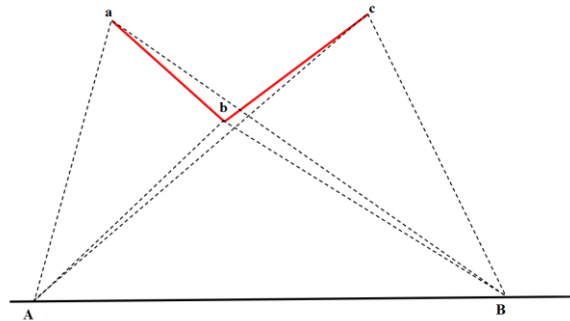
Metode atau cara ini digunakan khususnya untuk detail-detail yang dibatasi oleh garis-garis lurus, misalnya batas tanah/ persil dan sisi bangunan. Perpanjangan sisi dapat dilakukan ke sebuah garis ukur atau lebih, tergantung dari bentuk dan posisi detail terhadap garis ukur. Apabila sebuah persegi panjang perpanjangan 3 sisi dapat memotong satu garis ukur, maka detail tersebut dapat direkonstruksi atau digambarkan, namun apabila hanya perpanjangan 2 buah sisi yang dapat memotong garis sebuah garis ukur yang sama, maka diperlukan lebih dari sebuah garis ukur. Pada gambar 2.14 sisi ad dan bc diperpanjang hingga memotong garis ukur AB dan BC , masing-masing di d' , c' dan a' , b' . ukur jarak-jarak aa' , bb' , cc' , dd' , Ac' , Ad' , Ba' , Bb' . Dari ukuran jarak-jarak tersebut maka posisi titik-titik a, b, c, d dapat digambarkan.



Gambar 2. 14 Metode Perpanjangan Sisi (Basuki S, 2011)

3. Trilaterasi Sederhana

Metode atau cara ini pada prinsipnya adalah pengikatan titik detail pada dua buah titik tetap atau titik kerangka pemetaan, sehingga posisi titik detail dapat digambarkan dengan prinsip pemotongan kemuka secara grafis.

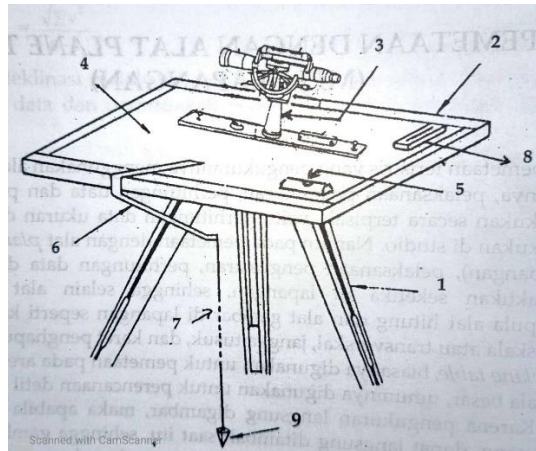


Gambar 2. 15 Metode Trilaterasi Sederhana (Basuki S, 2011)

Pada gambar 2.15, titik-titik detail a,b,c,d masing-masing diikatkan pada pada dua titik tetap yaitu A dan B, sehingga jarak-jarak yang perlu diukur adalah Aa, Ab, Ac serta Ba, Bb, Bc. Dengan data tersebut maka ketiga titik tersebut dapat ditentukan posisi relatifnya terhadap garis AB.

2.3.3 Metode *Grafis*

Pengukuran Detail dengan metode *Grafis* atau Plane Table merupakan pengukuran detail situasi dengan menggunakan alat ukur atau media yaitu plane table, yaitu alat ukur yang dilengkapi dengan papan gambar, mistar gambar (*alicate*), statif atau tripod, nivo meja, alat sentering, unting-unting dan kompas (Basuki S, 2011).



Gambar 2. 16 Alat Ukur Plane Table Sederhana (Basuki S, 2011)

Keterangan :

1. Statif
2. Meja gambar
3. Mistar gambar (*alicate*)
4. Kertas gambar
5. Nivo meja
6. Alat pemusar (Sentering)
7. Tali unting- unting
8. Kompas
9. Unting- unting

Pengukuran detail dengan metode grafis dapat dilakukan dengan Langkah sebagai berikut :

1. Mendirikan plane table pada statif atau tripod dan lakukan leveling atau mendatarkan meja gambar
2. Lakukan sentering dengan cara pasang alat sentering diatas meja gambar yang telah diberi

kertas gambar, atur sedemikian hingga unting-unting yang digantung pada alat sentering tersebut tepat berada diatas titik stasiun kemudian beri tanda pada kertas gambar bahwa titik tersebut adalah titik stasiun.

3. Lakukan orientasi arah dengan menggunakan kompas, gambar garis dari titik stasiun kearah atas meja gambar, kemudian letakkan kompas diatas meja gambar dan arahkan atau putarkan meja gambar kearah utara atau 0° pada kompas, kemudian kunci meja gambar.
4. Lakukan pembidikan pada titik detail menggunakan mistar alicade untuk menentukan arah atau posisi titik detail, dan jarak titik detail dapat diukur menggunakan pita ukur, dengan membagi jarak ukur dengan bilangan skala maka jarak pada gambar atau peta dapat ditentukan

Cara *offset* dan cara grafis lebih banyak digunakan untuk pemetaan daerah yang kecil dan relatif datar, sedangkan cara *tachymetri* digunakan untuk pemetaan daerah yang luas. Untuk memilih cara yang akan digunakan tergantung pada faktor-faktor: kondisi lapangan, luas daerah, ketelitian peta, waktu penyelesaian. Data geometris yang diukur dapat dibagi dalam dua macam data, yaitu data planimetris yang dapat dibagi lagi menjadi jarak dan sudut mendatar, dan data tinggi. (Umaryono U, 1986).

2.4 Metode Perhitungan Volume

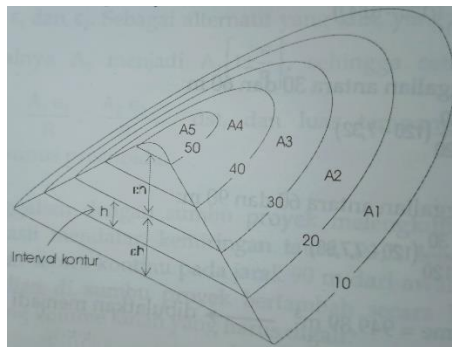
Metode perhitungan volume batubara pada dasarnya menggunakan prinsip perhitungan volume dari bagian permukaan batubara yang dibatasi oleh penampang- penampang

melintangnya. Perhitungan volume batubara dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain (Purwohardjo, 1989) :

1. Metode Garis Kontur.
2. Metode *Cross section*.
3. Metode *Borrow Pit*.

2.4.1 Metode Garis Kontur

Garis kontur adalah garis yang menghubungkan titik-titik yang memiliki ketinggian yang sama, sehingga bidang yang dibentuk oleh sebuah garis kontur adalah merupakan bidang datar. Luas penampang ditentukan dengan luasan yang dibatasi oleh suatu garis kontur, sedangkan beda tinggi atau jarak antar penampang ditentukan dari interval garis kontur, yaitu beda tinggi antara dua garis kontur yang berurutan. Penentuan volume dengan menggunakan garis kontur dapat ditentukan dengan menggunakan rumus end areas untuk setiap dua buah tampang yang berurutan.



Gambar 2. 17 Penentuan volume dengan garis kontur (Basuki S, 2011).

Prosedur perhitungan volume dilakukan dengan metode garis kontur :

$$V = \left(\frac{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}{n} \right) (d_1 + d_2 + \dots + d_{n-1}) \quad (4.5)$$

(Irvine, 1995)

Keterangan :

A_1, A_2, A_3, A_n	: Luas penampang (m^2)
h	: Interval kontur (m)
n	: Jumlah luasan

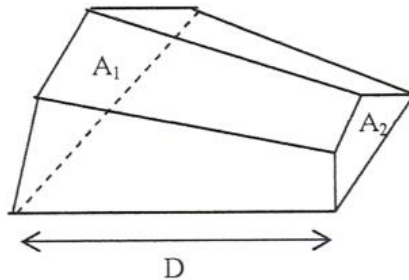
2.4.2 Tapezoidal (Cross Section)

Irisan melintang diambil tegak lurus terhadap sumbu proyek (*Alignment*) dengan interval jarak tertentu dalam metode ini. Metode ini cocok digunakan untuk pekerjaan yang bersifat memanjang seperti perencanaan jalan raya, jalan kereta api, saluran, penanggulangan sungai, penggalian pipa dan lain-lain.

Cara penentuan volume dengan metode melintang dibagi menjadi beberapa metode yaitu:

1. *Average End Area* (Penampang rata-rata)

Dalam rumus ini volume didapat dengan mengalikan luas rata dari irisan yang ada dengan jarak antara irisan awal dan akhir. Apabila irisan-irisan tersebut $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{n-1}, A_n$ dan jarak antara irisan A_1 ke $A_n = D$ maka :



Gambar 2. 18 Penentuan volume dengan metode penampang rata-rata (Irvine, 1995).

$$V = \frac{d(A_1 + A_2)}{2} + \frac{d(A_2 + A_3)}{2} + \frac{d(A_3 + A_4)}{2} + \dots + \frac{d(A_{n-1} + A_n)}{2} \quad (4.6)$$

(Agor, 1982)

Keterangan :

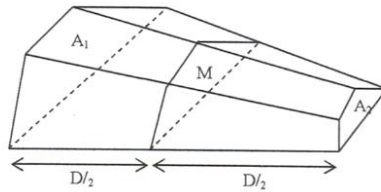
$A_1, A_2, A_3, \dots, A_{n-1}, A_n$: Luas penampang ke-1 sampai ke-n (m^2)

d : Interval/jarak antar penampang yang bersebelahan (m)

V : Volume melintang rata-rata (m^3)

2. Metode *Prismoida*

Metode prismoidal mirip dengan metode penampang rata-rata namun menggunakan penampang tambahan di tengah dua stasiun berurutan, sehingga metode ini cocok digunakan apabila medan di lapangan memiliki perubahan yang lebih besar antar tiap section. Rumus prismoida dinyatakan dengan persamaan:



Gambar 2. 19 Penentuan volume dengan metode *prismoida* (Irvine, 1995).

$$V = \frac{D}{6} (A_1 + 4M + A_2) \quad (4.7)$$

Dimana

$$M = \frac{(A_1 + A_2)}{2} \quad (4.8)$$

(Basuki S, 2011)

Dimana D adalah Jarak antara penampang, A1 dan A2 adalah luas alas dibawah dan diatas, dan M adalah luas penampang tengah yang merupakan rata dari luas alas atas dan bawah.

Keterangan :

A1 dan A2 : Luas penampang atas dan bawah (m²)

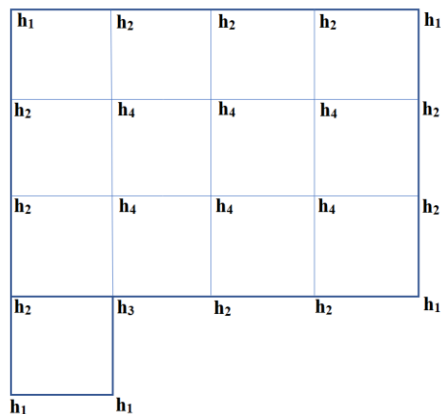
D : Jarak antara A1 dan A2 (m)

M : Luas penampang tengah (m²)

Prismoida adalah benda padat yang mempunyai dua permukaan datar yang sejajar, bentuknya teratur dan tidak teratur, yang dapat dihubungkan dengan permukaan baik datar maupun melengkung, yang padanya dapat ditarik garis lurus dari salah satu ujung yang sejajar ke ujung sejajar lainnya (Irvine, 1995).

2.4.3 *Borrow Pit*

Cara menghitung volume dengan *Borrow Pit* adalah dengan membagi daerah tersebut kedalam beberapa “kapling” yang seragam. Metode ini banyak dipakai pada pengerjaan penggalian yang besar dan luas. Pelaksanaan dilapangan meliputi pembuatan jarring-jaring grid yang berbentuk bujur sangkar atau persegi panjang dengan panjang sisi yang tertentu. Titik-titik grid dilapangan ditandai dengan patok kayu, kemudian diadakan pengukuran sipat datar untuk mengetahui ketinggian setiap patok. Apabila penggalian akan dikerjakan hingga level tertentu, maka selisih tinggi untuk setiap patok dapat dihitung. Dari selisih-selisih ketinggian tersebut kemudian dihitung volumenya dengan rumus prisma terpancung, dengan alas prisma berupa persegi atau segitiga, dan tinggi prisma diambil dari rata-rata dalamnya penggalian di titik-titik grid (Basuki S, 2011). Berikut adalah gambaran perhitungan volume menggunakan metode *Borrow Pit* :



Gambar 2. 20 Borrow pit berbentuk segi empat

$$V = \frac{A}{4} (1 \sum h_1 + 2 \sum h_2 + 3 \sum h_3 + 4 \sum h_4) \quad (4.9)$$

(Agor 1982)

Keterangan :

A = luas penampang satu kapling yang seragam (m²)

h₁ = tinggi yang digunakan untuk menghitung volume 1 kali
(m)

h₂ = tinggi yang digunakan untuk menghitung volume 2 kali
(m)

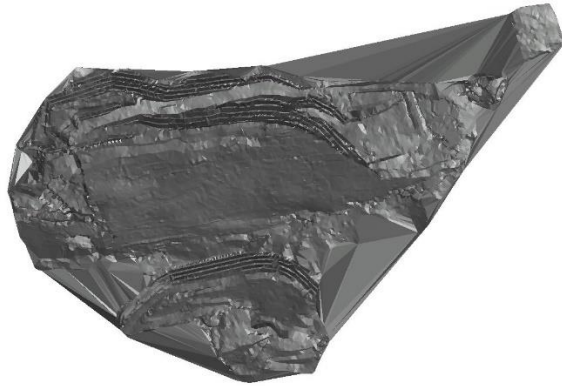
h₃ = tinggi yang digunakan untuk menghitung volume 3 kali
(m)

h₄ = tinggi yang digunakan untuk menghitung volume 4 kali
(m)

2.5 Digital Terrain Model (DTM)

Digital Terrain Model (DTM) adalah representasi statistik permukaan tanah yang kontinyu dari titik-titik yang diketahui koordinat X, Y, dan Z nya pada suatu sistem koordinat tertentu.”(Li Zhilin dan Gold, 2005). Suatu DTM merupakan sistem yang terdiri dari dua bagian, yaitu sekumpulan titik-titik yang mewakili bentuk permukaan terrain yang disimpan pada memori komputer, dan Algoritma untuk melakukan interpolasi titik-titik baru dari data titik yang diberikan atau menghitung data lain (Linkwitz, 1970).

DTM sendiri dapat diartikan sebagai representasi ketinggian dari suatu continuous terrain atau permukaan (tanpa ada *feature* alam dan *hand made*) dalam bentuk digital atau numeris, dalam sistem koordinat X, Y, Z. Pengertian DTM mencakup tidak hanya tinggi (*height*) dan elevasi (*elevation*), tetapi juga unsur-unsur morfologi yang lain seperti garis sungai, dsb. (Dipokusumo dkk, 1983).



Gambar 2. 21 DTM (Digital Terrain Model).

2.6 Software Surpac Vision

Surpac Vision merupakan perangkat lunak khusus tambang professional pertama pada permulaan adanya model perangkat lunak khusus tambang, dimana semua data akan diolah dalam bentuk 3D (Oktavian A. 2008). seperti diketahui, dibutuhkan ketelitian koordinat dalam kegiatan penambangan, hal ini berhubungan dengan perencanaan tambang seperti penggambaran, perencanaan, tambang bawah tanah, perencanaan jalan, batas penambangan serta dalam mengontrol pekerjaan, maka perangkat lunak ini dilengkapi dengan fitur basis data yang dapat menyimpan data koordinat dan data kerangka kontrol, sehingga dapat dibentuk jaringan kerangka kontrol agar data koordinat dapat selalu dikoreksi.

Perangkat lunak ini memiliki perintah-perintah yang berhubungan dengan bidang *surveying*, pertambangan dan geologi, sehingga pekerjaan yang dapat dilakukan disini yaitu mengolah data, melakukan perencanaan tambang, melakukan penggambaran, menghitung volume galian dan timbunan, menganalisa barang

tambang (ketebalan, jumlahnya dan rekayasanya) dan sebagainya, dalam menghitung volume perangkat lunak ini menggunakan 2 *surface* atau DTM dan *boundary* sebagai batas volume yang ingin dihitung, untuk metode perhitungannya terdapat beberapa metode yaitu *Cut and Fill*, *Net Volume* dan *Cross Section*.

2.7 Software AutoCAD Civil 3D (Student Version)

AutoCAD Civil 3D adalah perangkat lunak desain teknik sipil dan solusi dokumentasi yang mendukung alur kerja pemodelan informasi bangunan. Perangkat lunak ini banyak digunakan di beberapa bidang pekerjaan, salah satunya pekerjaan pertambangan batubara. Untuk mendukung pekerjaan pertambangan batubara, perangkat lunak ini dapat membuat permukaan tanah (*surface*) secara digital atau biasa disebut *Digital Terrain Models* (DTM), dengan memakai titik-titik (*point*) secara tiga dimensional sebagai referensi, di mana titik-titik tersebut langsung diambil dari hasil pengukuran di lapangan dengan koordinat X Y serta elevasinya. Dari pembentukan DTM ini nantinya dapat digunakan untuk melakukan perhitungan volume galian (Autodesk, 2014). Metode perhitungan volume di *AutoCAD Civil 3D* yaitu dengan metode *average end area/trapezoidal*, *prismoidal*, *Borrow Pit*, dll.

2.8 Uji Statistik

Berdasarkan jenis datanya, uji statistik dibagi menjadi 2, yaitu uji statistik parametrik dan non parametrik. Salah satu uji statistik parametrik yang sering digunakan adalah Uji-t berpasangan (*paired t-test*), yaitu salah satu metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan tidak bebas (berpasangan). Ciri-ciri yang paling sering ditemui pada kasus yang berpasangan adalah satu individu (objek penelitian) dikenai 2 buah perlakuan yang berbeda. Walaupun menggunakan individu yang sama, peneliti tetap memperoleh 2 macam data sampel, yaitu data dari perlakuan pertama dan data dari perlakuan kedua, Uji ini bertujuan

untuk mengetahui apakah dua sampel berpasangan mempunyai nilai rata-rata yang sama atau tidak. (Nuryadi dkk.,2017). Berikut adalah rumus untuk mencari standart deviasi dan T hitung pada uji t berpasangan :

$$T_{hitung} = \frac{D}{s/\sqrt{n}} \quad (5.0)$$

$$s = \sqrt{var} \quad (5.1)$$

$$var (s^2) = \frac{1}{n-1} \sum_{i,j=1}^n \left((X_i - X_j) - D \right)^2 \quad (5.2)$$

Keterangan :

S : Standart Deviasi

var : Variansi

D : Rata-rata selisih pengukuran 1 dan 2

n : Jumlah data

(Nuryadi dkk.,2017)

1. Hipotesis

$$H_o = \mu = \mu_o$$

$$H_a = \mu \neq \mu_o$$

2. Kaidah Pengujian

- H_o diterima, jika : $-T_{tabel(\alpha/2, n-1)} \leq T_{hitung} \leq T_{tabel(\alpha/2, n-1)}$ dan H_o ditolak, jika : $T_{tabel(\alpha/2, n-1)} > T_{hitung}$ atau $T_{hitung} < -T_{tabel(\alpha/2, n-1)}$
- H_o diterima jika : nilai sig. (2-tailed) < 0.05 dan H_o ditolak jika : nilai sig. (2-tailed) > 0.05 .

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian dilakukan oleh Aditiya Oktavian pada tahun 2008 dengan judul *Analisis Perbandingan Software Surpac Vision V4.1-J dan Surfer 8.0 Pada Perhitungan Volume Galian Dan Timbunan Tambang*. Tujuan dari penelitian tersebut adalah membandingkan

hasil perhitungan volume galian dan timbunan tambang pada dua perangkat lunak yaitu *Surpac Vision V4.1-J* dan *Surfer 8.0* dan sebagai nilai acuan perhitungan volume menggunakan perhitungan manual dengan metode *Borrow Pit*. Analisa yang dilakukan adalah Analisa terhadap hal-hal yang dapat mempengaruhi hasil perhitungan tersebut. Hasil dari penelitian tersebut berupa hasil perhitungan volume pada perangkat lunak *Surpac Vision V4.1-J* dan *Surfer 8.0* dan nilai selisih hasil perhitungan volume antara kedua perangkat lunak tersebut terhadap nilai acuan perhitungan volume.

Lalu penelitian sebelumnya yang lain dilakukan oleh Irfan Maulana Yusuf pada tahun 2018 dengan judul *Analisis Volume Pengerukan Alur Pelayaran Barat Surabaya Dengan Data Multibeam Echosounder Menggunakan Perangkat Lunak Hypack Dan AutoCAD Civil 3D*. Penelitian tersebut bertujuan untuk mendapatkan peta batimetri alur pelayaran barat Surabaya dari data multibeam echosounder dan menganalisis volume pengerukan alur pelayaran barat Surabaya dari data eksisting terhadap rencana dengan menggunakan perangkat lunak *Hypack* Dan *AutoCAD Civil 3D* dengan dibandingkan dengan nilai hitungan manual metode *cross section* sebagai nilai acuan . hasil dari penelitian tersebut adalah peta batimetri alur pelayaran barat Surabaya dengan skala 1:150.000 dan hasil perhitungan volume pengerukan Alur Pelayaran Barat Surabaya menggunakan perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* dan *Hypack* dan nilai selisih terhadap hitungan manual .

Perbedaan yang dilakukan dalam penelitian ini dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yakni bertujuan membandingkan hasil penghitungan volume galian tambang batu bara antara metode *Trapezoidal* dan *Borrow Pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* dan *AutoCAD Civil 3D*. Sebagai nilai acuan hasil penghitungan volume menggunakan penghitungan volume manual dengan metode *borrow pit*. Pada penelitian ini juga

menggunakan data pit tambang pada salah satu pit milik PT Anugerah Bara Kaltim yang dipotong menjadi 3 bagian sebagai nilai pembanding. Analisa yang dilakukan dengan menghitung selisih perhitungan volume masing-masing metode pada setiap perangkat lunak yang mengacu pada nilai toleransi ASTM (*American Society for Testing and Material*) yaitu batas maksimal prosentase selisih hasil perhitungan volume adalah sebesar 2,78%. Dari analisa tersebut akan diambil sebuah rekomendasi penggunaan perangkat lunak yang tepat untuk pekerjaan tambang batu bara.

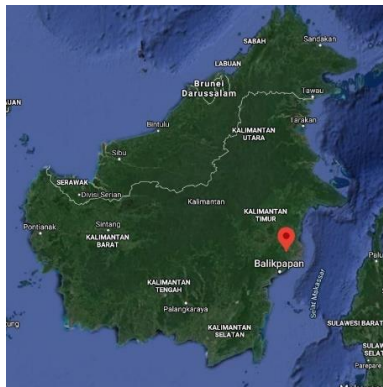
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian yaitu pada salah satu Pit di area tambang PT Anugerah Bara Kaltim yang terletak di Jl. Raya Bakungan, Kec. Loa Janan, Bakungan, Kec. Loa Janan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur 75391 ($0^{\circ} 40' 57,88'' - 0^{\circ} 40' 05,22''$ LS dan $117^{\circ} 03' 38,11'' - 117^{\circ} 04' 26,09''$ BT).



Gambar 3. 1 Gambar Lokasi Penelitian (Google Earth,2019).

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

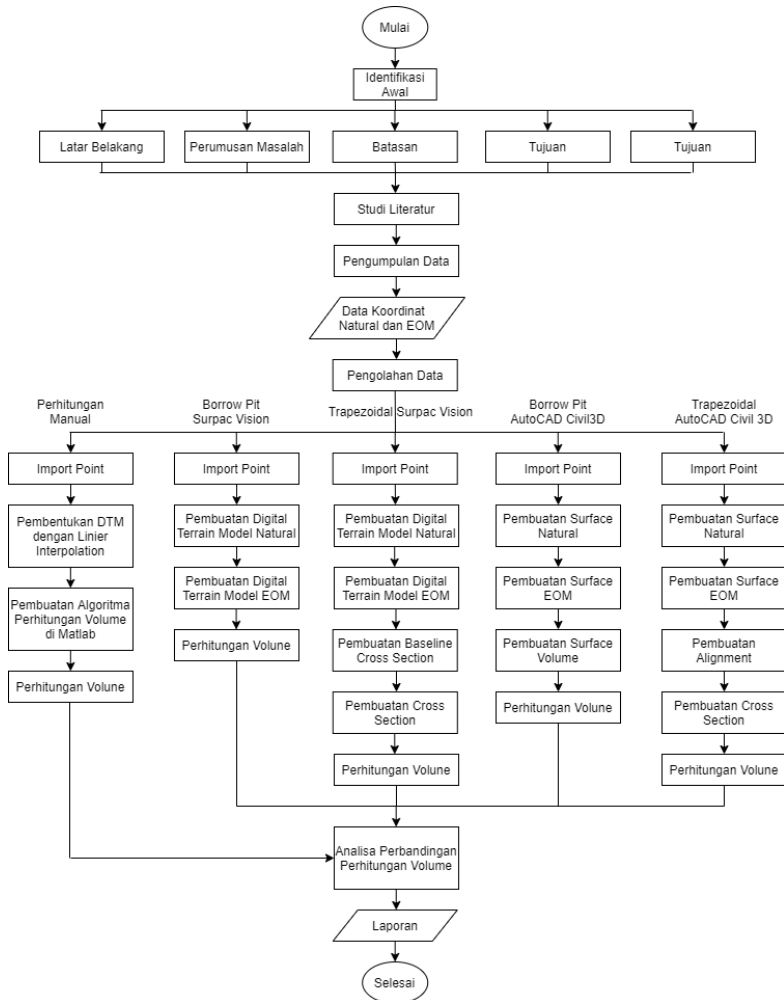
1. Data hasil pekerjaan tambang di salah satu Pit pada area tambang PT Anugerah Bara Kaltim, dimana data diambil dengan menggunakan *Total Station Sokkia Set 2X*. Data berupa koordinat detail (X,Y,Z).
2. Koordinat (X,Y,Z) *alignment* atau *baseline* (sebagai acuan perhitungan volume metode *trapezoidal*).

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Keras
 1. Satu unit Laptop Asus FX553 VD
 2. Satu unit mouse Logitech G102
 3. Satu unit Total Station Sokkia Set 2X
 4. Satu unit Statif
 5. Enam unit prisma/ reflector
 6. Delapan unit Handy Talky
 7. Satu unit Flashdisk
2. Perangkat Lunak
 1. Sistem aplikasi berupa *Microsoft tools* 2016 (*Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Visio, Microsoft Power Point*).
 2. Sistem aplikasi berupa *software Surpac Vision 4.1-P* (milik PT Anugerah Bara Kaltim)
 3. Sistem aplikasi berupa *software AutoCAD Civil 3D 2018 (Student Version)*
 4. Sistem aplikasi berupa *software Matlab*

3.3 Metode Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Adapun Penjelasan diagram alir diatas adalah sebagai berikut :

A. Tahap Persiapan

Pada tahap ini kegiatan-kegiatan yang dilakukan adalah :

1. Identifikasi Awal

Kegiatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi penelitian yang akan dilakukan. Identifikasi tersebut berupa latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat.

2. Studi Literatur

Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh referensi yang berhubungan dengan bagaimana proses pengambilan data dilakukan serta proses pengolahan data sehingga didapat nilai volume bersih galian dan timbunan (*net volume*).

3. Pengumpulan data,

Pada tahap ini data yang dikumpulkan berupa data hasil pengukuran terestris di salah satu Pit pada area tambang PT Anugerah Bara Kaltim. Dimana data merupakan hasil pengukuran progres galian tambang atau data *existing* (digunakan sebagai data *lower surface*). Selain itu ada pula data topografi awal (*Natural*) yang merupakan data keadaan tambang sebelum dilakukan penambangan, yang akan digunakan sebagai data *Upper surface*.

B. Tahap Pengolahan dan Analisa

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan data yang telah didapat, kemudian dilakukan analisis. Kegiatan ini meliputi:

1. Pengolahan Data

Pada tahap data hasil pengukuran lapangan akan diolah dan disimpan dengan perangkat lunak Surpac Vision 4.1-P, hasil pengolahan data akan menghasilkan koordinat (N,E,Z) dengan format *.txt, yang selanjutnya akan diolah pada perangkat lunak *Surpac Vision*, *AutoCAD Civil 3D* dan *Matlab*, hingga hasil akhirnya berupa jumlah volume

bersih galian dan timbunan pada daerah tambang tersebut. Berikut adalah penjelasan dari diagram alir penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

- Data yang digunakan merupakan data hasil pekerjaan tambang di salah satu Pit pada area tambang PT Anugerah Bara Kaltim, dimana data diambil dengan menggunakan *Total Station Sokkia Set 2X*. Data berupa koordinat detail (N,E,Z) atau (X,Y,Z).
- Data disimpan dalam memori internal *total station*. Data kemudian di download menggunakan flashdisk dengan format (*.sdr) yang selanjutnya diolah hingga menjadi koordinat (N,E,Z) atau (X,Y,Z) dengan menggunakan perangkat lunak *Surpac Vision 4.1 -P* berformat (*.txt).
- Perhitungan Volume, pada penelitian kali ini diberikan 2 perlakuan yaitu dengan merubah *interval section* pada perhitungan metode *Trapezoidal* dan *interval grid* pada perhitungan metode *Borrow Pit* untuk mengetahui pengaruh besar kecilnya nilai interval grid dan interval section terhadap hasil perhitungan volume, pada perhitungan metode *Trapezoidal* digunakan 2 *interval section* yaitu 10 meter dan 25 meter, penggunaan/pemilihan nilai interval section tersebut berdasarkan pengujian sebelumnya bahwa jika menggunakan nilai *interval section* diluar nilai tersebut perubahan nilai volume tidak terlalu signifikan dan jika interval section lebih dari 25 meter hasil perhitungan volume akan sangat tidak teliti, begitu juga pada perhitungan metode *Borrow Pit*, pada metode perhitungan ini

menggunakan interval grid 5, 10, dan 15 meter, penggunaan/pemilihan nilai *interval section* tersebut berdasarkan pengujian sebelumnya bahwa jika menggunakan nilai *interval grid* diluar nilai tersebut perubahan nilai volume tidak terlalu signifikan dan jika *interval grid* lebih dari 15 meter hasil perhitungan akan sangat tidak teliti. Berikut adalah Langkah-langkah perhitungan volume di setiap metode pada masing-masing perangkat lunak :

1. Penghitungan manual dengan perangkat lunak *Matlab*, data diimport dan *plotting* koordinatnya. Data koordinat berbentuk X, Y, dan Z akan interpolasi untuk mendapatkan data tambahan dari data yang sudah ada, interpolasi dilakukan dua kali, yaitu pada koordinat x,y (sebagai titik kueri pada interpolasi koordinat z) dan pada koordinat z, interpolasi pada koordinat x,y dilakukan dengan menggunakan perintah *meshgrid* yaitu dengan tujuan menghasilkan grid-grid dengan titik-titik yang berjarak atau spasi sama atau seragam, jarak grid yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 meter sesuai dengan jarak pengambilan data dilapangan, selanjutnya dilakukan interpolasi pada koordinat z dengan menggunakan perintah *griddata*, dengan metode interpolasi yang digunakan adalah interpolasi linier sebab keadaan dilapangan bentuk lokasi tambang adalah relatif linier atau mendatar. Interpolasi

menggunakan perintah *griddata* akan menginterpolasi nilai *z* pada titik kueri *x* dan *y* hasil dari proses *meshgrid*, selanjutnya dilakukan sortir data *z* hasil interpolasi untuk dilakukan perhitungan volume dengan metode *borrow pit*.

2. Metode *Borrow Pit Surpac Vision*, input data koordinat natural dan *end of month*, kemudian dibuat DTM pada data *end of month (lower surface)* dan data *natural (upper surface)*, kemudian dilakukan penghitungan volume metode *Borrow pit* dengan fitur yang sudah tersedia pada perangkat lunak.
3. Metode *Trapezoidal Surpac Vision*, input data koordinat natural dan *end of month*, kemudian dibuat DTM pada data *end of month (lower surface)* dan data *natural (upper surface)*, selanjutnya input koordinat *baseline* dan dibuat *section* dari DTM yang sudah ada dengan interval yang diinginkan, kemudian dilakukan penghitungan volume metode *Trapezoidal* dengan fitur yang sudah tersedia pada perangkat lunak.
4. Metode *Borrow Pit AutoCAD Civil 3D*, Perhitungan ini dilakukan dengan membuat 2 surface, yaitu *surface natural* dan *end of month*, kemudian input data koordinat natural dan *end of month*. Kemudian dilakukan penghitungan volume metode *Borrow pit* dengan fitur yang sudah tersedia pada perangkat lunak.

5. Metode *Trapezoidal AutoCAD Civil 3D*, Perhitungan ini dilakukan dengan membuat 2 surface, yaitu *surface natural* dan *end of month*, kemudian *input* data koordinat *natural* dan *end of month*, setelah itu dibuat *alignment* atau *baseline* sebagai garis acuan untuk membuat *section*, lalu dibuat *section* dari *alignment* yang sudah dibuat, kemudian dilakukan penghitungan volume metode *Trapezoidal* dengan fitur yang sudah tersedia pada perangkat lunak.
2. Analisa, Analisa dilakukan untuk membandingkan hasil penghitungan volume bersih galian dan timbunan (*net volume*) antara metode *Trapezoidal* dan *Borrow Pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* dan *AutoCAD Civil 3D* dengan referensi nilai hasil penghitungan volume menggunakan metode *borrow pit*. Analisa ditentukan dengan perhitungan prosentase selisih perhitungan volume terhadap data pembandingan dengan mengacu pada toleransi ASTM (*American Society for Testing and Material*) yaitu batas maksimal prosentase selisih hasil perhitungan volume adalah sebesar 2,78%. kemudian dilakukan uji t berpasangan (*paired t-test*) untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara perhitungan pada tiap metode pada masing-masing perangkat lunak terhadap perhitungan manual. Dari analisa tersebut akan diambil sebuah rekomendasi penggunaan perangkat lunak yang tepat untuk pekerjaan tambang batu bara.
3. Kesimpulan, disini akan diberikan kesimpulan atas Analisa yang telah dilakukan terhadap perbandingan kedua metode dalam melakukan penghitungan jumlah

volume bersih galian dan timbunan serta saran untuk penelitian kedepannya.

C. Tahap akhir

1. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan kegiatan atau tahap akhir dari Tugas Akhir ini, dimana laporan ini mencakup seluruh kegiatan dari proses hingga hasil akhir dari penelitian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

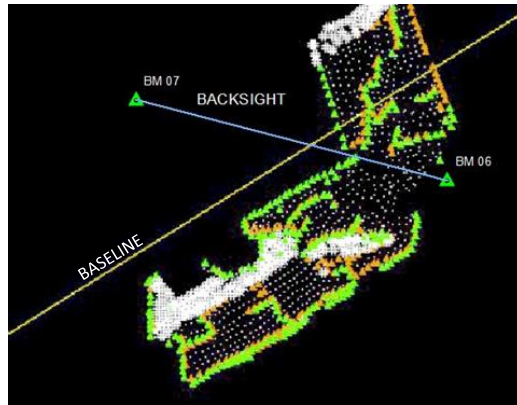
4.1 Hasil

4.1.1 Pengukuran Topografi

Survei topografi yang dilakukan adalah pengukuran detil progress bulanan, dalam pengukuran detil progres metode pengambilan data yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode *cross section*, dengan menggunakan *tool* dari alat *Total Station Sokia set 2x* yaitu *point projection*. Berikut adalah langkah-langkah pengukuran detil progres tambang :

1. Dirikan alat dan lakukan centering serta *leveling*.
2. Buat *job* pada *Total Station*, masukan koordinat berdiri alat lalu lakukan *backsight*. Untuk *input backsight* bisa menggunakan sudut maupun koordinat.
3. Mulai dilakukan pengukuran detil.
4. Pengukuran detil dilakukan menggunakan metode *Cross Section* dengan *tool point projection* pada menu *Cogo* pada *Total Station*.
5. Masukan koordinat *baseline* yang digunakan pada pit tersebut, maka akan terbuat jalur *section* yang tegak lurus terhadap *baseline* pit tersebut, kemudian arahkan pembawa prisma pada jalur *section* di area progres galian tersebut. *Interval section* yang digunakan adalah 10 meter.

Berikut adalah visualisasi pengukuran detil progres dilapangan.



Gambar 4. 1 Gambaran Proses Pengambilan Data Progres

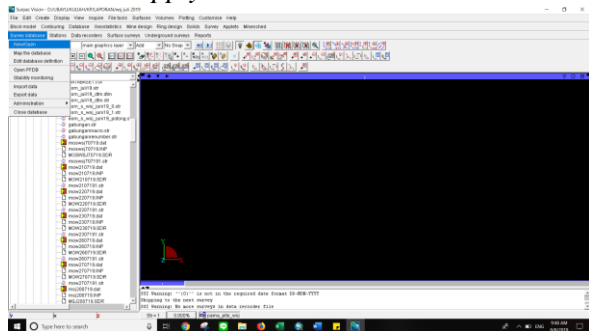


Gambar 4. 2 Proses Pengambilan Data Progres di salah satu Pit PT Anugerah Bara Kaltim

4.1.2 Pengolahan Data Topografi

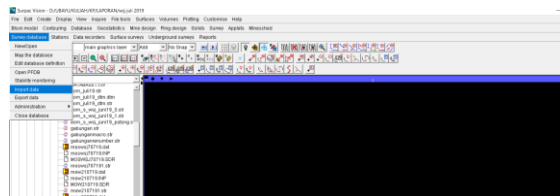
Raw data hasil pengukuran kemudian diunduh dengan dengan format data (*.sdr2x) kemudian data diolah menggunakan perangkat lunak *Surpac Vision* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Buat data base baru dengan cara aktifkan *toolbar surveying*, kemudian pilih *survey database > new/open*, kemudian atur nama databasenya. Kemudian *apply*

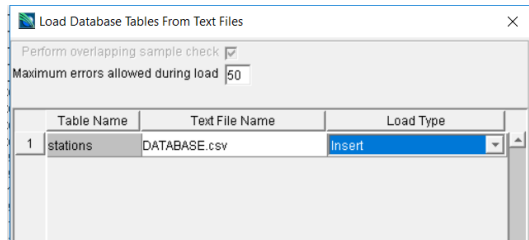


Gambar 4. 3 Pembuatan Data Base Baru

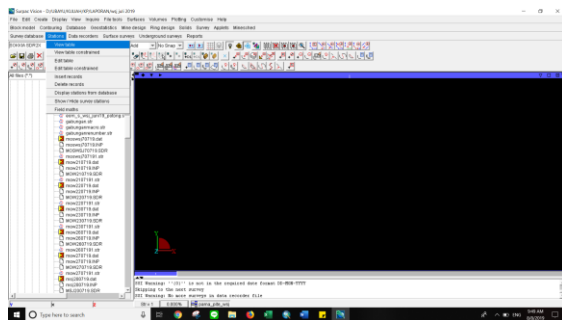
2. Input koordinat database, dengan cara klik *survey database>>import>>masukan file data base*, file database harus dalam bentuk *.csv*, kemudian *apply*. Untuk mengecek database klik *toolbar station >> view table*.



Gambar 4. 4 Import Database



Gambar 4. 5 Load Database



Gambar 4. 6 Pengecekan Tabel Database

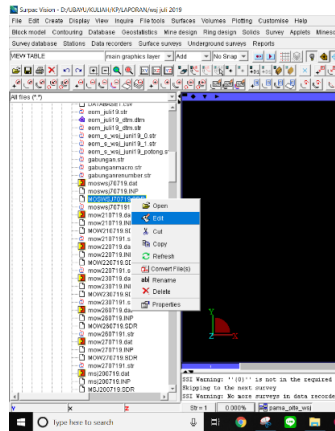
Database Table - stations

	station_id	area	y	x	z
1	100	WSJ	9925523.29300	507155.43400	103.460
2	109	MN	9925490.36000	507984.05500	111.328
3	1196	WSJ	9925126.55200	507368.08900	92.339
4	1197	WSJ	9925129.30100	507332.39600	93.715
5	1458	WSJ	9925870.24000	508650.25400	94.194
6	1508	WSJ	9925215.78700	507094.91600	79.284
7	16	OP	9927093.05000	506562.91200	119.251
8	17	OP	9926807.77000	506276.38600	123.527
9	1803	WSJ	9925544.61400	507298.93100	99.756
10	1804	WSJ	9925326.71900	507484.08400	104.751
11	2	WSJ	9925703.14000	507184.18100	110.025
12	200	KPP	9927008.43000	509026.19700	79.001
13	201	KPP	9926691.50000	508419.13600	92.579
14	203	KPP	9926686.49000	508394.96500	93.507
15	207	KPP	9926691.50000	508419.13600	92.579
16	209	WSJ	9926770.79000	508399.23200	99.104
17	210	WSJ	9926726.12000	508442.04000	89.593
18	211	KPP	9926948.04000	509169.19800	84.282
19	212	KPP	9926982.18000	509134.12000	83.660

Apply Cancel Help

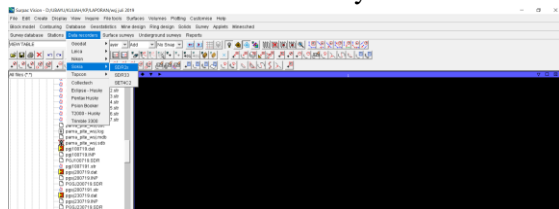
Gambar 4. 7 Daftar Database

3. *Set as directory* pada folder lokasi data.
4. Setelah itu buka *raw* data pengukuran *.sdr, dengan klik kanan pada file tersebut lalu pilih edit, setelah itu *save as* data tersebut dalam format *.inp.

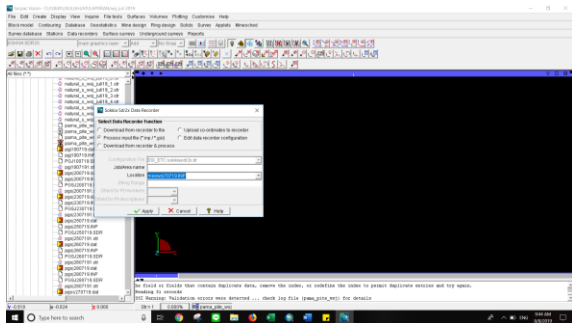


Gambar 4. 8 Pengeditan Data dan Disimpan dengan Format (*.inp).

5. Kemudian olah raw data tersebut agar menjadi koordinat x,y,z, dengan cara pilih *tool data recorders* >> kemudian pilih alat yang digunakan (sokkia) >> pilih format data yang digunakan (sdr2x) >> masukan data .inp yang ingin diolah kemudian *apply*. Selanjutnya atur nama dan id number file .str nya.

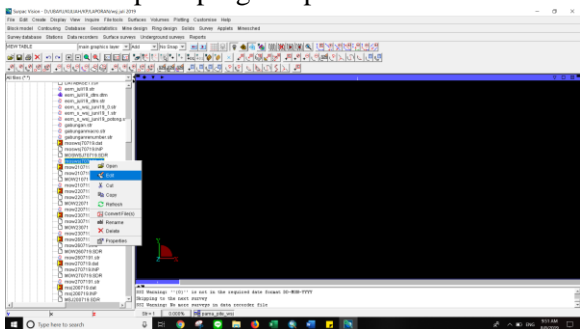


Gambar 4. 9 Pengolahan Data Koordinat



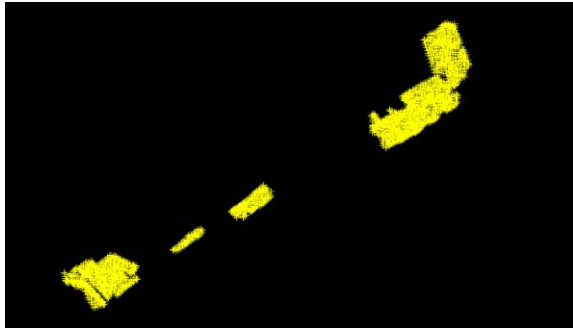
Gambar 4. 10 Simpan Data Koordinat

6. hapus koordinat yang tidak dibutuhkan dalam proses plotting, dengan cara klik kanan pada *file str* >> *edit* >> hapus koordinat yang tidak digunakan seperti tp, lalu *save*. Lakukan pada semua file pada progress pit tersebut.



Gambar 4. 11 Pengeditan dan Penghapusan Koordinat yang Tidak Digunakan.

7. Gabungkan semua *file str* dengan cara ctrl klik pada semua *str* kemudian *drag* ke *window*, kemudian *save* menjadi *file* gabungan progres.



Gambar 4. 12 Penggabungan File Progres

4.1.3 Sebaran Data Dan Tampilan DTM

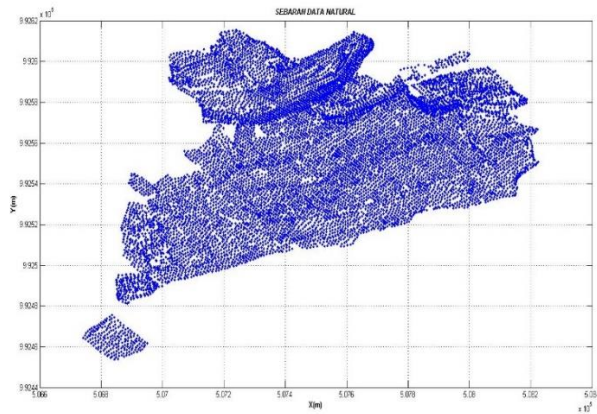
a. Sebaran Data Natural

Data natural merupakan data awal pengukuran topografi, yaitu daerah dimana belum dilakukan kegiatan tambang. Data ini akan selalu digunakan hingga daerah tambang tersebut tutup atau mine out, dalam perhitungan data ini akan digunakan sebagai upper surface. Pada penelitian kali ini akan menggunakan data suatu pit yang dibagi atau dipotong menjadi 3 bagian yaitu Pit A, Pit B dan Pit C dengan statistik data sebagai berikut :

1. Keseluruhan

Tabel 4. 1 Statistik data natural Keseluruhan Pit

Keseluruhan		
Titik	Minimum	Maksimum
X	506.741,2 m	508.224,3 m
Y	9.924.536 m	9.926.153 m
Z	47,579 m	131,156 m
Jumlah Titik :12.251		

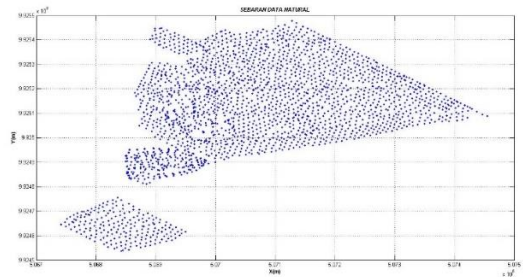


Gambar 4. 13 Sebaran data natural Keseluruhan Pit
(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma
“,”)

2. Pit A

Tabel 4. 2 Statistik data natural Pit A

Pit A		
Titik	Minimum	Maksimum
X	506.741,2 m	507454,7 m
Y	9.924.536 m	9.925.478 m
Z	82,229 m	118,524 m
Jumlah Titik :2.361		

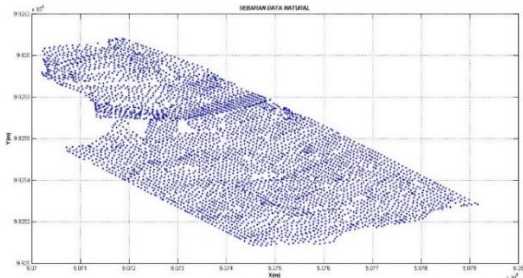


Gambar 4. 14 Sebaran data natural Pit A
(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma
“,”)

3. Pit B

Tabel 4. 3 Statistik data natural Pit

Pit B		
Titik	Minimum	Maksimum
X	507021,5 m	507916,8 m
Y	9.925.085 m	9.926.081 m
Z	60,391 m	122,477 m
Jumlah Titik : 4.594		

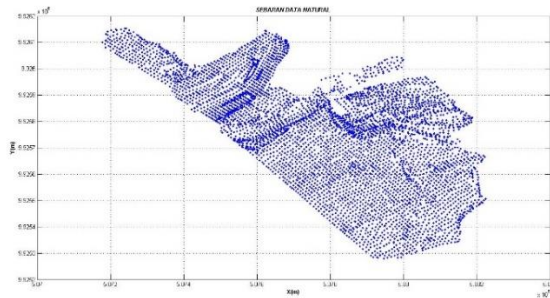


Gambar 4. 15 Sebaran data natural Pit B
(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma
“,”)

4. Pit C

Tabel 4. 4 Statistik data natural Pit C

Pit C		
Titik	Minimum	Maksimum
X	507178,4 m	508224,3 m
Y	9.925.279 m	9.926.153 m
Z	47,579 m	131,156 m
Jumlah Titik :5.296		



Gambar 4. 16 Sebaran data natural Pit C

(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma
“,”)

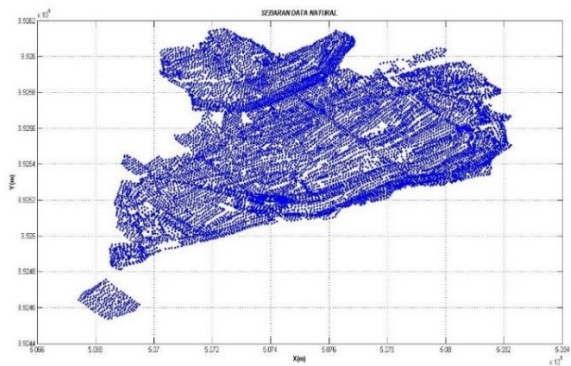
b. Sebaran Data *Existing*

Data *existing* merupakan data situasi terakhir tambang setelah dilakukan kegiatan penambangan. Data ini merupakan hasil pengukuran selama satu bulan terakhir (*eom/end of month*), dimana tiap akhir bulan akan dilakukan perhitungan volume untuk melihat besarnya progres atau kemajuan tambang. Data ini akan digunakan sebagai *lower surface*. Pada penelitian kali ini akan menggunakan data suatu pit yang dibagi atau dipotong menjadi 3 bagian yaitu Pit A, Pit B dan Pit C dengan statistik data sebagai berikut :

1. Keseluruhan

Tabel 4. 5 Statistik data eksisting Keseluruhan Pit

Keseluruhan		
Titik	Minimum	Maksimum
X	506741,2 m	508224,3 m
Y	9.924.536 m	9.926.153 m
Z	8,142 m	123,823 m
Jumlah Titik :14.246		

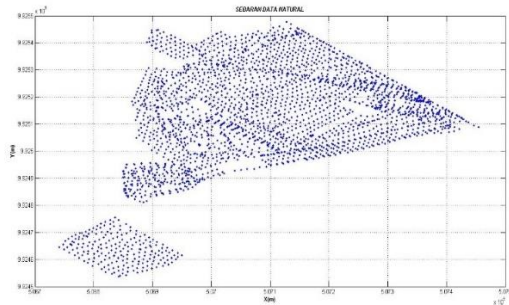


Gambar 4. 17 Sebaran data eksisting keseluruhan pit
(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma
“,”)

2. Pit A

Tabel 4. 6 Statistik data eksisting Pit A

Pit A		
Titik	Minimum	Maksimum
X	506.741,2 m	507.454,7 m
Y	9.924.536 m	9.925.478 m
Z	25,869 m	118,524 m
Jumlah Titik :2.801		

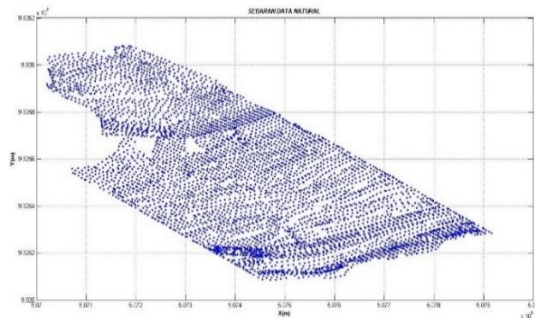


Gambar 4. 18 Sebaran data eksisting pit A
(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma
“,”)

3. Pit B

Tabel 4. 7 Statistik data eksisting Pit B

Pit B		
Titik	Minimum	Maksimum
X	507021.5 m	507916,8 m
Y	9925085 m	9926081 m
Z	8.142 m	122.477 m
Jumlah Titik :5536		

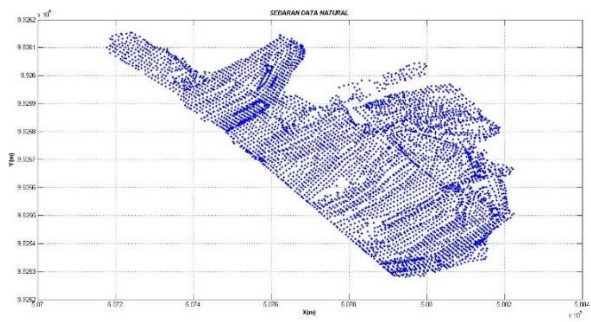


Gambar 4. 19 Sebaran data eksisting pit B
(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma
“,”)

4. Pit C

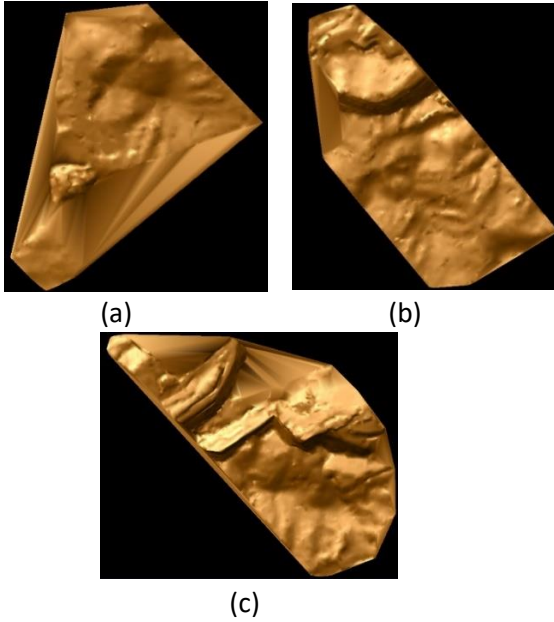
Tabel 4. 8 Statistik data eksisting Pit C

Pit C		
Titik	Minimum	Maksimum
X	507.178,4 m	508.224,3 m
Y	9.925.279 m	9.926.153 m
Z	13,262 m	123,823 m
Jumlah Titik :5.898		



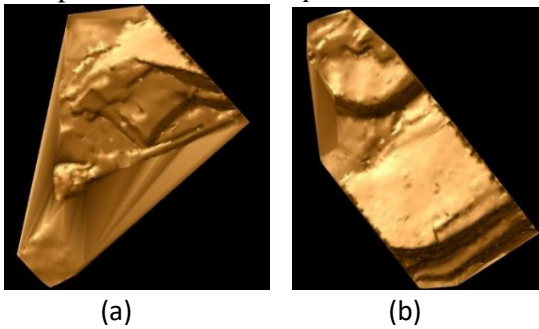
Gambar 4. 20 Sebaran data eksisting pit C
(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma
“,”)

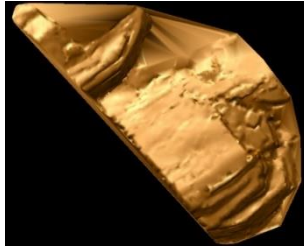
c. Tampilan *DTM Natural Surpac Vision*



Gambar 4. 21 Tampilan *DTM Natural Surpac Vision*

d. Tampilan *DTM EOM Surpac Vision*

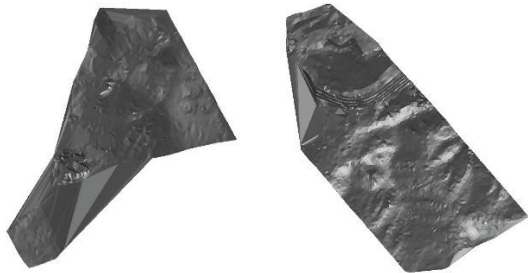




(c)

Gambar 4. 22 Tampilan *DTM EOM Surpac Vision*

e. Tampilan *DTM Natural AutoCAD Civil 3D*



(a)

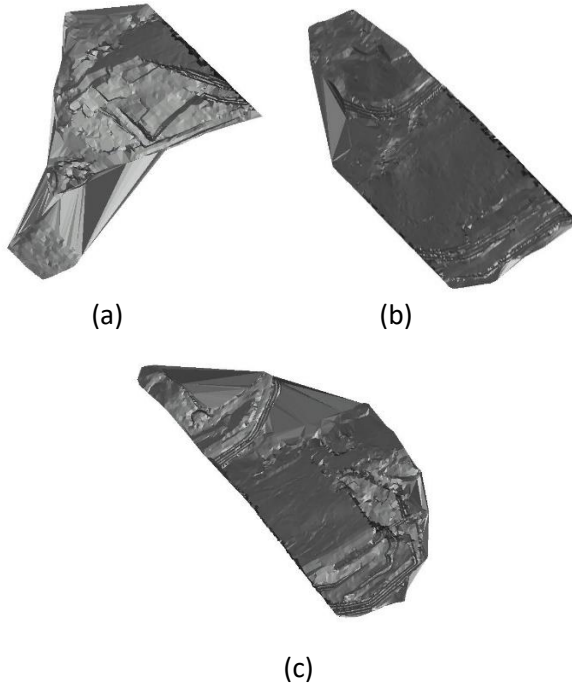
(b)



(c)

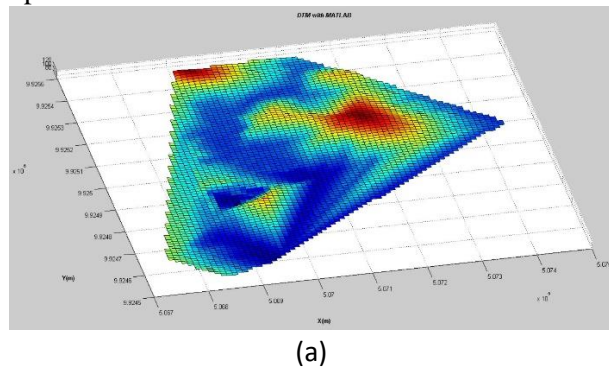
Gambar 4. 23 Tampilan *DTM Natural AutoCAD Civil 3D*

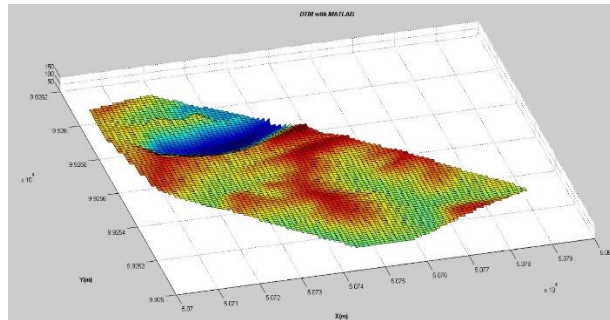
f. Tampilan *DTM EOM AutoCAD Civil 3D*



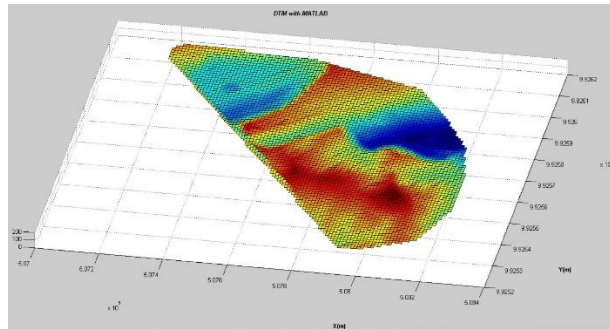
Gambar 4. 24 Tampilan *DTM EOM AutoCAD Civil 3D*

g. Tampilan *DTM Natural Matlab*





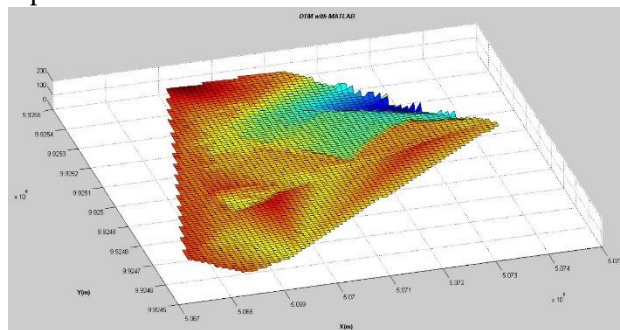
(b)



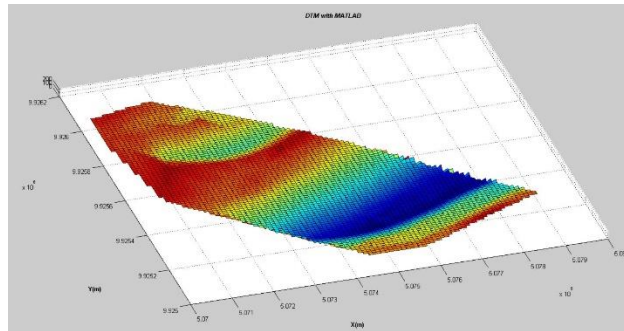
(c)

Gambar 4. 25 Tampilan *DTM Natural Matlab*

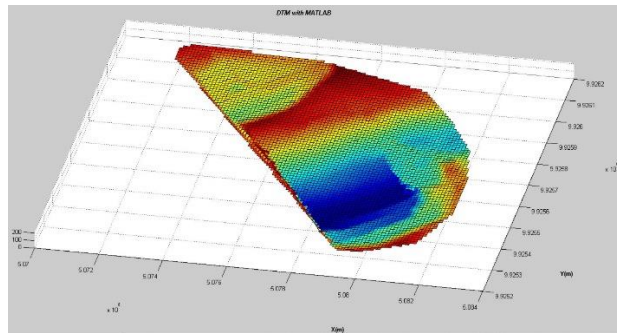
h. Tampilan DTM EOM Matlab



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. 26 Tampilan *DTM EOM Matlab*

4.1.4 Perhitungan Volume

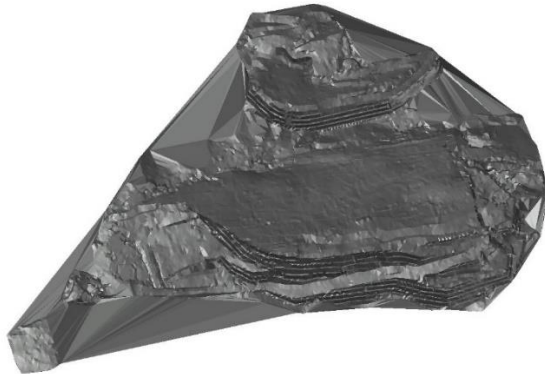
Data natural merupakan data koordinat topografi awal pada suatu wilayah atau luasan yang akan dilakukan kegiatan tambang. Data ini akan selalu digunakan sebagai *upper surface* sampai kegiatan tambang pada wilayah/pit tersebut selesai (*mine out*). Pada penelitian kali ini volume yang akan dihitung adalah volume bersih galian dan timbunan (*net volume*) dengan menggunakan data suatu pit yang dibagi atau dipotong menjadi 3 bagian yaitu Pit A, Pit B dan Pit C. berikut adalah pengolahan data serta hasil

pengolahan data masing-masing pit pada setiap metode dan perangkat lunak :

4.1.4.1 AutoCAD Civil 3D

1. *Borrow Pit*

Dalam melakukan perhitungan volume pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* dibutuhkan dua *surface*, yaitu *surface existing* sebagai *lower surface* yang berisikan data koordinat x y z eom (*end of month*) dan *surface natural* sebagai *upper surface* yang berisikan data koordinat x y z natural, selanjutnya perhitungan volume dapat dilakukan dengan menggunakan *tool volume dashboard*, pada *volume dashboard*, memasukkan ukuran grid yang diinginkan, dalam penelitian kali ini perhitungan dilakukan tiga kali pada masing-masing pit, yaitu dengan ukuran grid 5 meter, 10 meter dan 15 meter. Pada gambar 4.27 menunjukkan hasil bentukan digital terrain model oleh perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*, dapat dilihat bahwa hasil bentukan digital terrain model pada perangkat lunak ini tidak dapat atau tidak memiliki warna ketinggian.



Gambar 4. 27 *Digital Terrain Model pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D*

Pada tabel 4.9 adalah tampilan *report* hasil perhitungan volume metode borrow pit pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* :

Tabel 4. 9 Report Hasil Perhitungan Volume Metode *Borrow Pit* Pada Perangkat Lunak *Autocad Civil 3D*

Volume Summary							
Name	Type	Cut Factor	Fill Factor	2d Area (sq.m)	Cut (Cu. M.)	Fill (Cu. M.)	Net (Cu. M.)
B 5	full	1.000	1.000	448850.00	12206282.29	1230.98	12205051.31<Cut>
C 5	full	1.000	1.000	487225.00	11950426.41	22413.35	11928013.06<Cut>
A 10	full	1.000	1.000	295900.00	2814137.85	3071.91	2811065.93<Cut>
B 10	full	1.000	1.000	439200.00	12075601.49	1037.66	12074563.83<Cut>
A 15	full	1.000	1.000	287325.00	2756494.99	2598.52	2753896.47<Cut>
A 5	full	1.000	1.000	304000.00	2858095.73	3625.36	2854470.37<Cut>
C 15	full	1.000	1.000	470250.00	11728313.71	17525.75	11710787.97<Cut>
B 15	full	1.000	1.000	430650.00	11919294.53	920.18	11918374.35<Cut>
C 10	full	1.000	1.000	477600.00	11845247.43	20295.16	11824952.27<Cut>

Berikut adalah tabel hasil perhitungan volume metode *borrow pit* pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Volume Metode *Borrow Pit* Pada Perangkat Lunak *Autocad Civil 3D*

Pit	Interval Grid (m)	Volume (m ³)
Pit A	5	2.854.470,37
Pit A	10	2.811.065,93
Pit A	15	27.53.896,47
Pit B	5	12.205.051,3
Pit B	10	12.074.563,8
Pit B	15	11.918.374,4
Pit C	5	11.928.013,1
Pit C	10	11.824.952,3
Pit C	15	11.710.788

2. Trapezoidal

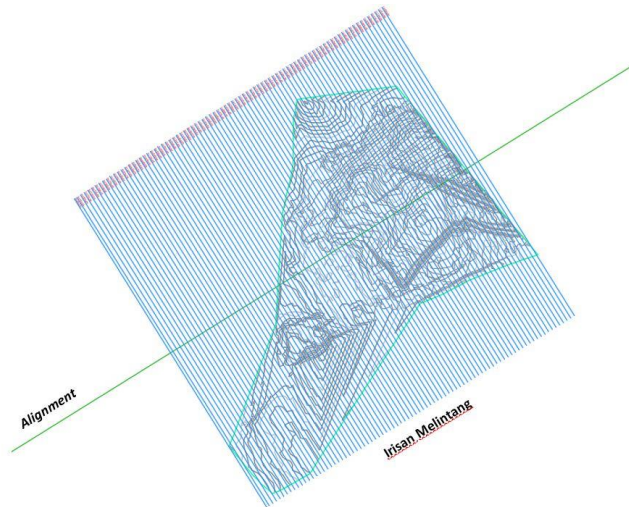
Pada perhitungan volume dengan metode *Trapezoidal* pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*

dibutuhkan dua surface, yaitu *surface existing* sebagai *lower surface* yang berisikan data koordinat x y z eom (*end of month*) dan *surface natural* sebagai *upper surface* yang berisikan data koordinat x y z natural. Langkah selanjutnya adalah membuat *alignment* atau garis tengah yang nantinya akan digunakan sebagai orientasi pembuatan irisan melintang (*cross section*), pembuatan *alignment* ini dapat menggunakan proses digitasi *polyline* secara langsung atau menggunakan koordinat tertentu sebagai titik awal dan akhirnya, pada penelitian kali ini metode pembuatan *alignment*-nya adalah menggunakan koordinat awal dan akhir yang sudah ditentukan sejak awal, *alignment* ini nantinya akan digunakan untuk menghitung volume pada semua pit (pit A, Pit B dan Pit C). Berikut adalah koordinat titik awal dan akhir yang digunakan pada penelitian kali ini :

Tabel 4. 11 Koordinat titik awal dan akhir *alignment*

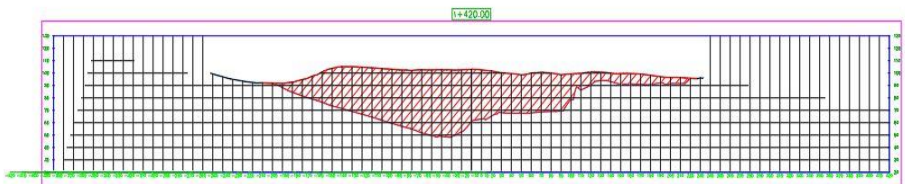
Titik	Awal (m)	Akhir (m)
X	506.026,7	509.358,5
Y	9.924.500	9.926.575
Z	10	10

Setelah membuat *alignment* kemudian membuat *section* atau irisannya, pada perangkat lunak ini untuk interval *section* dapat diatur begitu juga untuk lebar irisan dapat juga diatur, untuk lebar irisan dapat diatur seragam untuk semua *section* dan dapat juga mengikuti *alignment* yang diinginkan, selain itu untuk titik awal pembuatan *section*-nya juga dapat ditentukan, pada penelitian kali ini *interval section* yang digunakan adalah sebesar 10 meter dan 25 meter. Hasil pembuatan *alignment* / garis tengah dan *cross section* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 28 *Alignment Dan Irisan Melintang Pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D*

Pada gambar 4.29 menunjukkan bentuk *visualisasi* penampang tampak samping, luasan yang diarsir warna merah merupakan luasan material yang di batasi oleh *upper surface (natural surface)* dan *lower surface (eom)*.



Gambar 4. 29 *Visualisasi Penampang Tampak Samping Pada Perangkat Lunak Autocad Civil 3D*

Setelah membuat *section* maka perhitungan volume dapat dilakukan dengan menggunakan *compute*

material, tabel berikut adalah tampilan *report* hasil perhitungan volume metode trapezoidal pada perangkat lunak AutoCAD Civil 3D :

Tabel 4. 12 Tampilan *Report* Hasil Perhitungan Volume Metode *Trapezoidal* Pada Perangkat Lunak *Autocad Civil 3D*

Station	Volume Galian (m ³)	Volume Timbunan (m ³)	Akumulasi Volume Galian (m ³)	Akumulasi Volume Timbunan (m ³)	Akumulasi Volume Total (m ³)
1+000.000	0	0	0	0	0
1+025.000	2567.46	79	2567.46	79	2488.46
1+050.000	3654.63	79.01	6222.09	158.01	6064.08
1+075.000	1176.21	121.99	7398.3	280	7118.3
1+100.000	2824.5	185.72	10222.79	465.71	9757.08
1+125.000	9658.4	1007.55	19881.19	1473.26	18407.93
1+150.000	19736.42	1078.1	39617.61	2551.36	37066.25
1+175.000	37047.52	189.62	76665.13	2740.99	73924.14
1+200.000	71155.09	384.68	147820.21	3125.66	144694.55
1+225.000	124322.97	336.71	272143.19	3462.37	268680.82
1+250.000	171920.75	7.6	444063.94	3469.97	440593.97
1+275.000	204710.45	5.42	648774.39	3475.38	645299.01
1+300.000	224548.82	5.18	873323.21	3480.56	869842.64
1+325.000	234417.25	0	1107740.46	3480.56	1104259.9
1+350.000	245977.55	0	1353718.01	3480.56	1350237.45
1+375.000	253414.56	147.07	1607132.57	3627.63	1603504.94
1+400.000	264120.58	148.03	1871253.15	3775.66	1867477.49
1+425.000	280188.38	0.96	2151441.53	3776.63	2147664.9
1+450.000	298947.71	0	2450389.24	3776.63	2446612.61
1+475.000	256193.97	0	2706583.21	3776.63	2702806.58
1+500.000	133896.1	0	2840479.31	3776.63	2836702.68

Pada tabel hasil perhitungan volume diatas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan volume metode *trapezoidal* pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* menampilkan nilai volume *komulatif* yang kontinyu di setiap stasiunnya. Berikut adalah hasil perhitungan volume metode *trapezoidal* pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* :

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Volume Metode *Trapezoidal* Pada Perangkat Lunak *Autocad Civil 3D*

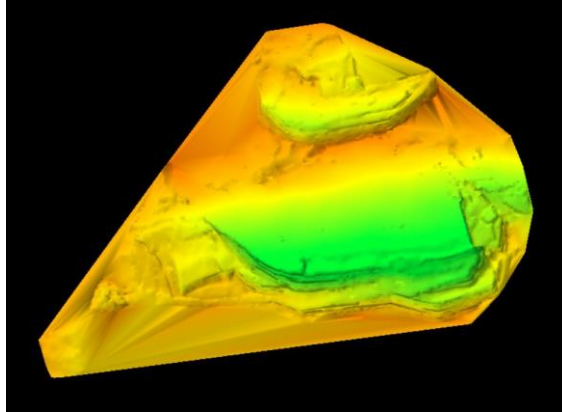
No.	Pit	Interval Section (m)	Volume (m ³)
1	Pit A	10	2.875.537,91
2	Pit A	25	2.836.702,68
3	Pit B	10	12.273.643,6
4	Pit B	25	12.236.064,88
5	Pit C	10	11.983.517,72
6	Pit C	25	11.994.103,69

4.1.4.2 Surpac Vision

1. Borrow Pit

Pada perangkat lunak *Surpac Vision* perhitungan volume membutuhkan dua *surface* atau *digital terrain model (DTM)* yaitu *surface existing* sebagai *lower surface* yang berisikan data koordinat x y z *eom (end of month)* dan *surface natural* sebagai *upper surface* yang berisikan data koordinat x y z *natural*. Namun berbeda dengan perhitungan pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* yang dapat ditentukan ukuran gridnya, pada perangkat lunak *Surpac Vision* tidak dapat ditentukan untuk ukuran grid-nya. Pada gambar 4.30 menunjukkan hasil bentukan *digital terrain model* oleh perangkat lunak *Surpac Vision*, dapat dilihat

bahwa hasil bentukan *digital terrain model* pada perangkat lunak ini memiliki warna ketinggian (*material color*).



Gambar 4. 30 *Digital Terrain Model* Pada Perangkat Lunak *Surpac Vision*

Berikut tampilan report hasil perhitungan volume metode *borrow pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* :

```

Surpac Vision
Apr 15, 2020

VOLUME BETWEEN DTM SURFACES
Upper surface: natural_bagi_a.dtm
Lower surface: eom_bagi_a.dtm

No boundary string applied

Volumes
Volume: 2879935

```

Gambar 4. 31 Report Hasil Perhitungan Volume Metode *Borrow Pit* Pada Perangkat Lunak *Surpac Vision*

Tabel 4.14 merupakan hasil perhitungan volume metode metode *borrow pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* :

Tabel 4. 14 Hasil Perhitungan Volume Metode Metode *Borrow Pit* Pada Perangkat Lunak *Surpac Vision*

No.	Pit	Interval Grid (m)	Volume (m ³)
1	Pit A	-	2.879.935
2	Pit B	-	12.283.721
3	Pit C	-	11.977.579

2. *Trapezoidal*

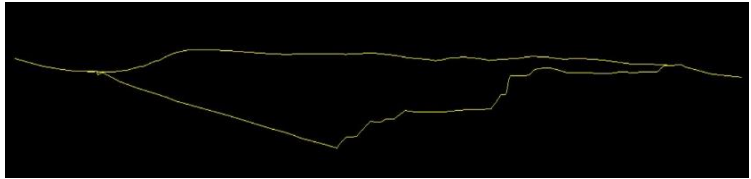
Pada perhitungan volume dengan metode *Trapezoidal* pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* dibutuhkan dua *surface*, yaitu *surface existing* sebagai *lower surface* yang berisikan data koordinat x y z *eom* (*end of month*) dan *surface natural* sebagai *upper surface* yang berisikan data koordinat x y z *natural*. Selanjutnya adalah membuat *Alignment* / garis tengah sebagai orientasi pembuatan irisan melintang (*cross section*), pada penelitian kali ini koordinat titik awal dan akhir *alignment* adalah tetap, yaitu sama dengan koordinat titik awal dan akhir *alignment* yang digunakan pada metode *trapezoidal* perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*, yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 15 Koordinat Titik Awal Dan Akhir *Alignment*

Titik	Awal (m)	Akhir (m)
X	506.026,7	509.358,5
Y	9.924.500	9.926.575
Z	10	10

Alignment ini nantinya akan digunakan untuk menghitung volume pada semua pit (pit A, Pit B dan Pit C), Langkah selanjutnya adalah membuat irisan melintang atau *cross section*, pada perangkat lunak ini besarnya interval

antar *section* dapat ditentukan sesuai keinginan, untuk batas samping *section* dapat menggunakan *boundary* maupun titik-titik terluar *surface*, pada penelitian kali ini *interval section* yang digunakan adalah sebesar 10 meter dan 25 meter. Berikut adalah bentuk visualisasi penampang tampak samping.



Gambar 4. 32 *Visualisasi* Penampang Tampak Samping Pada Perangkat Lunak *Surpac Vision*

Pada gambar 4.32 terlihat bahwa bentuk visualisasi penampang tampak samping pada perangkat lunak *surpac vision* tidak terdapat keterangan ataupun label apapun, seperti posisi stasiun maupun interval ketinggian. Pada tabel 4.16 menunjukkan tampilan report hasil perhitungan volume metode *trapezoidal* pada perangkat lunak *surpac vision*.

Tabel 4. 16 Report Hasil Perhitungan Volume Metode *Trapezoidal* Pada Perangkat Lunak *Surpac Vision*

Surpac Vision REPORT ON VOLUMES BY LAYER		
LOCATION : sectiona		
ID NUMBER: 10.		
DATE : 15-Apr-20		

LAYER ELEVATION (m) !	VOLUME (m3)	
----- ! -----		
-15.000 - -5.000 !	0.000	
-5.000 - 5.000 !	0.000	
5.000 - 15.000 !	0.000	
15.000 - 25.000 !	0.000	
25.000 - 35.000 !	992.077	
35.000 - 45.000 !	15001.942	
45.000 - 55.000 !	50481.081	
55.000 - 65.000 !	112520.753	
65.000 - 75.000 !	290049.808	
75.000 - 85.000 !	723855.355	
85.000 - 95.000 !	1008804.384	
95.000 - 105.000 !	564014.412	
105.000 - 115.000 !	108792.900	
115.000 - 125.000 !	2598.195	
125.000 - 135.000 !	0.000	
135.000 - 145.000 !	0.000	
145.000 - 155.000 !	0.000	
155.000 - 165.000 !	0.000	
165.000 - 175.000 !	0.000	

TOTAL !	2877110.907	

Tabel 4.16 menunjukkan bahwa hasil *report* hasil hitungan dilaporkan berdasarkan interval elevasi ketinggian, pada proses perhitungan nilai interval elevasi ketinggian, nilai minimum dan maksimum ketinggian dapat ditentukan, pada perhitungan diatas terlihat bahwa nilai minimum ketinggian adalah -15 meter dan nilai maksimum ketinggian adalah 175 meter, dan nilai interval elevasi adalah sebesar 10 meter, sehingga dari laporan hasil hitungan volume tersebut dapat dilihat pada *range*

ketinggian 85 meter-95 meter misalnya, nilai volume pada range ketinggian tersebut adalah sebesar 1.008.804,384 m³. Berikut adalah hasil hitungan volume pada keseluruhan pit.

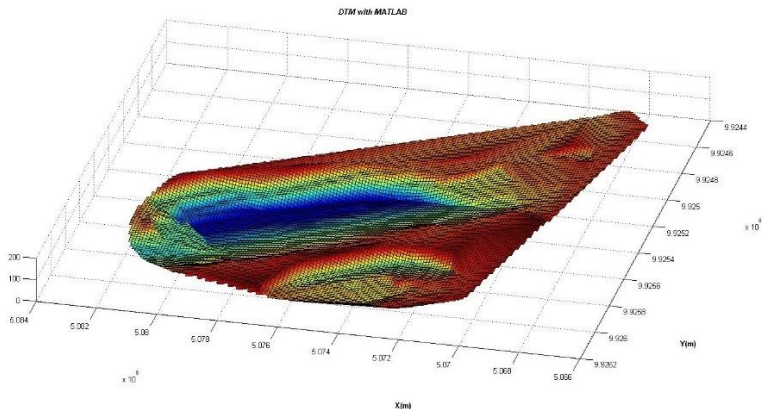
Tabel 4. 17 Hasil Hitungan Volume Metode *Trapezoidal* Pada Perangkat Lunak *Surpac Vision*

No.	Pit	<i>Interval Section</i> (m)	Volume (m ³)
1	Pit A	10	2.877.110,907
2	Pit A	25	2.837.011,081
3	Pit B	10	12.275.791,20
4	Pit B	25	12.236.491,30
5	Pit C	10	11.983.355,77
6	Pit C	25	11.986.089,07

4.1.4.3 Perhitungan Manual

Perhitungan volume manual metode *borrow pit* pada perangkat lunak *matlab* akan digunakan sebagai acuan perhitungan volume. Pada proses perhitungan manual *borrow pit* menggunakan perangkat lunak *matlab*, dilakukan dengan input data *lower surface* yang berisikan data koordinat x y z eksisting atau *end of month* dan *upper surface* yang berisikan data koordinat x y z natural dengan format data (*.csv), kemudian dilakukan interpolasi untuk mendapatkan data tambahan berdasarkan data yang telah ada. Interpolasi yang dilakukan adalah pada koordinat x,y dan z. Langkah pertama adalah melakukan interpolasi pada koordinat x dan y, interpolasi ini dilakukan dengan menggunakan perintah *meshgrid* pada perangkat lunak *matlab*, fungsi dari perintah *meshgrid* adalah menghasilkan grid-grid dengan titik-titik yang berjarak atau spasi sama atau seragam, pada penelitian kali ini dibuat interpolasi

dengan menginput nilai x minimum dan x maksimum (sebagai penentu panjang vector x), y minimum dan y maksimum (sebagai penentu panjang vector y) dan interval atau spasi yang diinginkan, pada penelitian kali ini interval atau spasi yang digunakan adalah 10 meter. Selanjutnya adalah melakukan interpolasi koordinat z, yaitu menggunakan perintah *griddata*, pada perintah ini dilakukan input data x,y,z dan data x,y hasil *meshgrid* dan memilih metode interpolasi yang digunakan, pada penelitian kali ini metode interpolasi yang digunakan adalah interpolasi linier sebab keadaan dilapangan bentuk lokasi tambang adalah relatif linier atau mendatar. Interpolasi menggunakan perintah *griddata* akan menginterpolasi nilai z pada titik kueri x dan y hasil dari proses *meshgrid*. Gambar 4.33 merupakan bentuk visual permukaan atau digital terrain model dari hasil interpolasi linier pada perangkat lunak *matlab*.



Gambar 4. 33 *Digital Terrain Model* Pada Perangkat Lunak *Matlab*
(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma
“,”)

Proses selanjutnya adalah melakukan sortir atau pengelompokan nilai z sesuai dengan prinsip perhitungan volume metode *borrow pit*, yaitu h_1, h_2, h_3 dan h_4 , kemudian dilakukan perhitungan volume menggunakan rumus berikut :

$$V = \frac{A}{4} (1 \sum h_1 + 2 \sum h_2 + 3 \sum h_3 + 4 \sum h_4) \quad 4.1$$

(Agor 1982)

Perhitungan dilakukan sebanyak empat kali yaitu pada pit keseluruhan, pit bagian A, B, dan C, berikut adalah hasil perhitungan volume manual :

Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Volume Manual

No.	Pit	<i>Interval Grid</i> (m)	Volume (m ³)
1	Pit A	10	2.885.800
2	Pit B	10	12.272.818
3	Pit C	10	11.976.905

4.2 Analisis Hasil Perhitungan Volume

Proses perhitungan yang telah dilakukan, menghasilkan nilai atau jumlah volume yang berbeda-beda antara kedua perangkat lunak dan metode yang telah dilaksanakan, pada penelitian kali ini akan dibandingkan nilai hasil perhitungan volume setiap metode pada masing-masing perangkat lunak terhadap nilai perhitungan volume manual sebagai acuan. Berikut adalah tabel perbandingan selisih perhitungan volume setiap metode pada masing-masing perangkat lunak terhadap nilai perhitungan volume manual :

4.2.1. Borrow Pit

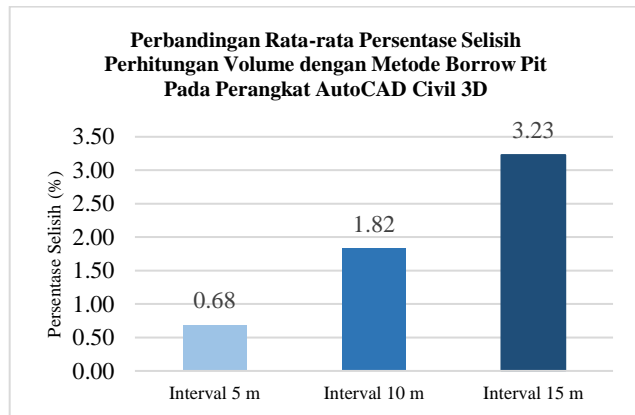
Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan dan Selisih Volume Metode *Borrow Pit* terhadap Perhitungan Manual

Perangkat Lunak (1)	Pit (2)	Interval Grid (m) (3)	Volume (m ³) (4)	Manual (m ³) (5)	Selisih (m ³) (6)	Persentase (%) (7)
AutoCAD Civil 3D	Pit A	5	2.854.470,4	2.885.800	31.329,63	1,086
	Pit A	10	2.811.065,9	2.885.800	74.734,07	2,590
	Pit A	15	2.753.896,5	2.885.800	131.903,5	4,571
	Pit B	5	12.205.051	12.272.818	67.766,69	0,552
	Pit B	10	12.074.564	12.272.818	198.254,2	1,615
	Pit B	15	11.918.374	12.272.818	354.443,7	2,888
	Pit C	5	11.928.013	11.976.905	48.891,94	0,408
	Pit C	10	11.824.952	11.976.905	151.952,7	1,269
	Pit C	15	11.710.788	11.976.905	266.117	2,222
Surpac Vision	Pit A	-	2.879.935	2.885.800	5.865	0,203
	Pit B	-	12.283.721	12.283.721	10.903	0,089
	Pit C	-	11.977.579	11.976.905	674	0,006

(Keterangan : nilai kolom (7) didapatkan dari kolom (6) dibagi kolom (5) dikali 100)

Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa pada perhitungan volume dengan perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* dengan metode *borrow pit*, besar kecilnya ukuran *interval grid* sangat berpengaruh pada hasil perhitungan volume, data tersebut menunjukkan semakin besar nilai *interval grid* maka selisih terhadap nilai acuan atau hitungan manual menjadi semakin besar dan hal tersebut berlaku kepada semua Pit yang digunakan sebagai perhitungan. Mengacu pada standart ASTM (*American Society for Testing and Material*) yaitu batas maksimal prosentase selisih hasil perhitungan volume adalah sebesar 2,78%, maka untuk perhitungan volume metode *borrow*

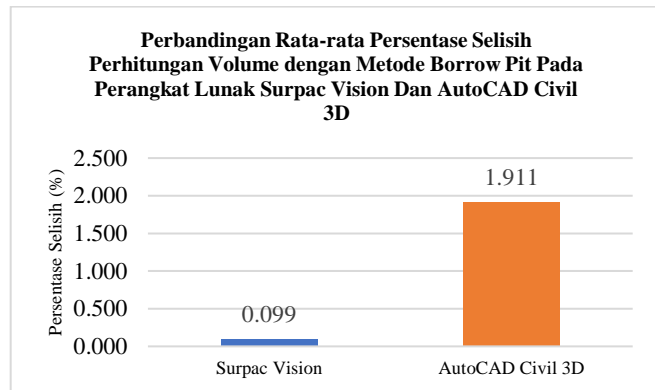
pit pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* pada *pit A* dan *B* dengan *interval grid* paling besar yaitu 15 m tidak masuk toleransi dengan persentase selisih sebesar 4,571 % dan 2,888%, hal ini disebabkan oleh *interval grid* yang digunakan terlalu besar dan sangat berpengaruh pada hasil perhitungan volume. Gambar 4.34 berikut menggambarkan perbandingan persentase selisih perhitungan volume pada setiap interval grid yang berbeda dengan perhitungan volume metode *borrow pit* pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*.



Gambar 4. 34 Perbandingan Rata-rata Persentase Selisih Perhitungan Volume dengan Metode *Borrow Pit* Pada Perangkat *AutoCAD Civil 3D*
(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma “,”)

Pada proses perhitungan volume dengan perangkat lunak *Surpac Vision* dengan metode *borrow pit* interval grid tidak dapat diubah sehingga perhitungan volume hanya dilakukan sekali untuk semua *pit*, mengacu pada standart *ASTM (American Society for Testing and Material)* untuk semua perhitungan volume dengan perangkat lunak *Surpac Vision* dengan metode *borrow pit*

masuk toleransi, dengan persentase selisih terkecil pada pit C yaitu sebesar 0,006 % dan terbesar pada pit B sebesar 0,299 %. Jika dibandingkan dengan hasil perhitungan volume pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*, hasil perhitungan volume perangkat lunak *Surpac Vision* memiliki rata-rata selisih yang lebih kecil, yaitu 0,099 % banding 1.911 %. Gambar 4.35 berikut menggambarkan perbandingan rata-rata persentase selisih perhitungan volume dengan metode *borrow pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* Dan *AutoCAD Civil 3D*.



Gambar 4. 35 Perbandingan Rata-rata Persentase Selisih Perhitungan Volume dengan Metode *Borrow Pit* Pada Perangkat Lunak *Surpac Vision* Dan *AutoCAD Civil 3D*

(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma “,”)

4.2.2. Trapezoidal

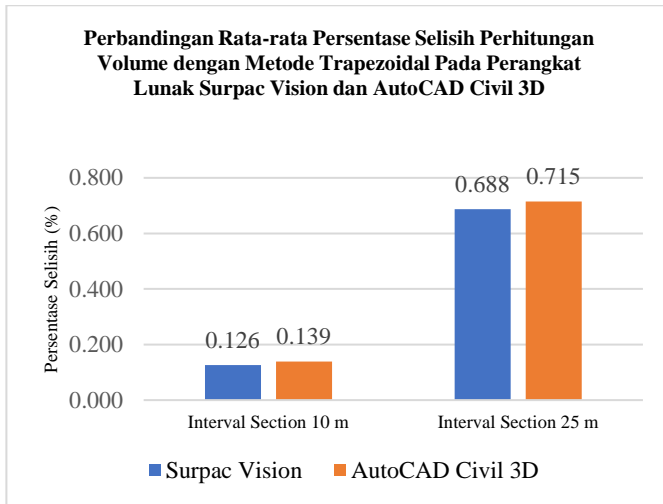
Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Dan Selisih Volume Metode *Trapezoidal* Terhadap Perhitungan Manual

Perangkat Lunak (1)	Pit	Interval Section (m) (2)	Volume (m ³) (3)	Manual (m ³) (4)	Selisih (m ³) (5)	Persentase (%) (6)
AutoCAD Civil 3D	Pit A	10	2.875.537,91	2.885.800	10.262,09	0,356
	Pit A	25	2.836.702,68	2.885.800	49.097,32	1,701
	Pit B	10	12.273.643,6	12.272.818	825,6	0,007
	Pit B	25	12.236.064,88	12.272.818	36.753,12	0,299
	Pit C	10	11.983.517,72	11.976.905	6.612,72	0,055
	Pit C	25	11.994.103,69	11.976.905	17.198,69	0,144
Surpac Vision	Pit A	10	2.877.110,907	2.885.800	8.689,093	0,301
	Pit A	25	2.837.011,081	2.885.800	48.788,92	1,691
	Pit B	10	12.275.791,20	12.272.818	2.973,249	0,024
	Pit B	25	12.236.491,30	12.272.818	36.326,704	0,296
	Pit C	10	11.983.355,77	11.976.905	6.450,765	0,054
	Pit C	25	11.986.089,07	11.976.905	9.184,067	0,077

(Keterangan : nilai kolom (7) didapatkan dari kolom (6) dibagi kolom (5) dikali 100)

Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa pada perhitungan volume pada kedua perangkat lunak dengan metode trapezoidal, besar kecilnya ukuran *interval section* sangat berpengaruh pada hasil perhitungan volume, data tersebut menunjukkan semakin besar nilai *interval section* maka selisih terhadap nilai acuan atau hitungan manual menjadi semakin besar dan hal tersebut berlaku kepada semua Pit yang digunakan sebagai perhitungan. Gambar 4.36 berikut menggambarkan perbandingan rata-rata persentase selisih

perhitungan volume dengan metode *trapezoidal* pada perangkat lunak *Surpac Vision* Dan *AutoCAD Civil 3D*.

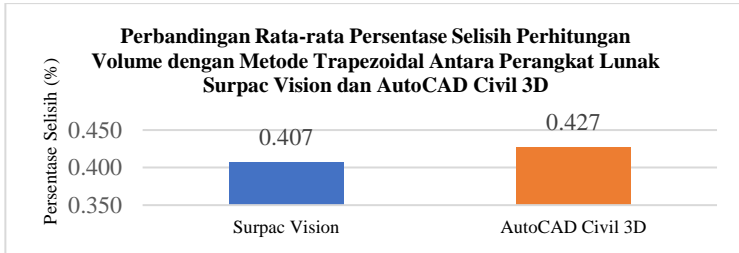


Gambar 4. 36 Perbandingan Rata-rata Persentase Selisih Perhitungan Volume dengan Metode *Trapezoidal* Pada Perangkat Lunak *Surpac Vision* dan *AutoCAD Civil 3D*

(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma “,”)

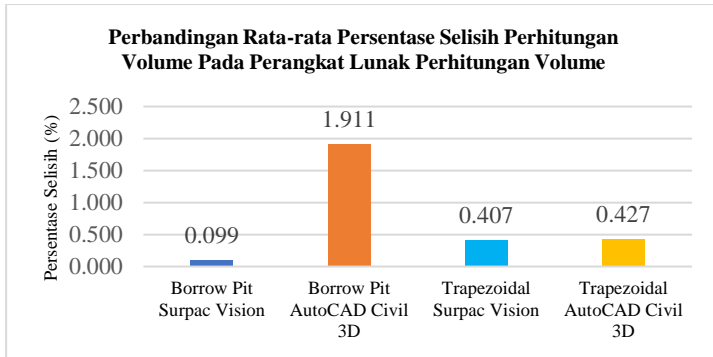
Mengacu pada standart ASTM (*American Society for Testing and Material*) yaitu batas maksimal prosentase selisih hasil perhitungan volume adalah sebesar 2,78%, semua perhitungan dengan metode *trapezoidal* pada setiap perangkat lunak untuk semua pit masuk toleransi. Meskipun rata-rata nilai persentase selisih perhitungan metode *trapezoidal* antara perangkat lunak *Surpac Vision* dan *AutoCAD Civil 3D* relatif sama, namun jika dibandingkan nilai persentase selisih perhitungan volume dengan metode *trapezoidal* pada perangkat lunak *Surpac Vision* lebih kecil dibandingkan dengan perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D* yaitu 0,407 % dan

0,427 %. Gambar 4.37 berikut menggambarkan perbandingan rata-rata persentase selisih perhitungan volume dengan metode *trapezoidal* antara perangkat lunak *Surpac Vision* Dan *AutoCAD Civil 3D*.



Gambar 4. 37 Perbandingan Rata-rata Persentase Selisih Perhitungan Volume dengan Metode *Trapezoidal* Antara Perangkat Lunak *Surpac Vision* dan *AutoCAD Civil 3D*
(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma “,”)

Jika semua perhitungan dibandingkan maka nilai rata-rata persentase selisih perhitungan volume paling kecil adalah pada perhitungan dengan metode *borrow pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision*, yaitu sebesar 0,099 %, pada perhitungan ini memiliki nilai persentase selisih volume paling kecil sebab metode perhitungan yang digunakan adalah sama dengan perhitungan manual sebagai nilai acuan, selain itu perangkat lunak *surpac vision* memang telah dibuat khusus untuk keperluan penunjang pengolahan data pertambangan.



Gambar 4. 38 Perbandingan Rata-rata Persentase Selisih Perhitungan Volume Pada Perangkat Lunak Perhitungan Volume
(Keterangan : notasi titik “.” Pada label diatas adalah sebagai koma “,”)

4.3 Paired T-Test

Pada penelitian kali ini menggunakan uji dua pihak sampel berpasangan, dengan taraf signifikansi 5% atau tingkat kepercayaan 95%. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara perhitungan pada tiap metode pada masing-masing perangkat lunak terhadap perhitungan manual. Berikut adalah hasil uji dua pihak sampel berpasangan :

Tabel 4. 21 Hasil Uji T Sampel Berpasangan

No.	Lokasi	Variabel	Thitung	Ttabel (2-Tailed)	df	Sig.(2-Tailed)
1	Pit A	Borrow Pit AutoCAD Civil 3D - Manual	-2,724	4.303	2	0,113
		Trapezoidal AutoCAD Civil 3D - Manual	-1,528	12,706	1	0,369
		Trapezoidal Surpac Vision - Manual	-1,433	12,706	1	0,388
2	Pit B	Borrow Pit AutoCAD Civil 3D - Manual	-2,496	4.303	2	0,130
		Trapezoidal AutoCAD Civil 3D - Manual	-0.956	12,706	1	0,514

No.	Lokasi	Variabel	Thitung	Ttabel (2-Tailed)	df	Sig.(2-Tailed)
		Trapezoidal Surpac Vision - Manual	-0,849	12,706	1	0,522
3	Pit C	Borrow Pit AutoCAD Civil 3D - Manual	-2,481	4.303	2	0,131
		Trapezoidal AutoCAD Civil 3D - Manual	2,249	12,706	1	0,266
		Trapezoidal Surpac Vision - Manual	5,720	12,706	1	0,110

Berdasarkan kaidah pengujian, pengambilan keputusan dilakukan dengan dua parameter, yaitu dilihat dari Thitung dan nilai signifikansi sebagai berikut :

- H_o diterima, jika : $-T_{\text{tabel}(\alpha/2, n-1)} \leq T_{\text{hitung}} \leq T_{\text{tabel}(\alpha/2, n-1)}$ dan H_o ditolak, jika : $T_{\text{tabel}(\alpha/2, n-1)} > T_{\text{hitung}}$ atau $T_{\text{hitung}} < -T_{\text{tabel}(\alpha/2, n-1)}$
- H_o diterima jika : nilai sig. (2-tailed) < 0.05 dan H_o ditolak jika : nilai sig. (2-tailed) > 0.05 .

Berdasarkan tabel 4.21 untuk hasil nilai Thitung dan nilai signifikansi, maka dapat dapat diputuskan bahwa H_o diterima untuk semua pengujian , jadi dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara perhitungan volume di tiap metode pada masing-masing perangkat lunak terhadap perhitungan volume manual.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Perbandingan perhitungan dilakukan dengan mengetahui nilai persentase selisih perhitungan volume dengan metode *borrow pit* dan *trapezoidal* pada perangkat lunak *Surpac Vision* dan *AutoCAD Civil 3D* terhadap perhitungan manual sebagai acuan dengan mengacu pada toleransi ASTM sebesar 2,78%. Berdasarkan data hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada perhitungan volume metode *borrow pit*, perangkat lunak *Surpac Vision* memiliki rata-rata persentase selisih volume yang lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan volume dengan perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*. Pada perhitungan metode *Trapezoidal*, perangkat lunak *Surpac Vision* memiliki rata-rata persentase selisih volume yang lebih kecil dibandingkan dengan perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*. Pada seluruh perhitungan metode *borrow pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* memiliki nilai persentase selisih volume paling kecil, hal itu disebabkan karena metode perhitungan yang digunakan adalah sama dengan perhitungan manual sebagai nilai acuan, selain itu perangkat lunak *surpac vision* memang telah dibuat khusus untuk keperluan penunjang pengolahan data pertambangan.
2. Pada perhitungan metode *borrow pit* pada perangkat lunak *AutoCAD Civil 3D*, nilai *interval grid* sangat mempengaruhi hasil perhitungan volume, semakin kecil *interval grid* yang dibuat maka hasil perhitungan akan semakin mendekati nilai acuan, pada perhitungan metode *borrow pit* pada perangkat lunak *Surpac Vision* nilai *interval grid* tidak dapat dirubah.
3. Pada perhitungan metode *trapezoidal* pada kedua perangkat lunak, nilai *interval section* sangat mempengaruhi hasil perhitungan volume, semakin kecil *interval section* yang

dibuat maka hasil perhitungan akan semakin mendekati nilai acuan.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini dalam pengambilan data menggunakan interval atau jarak pengambilan data setiap 10 meter, untuk penelitian selanjutnya, gunakan interval atau jarak data yang harus diambil lebih kecil dari 10 meter, agar data lebih mendekati kondisi sebenarnya dilapangan.
2. Pada penelitian ini menggunakan data satu pit yang dipotong menjadi tiga bagian, untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan data beberapa pit secara utuh dengan bentuk pit yang beragam (memanjang, datar, dan bergelombang).
3. Pada penelitian kali ini, untuk perhitungan metode *borrow pit* hanya salah satu perangkat lunak yang nilai *interval grid*-nya dapat dirubah, untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan atau menguji perangkat lunak yang sama-sama bisa dirubah *interval grid*-nya, agar dapat dibandingkan secara berpasangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agor. R. 1982. A Text Book of Surveying & Levelling. Delhi, India : Khana Publisher.
- Away, Gunaidi abdiah. 2006. The Shortcut of Matlab Programming. Bandung : Informatika.
- Basuki, S. 2011. Ilmu Ukur Tanah (Edisi Revisi). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Brinker, Russel C, 1986. Dasar Dasar Pengukuran Tanah jilid 1. Jakarta: penerbit Erlangga, 139-146.
- Dipokusumo. dkk. 1983. Dasar Teori Model Terrain Digital. (<http://www.scribd.com/doc/135113289/Dasar-Teori-Model-Terrain-Digital> diakses pada: 11 September 2019.)
- Geodis-Ale., 2012, Calculation of Volume, <http://www.geodis-ale.com/> (Diakses pada 7 September 2019)
- Irvine W. 1995. Surveying For Construction. UK Higher Education Engineering, Civil Engineering.
- Lama A. R. 2018. Analisis Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Data Gridding Dan Tanpa Gridding Pada Pekerjaan Bendungan. Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Linkwitz, 1970, Dasar Teori Model Terrain Digital. Akses pada: 8 September 2019. digilib.itb.ac.id/files/.../jbptitbpp-gdl-diponawang-33911-62009ta-5.pdf
- Nurjati, Chatarinas. 2004. Modul Ajar Ilmu Ukur Tanah I. Teknik Geodesi ITS-FTSP.
- Nuryadi dkk., 2017. Dasar-dasar Statistik Penelitian. Yogyakarta : Sibuku Media
- Oktavian A. 2008. Analisis Perbandingan software surpac vision v4.1-j dan surfer 8.0 pada perhitungan volume galian dan timbunan tambang. Teknik geomatika ITS

- Purwaamijaya, I, M. 2008. Teknik Survey dan Pemetaan jilid 3 untuk SMK. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan : Departemen Pendidikan Nasional
- Purwohardjo, Umaryono U. 1986. Pengukuran Topografi. Bandung : Jurusan Teknik Geodesi ITB.
- Siregar, S. 2013. Statistik Parametrik untuk Penelitian Kuantitatif. Bumi Aksara.
- Zhilin, Li, Qing Zhu, Christoper Gold, 2005, Digital Terrain Model Principles and Methodology, Washington, D.C., CRC Press

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Perhitungan Volume Metode *Borrow Pit* Perangkat Lunak *Surpac Vision*

Surpac Vision

Apr 15, 2020

VOLUME BETWEEN DTM SURFACES

Upper surface: natural_bagi_a.dtm

Lower surface: eom_bagi_a.dtm

No boundary string applied

Volumes

Volume: 2879935

Surpac Vision

May 04, 2020

VOLUME BETWEEN DTM SURFACES

Upper surface: natural_bagi_b.dtm

Lower surface: eom_bagi_b.dtm

No boundary string applied

Volumes

Volume: 12283721

Surpac Vision

Apr 15, 2020

VOLUME BETWEEN DTM SURFACES

Upper surface: natural_bagi_c.dtm

Lower surface: eom_bagi_c.dtm

No boundary string applied

Volumes

Volume: 11977579

Lampiran 2. Hasil Perhitungan Volume Metode *Trapezoidal* Perangkat Lunak *Surpac Vision*

Surpac Vision REPORT ON VOLUMES BY LAYER			Surpac Vision REPORT ON VOLUMES BY LAYER		
LOCATION : sectiona ID NUMBER: 10.			LOCATION : sectiona ID NUMBER: 25.		
DATE : 15-Apr-20			DATE : 13-May-20		
LAYER ELEVATION (m)	VOLUME (m3)		LAYER ELEVATION (m)	VOLUME (m3)	
-15.000 - -5.000	0.000		-15.000 - -5.000	0.000	
-5.000 - 5.000	0.000		-5.000 - 5.000	0.000	
5.000 - 15.000	0.000		5.000 - 15.000	0.000	
15.000 - 25.000	0.000		15.000 - 25.000	0.000	
25.000 - 35.000	992.077		25.000 - 35.000	584.018	
35.000 - 45.000	15001.942		35.000 - 45.000	14279.013	
45.000 - 55.000	50481.081		45.000 - 55.000	46012.979	
55.000 - 65.000	112520.753		55.000 - 65.000	105267.008	
65.000 - 75.000	290049.808		65.000 - 75.000	282962.538	
75.000 - 85.000	723855.355		75.000 - 85.000	711814.108	
85.000 - 95.000	1008804.384		85.000 - 95.000	1001243.604	
95.000 - 105.000	564014.412		95.000 - 105.000	564121.147	
105.000 - 115.000	108792.900		105.000 - 115.000	108131.218	
115.000 - 125.000	2598.195		115.000 - 125.000	2595.449	
125.000 - 135.000	0.000		125.000 - 135.000	0.000	
135.000 - 145.000	0.000		135.000 - 145.000	0.000	
145.000 - 155.000	0.000		145.000 - 155.000	0.000	
155.000 - 165.000	0.000		155.000 - 165.000	0.000	
165.000 - 175.000	0.000		165.000 - 175.000	0.000	
TOTAL	2877110.907		TOTAL	2837011.082	
Surpac Vision REPORT ON VOLUMES BY LAYER			Surpac Vision REPORT ON VOLUMES BY LAYER		
LOCATION : sectionb ID NUMBER: 10.			LOCATION : sectionb ID NUMBER: 25.		
DATE : 07-May-20			DATE : 07-May-20		
LAYER ELEVATION (m)	VOLUME (m3)		LAYER ELEVATION (m)	VOLUME (m3)	
-15.000 - -5.000	0.000		-15.000 - -5.000	0.000	
-5.000 - 5.000	0.000		-5.000 - 5.000	0.000	
5.000 - 15.000	25761.389		5.000 - 15.000	25522.430	
15.000 - 25.000	321669.739		15.000 - 25.000	322653.966	
25.000 - 35.000	595082.348		25.000 - 35.000	594455.755	
35.000 - 45.000	856724.651		35.000 - 45.000	855478.057	
45.000 - 55.000	1136742.868		45.000 - 55.000	1133602.086	
55.000 - 65.000	1456306.712		55.000 - 65.000	1448564.278	
65.000 - 75.000	1782992.568		65.000 - 75.000	1773300.225	
75.000 - 85.000	2098003.276		75.000 - 85.000	2089582.713	
85.000 - 95.000	2270407.086		85.000 - 95.000	2263702.604	
95.000 - 105.000	1341849.467		95.000 - 105.000	1340485.784	
105.000 - 115.000	372054.348		105.000 - 115.000	373864.157	
115.000 - 125.000	18196.797		115.000 - 125.000	15279.241	
125.000 - 135.000	0.000		125.000 - 135.000	0.000	
135.000 - 145.000	0.000		135.000 - 145.000	0.000	
145.000 - 155.000	0.000		145.000 - 155.000	0.000	
155.000 - 165.000	0.000		155.000 - 165.000	0.000	
165.000 - 175.000	0.000		165.000 - 175.000	0.000	
TOTAL	12275791.249		TOTAL	12236491.296	

Surpac Vision REPORT ON VOLUMES BY LAYER

LOCATION : sectionc
ID NUMBER: 10.

DATE : 16-Apr-20

Surpac Vision REPORT ON VOLUMES BY LAYER

LOCATION : sectionc
ID NUMBER: 25.

DATE : 16-Apr-20

LAYER ELEVATION (m) !	VOLUME (m3)	LAYER ELEVATION (m) !	VOLUME (m3)
-15.000 - -5.000 !	0.000	-15.000 - -5.000 !	0.000
-5.000 - 5.000 !	0.000	-5.000 - 5.000 !	0.000
5.000 - 15.000 !	421.346	5.000 - 15.000 !	394.567
15.000 - 25.000 !	194286.247	15.000 - 25.000 !	194805.489
25.000 - 35.000 !	465133.999	25.000 - 35.000 !	470636.358
35.000 - 45.000 !	754276.198	35.000 - 45.000 !	756071.692
45.000 - 55.000 !	1002236.788	45.000 - 55.000 !	1005394.138
55.000 - 65.000 !	1413275.919	55.000 - 65.000 !	1419078.640
65.000 - 75.000 !	1709002.368	65.000 - 75.000 !	1715020.919
75.000 - 85.000 !	1897626.208	75.000 - 85.000 !	1889420.524
85.000 - 95.000 !	1959139.162	85.000 - 95.000 !	1958719.939
95.000 - 105.000 !	1523955.485	95.000 - 105.000 !	1515614.874
105.000 - 115.000 !	807097.910	105.000 - 115.000 !	805954.587
115.000 - 125.000 !	242209.176	115.000 - 125.000 !	239863.344
125.000 - 135.000 !	14694.959	125.000 - 135.000 !	15113.996
135.000 - 145.000 !	0.000	135.000 - 145.000 !	0.000
145.000 - 155.000 !	0.000	145.000 - 155.000 !	0.000
155.000 - 165.000 !	0.000	155.000 - 165.000 !	0.000
165.000 - 175.000 !	0.000	165.000 - 175.000 !	0.000
TOTAL !	11983355.765	TOTAL !	11986089.067

Lampiran 3. Hasil Perhitungan Volume Metode *Borrow Pit* Perangkat Lunak *AutoCAD Civil 3D*

Volume Summary							
Name	Type	Cut Factor	Fill Factor	2d Area (sq.m)	Cut (Cu.M)	Fill (Cu.M)	Net (Cu.M)
B 5	fill	1.000	1.000	4485.90.00	12206282.29	1230.98	12205051.31<Cm>
C 5	fill	1.000	1.000	487225.00	11959425.41	22413.35	11958013.06<Cm>
A 10	fill	1.000	1.000	295900.00	2814137.85	3071.91	2811065.93<Cm>
B 10	fill	1.000	1.000	432000.00	12075601.49	1037.66	12074563.83<Cm>
A 15	fill	1.000	1.000	287325.00	2756494.99	2298.52	2753896.47<Cm>
A 5	fill	1.000	1.000	304000.00	2858095.73	3625.36	2854470.37<Cm>
C 15	fill	1.000	1.000	470250.00	11725811.71	17525.73	11710787.97<Cm>
B 15	fill	1.000	1.000	430650.00	11919294.53	920.18	11918374.35<Cm>
C 10	fill	1.000	1.000	477600.00	11844247.43	20295.16	11824952.27<Cm>

Lampiran 4. Hasil Perhitungan Volume Metode *Trapezoidal* Perangkat Lunak *AutoCAD Civil 3D*

• Pit A *Interval section* 10 m

Station	Volume Galian (m3)	Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Galian (m3)	Akumulasi Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Total (m3)
1+000	0	0	0	0	0
1+010	106,9	94,19	106,9	94,19	12,71
1+020	939,46	107,49	1046,36	201,68	844,68
1+030	1749,86	73,42	2796,22	275,1	2521,12
1+040	1547,87	136,41	4344,08	411,51	3932,57
1+050	1065,43	76,29	5409,51	487,8	4921,72
1+060	590,92	5,84	6000,44	493,64	5506,79
1+070	181,52	27,39	6181,96	521,03	5660,92
1+080	196,81	112,56	6378,76	633,59	5745,17
1+090	977,53	121,94	7356,29	755,53	6600,76
1+100	1900,38	56,43	9256,67	811,96	8444,71
1+110	3002,31	48,79	12258,98	860,74	11398,23
1+120	4541,13	304,64	16800,11	1165,38	15634,73
1+130	5650,28	762,89	22450,38	1928,27	20522,11
1+140	6956,05	688,85	29406,44	2617,12	26789,32
1+150	9064,19	261,01	38470,62	2878,13	35592,49
1+160	11838,69	139,45	50309,31	3017,58	47291,73
1+170	15109,04	108,15	65418,35	3125,73	62292,62
1+180	20009,33	95,27	85427,67	3221	82206,68
1+190	27375,33	203,9	112803	3424,89	109378,1
1+200	34530,16	262,79	147333,16	3687,69	143645,47
1+210	41836	183,92	189169,16	3871,61	185297,55
1+220	52240,58	54,73	241409,74	3926,34	237483,4
1+230	61189,79	8,85	302599,53	3935,19	298664,34
1+240	67037,83	6,3	369637,37	3941,49	365695,88
1+250	72828,57	0,09	442465,94	3941,58	438524,36
1+260	78646,74	0,09	521112,68	3941,67	517171
1+270	84096,88	0,58	605209,56	3942,25	601267,31
1+280	88052,68	0,78	693262,24	3943,03	689319,22
1+290	90095,03	0,2	783357,27	3943,22	779414,05
1+300	91042,9	0	874400,18	3943,22	870456,95
1+310	91974,15	0	966374,32	3943,22	962431,1
1+320	93787,73	0	1060162,06	3943,22	1056218,83
1+330	96075,66	0	1156237,72	3943,22	1152294,49
1+340	98336,11	0	1254573,83	3943,22	1250630,61
1+350	100183,91	0	1354757,74	3943,22	1350814,52

Station	Volume Galian (m3)	Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Galian (m3)	Akumulasi Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Total (m3)
1+360	100743,25	0	1455500,99	3943,22	1451557,77
1+370	100961,68	34,09	1556462,67	3977,31	1552485,36
1+380	102298,86	101,06	1658761,53	4078,37	1654683,16
1+390	105196,47	79,14	1763958	4157,5	1759800,5
1+400	108132,44	12,55	1872090,45	4170,06	1867920,39
1+410	110936,88	3,4	1983027,32	4173,46	1978853,86
1+420	112712,1	3,02	2095739,43	4176,48	2091562,94
1+430	114755,12	0	2210494,55	4176,48	2206318,06
1+440	118349,13	0	2328843,67	4176,48	2324667,19
1+450	122171,78	0	2451015,45	4176,48	2446838,97
1+460	121940,37	0	2572955,82	4176,48	2568779,34
1+470	107451,88	0	2680407,7	4176,48	2676231,22
1+480	83462,6	0,22	2763870,3	4176,7	2759693,59
1+490	61316,65	8,98	2825186,95	4185,68	2821001,27
1+500	38752,69	8,76	2863939,64	4194,43	2859745,2
1+510	14513,34	0	2878452,98	4194,43	2874258,55
1+520	1279,35	0	2879732,34	4194,43	2875537,9

• Pit A *Interval section 25 m*

Station	Volume Galian (m3)	Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Galian (m3)	Akumulasi Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Total (m3)
1+000	0	0	0	0	0
1+025	2567,46	79	2567,46	79	2488,46
1+050	3654,63	79,01	6222,09	158,01	6064,08
1+075	1176,21	121,99	7398,3	280	7118,3
1+100	2824,50	185,72	10222,79	465,71	9757,08
1+125	9658,4	1007,55	19881,19	1473,26	18407,93
1+150	19736,42	1078,1	39617,61	2551,36	37066,25
1+175	37047,52	189,62	76665,13	2740,99	73924,14
1+200	71155,09	384,68	147820,21	3125,66	144694,55
1+225	124322,97	336,71	272143,19	3462,37	268680,82
1+250	171920,75	7,6	444063,94	3469,97	440593,97
1+275	204710,45	5,42	648774,39	3475,38	645299,01
1+300	224548,82	5,18	873323,21	3480,56	869842,64
1+325	234417,25	0	1107740,46	3480,56	1104259,9
1+350	245977,55	0	1353718,01	3480,56	1350237,45
1+375	253414,56	147,07	1607132,57	3627,63	1603504,94
1+400	264120,58	148,03	1871253,15	3775,66	1867477,49
1+425	280188,38	0,96	2151441,53	3776,63	2147664,9
1+450	298947,71	0	2450389,24	3776,63	2446612,61
1+475	256193,97	0	2706583,21	3776,63	2702806,58
1+500	133896,1	0	2840479,31	3776,63	2836702,68

• Pit B *Interval section* 10 m

Station	Volume Galian (m3)	Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Galian (m3)	Akumulasi Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Total (m3)
1+450	0	0	0	0	0
1+460	110,13	11,85	110,13	11,85	98,28
1+470	2461,27	11,85	2571,4	23,7	2547,7
1+480	22309,91	3,24	24881,31	26,93	24854,38
1+490	57169,46	3,24	82050,77	30,17	82020,6
1+500	94566,68	0	176617,45	30,17	176587,28
1+510	134105,34	0	310722,79	30,17	310692,62
1+520	162369,96	35,75	473092,76	65,92	473026,84
1+530	175638,18	47,03	648730,94	112,95	648617,99
1+540	183503,99	45,7	832234,93	158,65	832076,28
1+550	189787,76	47,3	1022022,69	205,95	1021816,75
1+560	195586,23	13,18	1217608,92	219,13	1217389,79
1+570	201006,93	120,77	1418615,85	339,9	1418275,95
1+580	206186,27	327,95	1624802,12	667,85	1624134,27
1+590	211697,09	310,1	1836499,22	977,95	1835521,26
1+600	218460,91	202,11	2054960,12	1180,06	2053780,06
1+610	228635,74	115,59	2283595,86	1295,65	2282300,21
1+620	241510,63	39,86	2525106,49	1335,51	2523770,98
1+630	253153,67	38,16	2778260,17	1373,67	2776886,5
1+640	262403,04	20,09	3040663,21	1393,75	3039269,45
1+650	269935,82	7,03	3310599,03	1400,78	3309198,25
1+660	274674,46	3,71	3585273,5	1404,49	3583869
1+670	276245,55	2,39	3861519,04	1406,88	3860112,16
1+680	274192,06	2,47	4135711,1	1409,35	4134301,75
1+690	269843,37	4,21	4405554,48	1413,56	4404140,92
1+700	265942,43	3,04	4671496,9	1416,6	4670080,3
1+710	262383,12	5,39	4933880,02	1421,99	4932458,03
1+720	258765,43	4,91	5192645,45	1426,9	5191218,54
1+730	255689,23	3,92	5448334,67	1430,82	5446903,85
1+740	253470,46	12,39	5701805,14	1443,21	5700361,93
1+750	252194,02	9,66	5953999,16	1452,87	5952546,29
1+760	252371,81	5,26	6206370,97	1458,13	6204912,84
1+770	252884,51	9,64	6459255,48	1467,77	6457787,7
1+780	253580,29	4,77	6712835,76	1472,55	6711363,22
1+790	256491,59	0	6969327,36	1472,55	6967854,81
1+800	260542,01	0	7229869,37	1472,55	7228396,83
1+810	264026,93	25,1	7493896,3	1497,65	7492398,65
1+820	267023,71	43,55	7760920,01	1541,19	7759378,82

Station	Volume Galian (m3)	Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Galian (m3)	Akumulasi Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Total (m3)
1+830	270106,84	21,69	8031026,85	1562,89	8029463,97
1+840	274114,57	5,02	8305141,42	1567,91	8303573,52
1+850	278463,64	3,79	8583605,07	1571,69	8582033,38
1+860	282398,35	4,91	8866003,41	1576,6	8864426,81
1+870	286626,72	6,34	9152630,14	1582,94	9151047,19
1+880	291861,93	7,92	9444492,06	1590,86	9442901,2
1+890	297337,99	7,9	9741830,05	1598,75	9740231,3
1+900	301556,86	5,76	10043386,92	1604,51	10041782,41
1+910	305095,4	15,38	10348482,32	1619,89	10346862,43
1+920	305249,08	13,06	10653731,4	1632,95	10652098,44
1+930	301103,45	0	10954834,84	1632,96	10953201,89
1+940	290872,74	0	11245707,58	1632,96	11244074,62
1+950	266838,89	0	11512546,47	1632,96	11510913,51
1+960	236433,08	3,43	11748979,55	1636,39	11747343,16
1+970	202856,33	3,43	11951835,88	1639,82	11950196,06
1+980	148419,48	0	12100255,36	1639,82	12098615,54
1+990	99005,91	0	12199261,27	1639,82	12197621,45
2+000	57561,75	0	12256823,02	1639,82	12255183,2
2+010	18460,4	0	12275283,42	1639,82	12273643,6

• Pit B *Interval section 25 m*

Station	Volume Galian (m3)	Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Galian (m3)	Akumulasi Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Total (m3)
1+450	0	0	0	0	0
1+475	28254,48	5,14	28254,48	5,14	28249,34
1+500	171644,47	5,14	199898,95	10,29	199888,67
1+525	363754,75	45,93	563653,7	56,22	563597,48
1+550	461118,09	78,12	1024771,79	134,34	1024637,45
1+575	498713,85	473,75	1523485,64	608,08	1522877,56
1+600	536030,66	690,31	2059516,3	1298,4	2058217,91
1+625	594730,99	271,74	2654247,29	1570,14	2652677,15
1+650	658119,62	26,3	3312366,91	1596,44	3310770,47
1+675	685047	3,31	3997413,92	1599,75	3995814,16
1+700	673929,53	3,23	4671343,44	1602,99	4669740,46
1+725	649295,14	5,51	5320638,58	1608,49	5319030,08
1+750	633688,74	3,24	5954327,32	1611,74	5952715,59
1+775	631727,54	1,83	6586054,86	1613,57	6584441,29
1+800	645052,73	0,87	7231107,58	1614,44	7229493,15
1+825	665904,98	19,71	7897012,56	1634,15	7895378,41
1+850	688432,64	24,76	8585445,21	1658,91	8583786,3
1+875	715870,01	65,71	9301315,21	1724,62	9299590,6
1+900	744325,54	66,47	10045640,76	1791,09	10043849,67
1+925	757377,19	5,81	10803017,95	1796,9	10801221,05
1+950	691580,4	0	11494598,35	1796,9	11492801,45
1+975	509188,13	0	12003786,48	1796,9	12001989,58
2+000	234075,3	0	12237861,78	1796,9	12236064,88

• Pit C Interval section 10 m

Station	Volume Galian (m3)	Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Galian (m3)	Akumulasi Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Total (m3)
1+900	0	3,84	0	3,84	-3,84
1+910	0	406,45	0	410,29	-410,29
1+920	40,84	1859,5	40,84	2269,79	-2228,95
1+930	3171,65	1456,9	3212,5	3726,69	-514,19
1+940	8239,58	67,53	11452,07	3794,22	7657,85
1+950	15594,91	68,36	27046,98	3862,58	23184,4
1+960	36984,54	1,04	64031,52	3863,62	60167,9
1+970	73133,52	0,28	137165,04	3863,9	133301,15
1+980	117620,46	2,01	254785,5	3865,9	250919,6
1+990	175027,37	3,8	429812,88	3869,71	425943,17
2+000	243709,95	19,41	673522,83	3889,11	669633,72
2+010	300806,81	21,87	974329,64	3910,98	970418,66
2+020	332238,2	34,37	1306567,84	3945,35	1302622,49
2+030	344305,76	84,9	1650873,61	4030,25	1646843,36
2+040	347060,56	101,65	1997934,17	4131,9	1993802,27
2+050	348540,18	64,17	2346474,35	4196,07	2342278,28
2+060	349909,22	63,85	2696383,57	4259,92	2692123,65
2+070	351603,31	51,28	3047986,88	4311,2	3043675,68
2+080	353378,79	8,79	3401365,67	4319,99	3397045,67
2+090	354988,15	4,96	3756353,81	4324,95	3752028,86
2+100	357551,05	3,24	4113904,86	4328,19	4109576,67
2+110	360452,71	3,12	4474357,57	4331,32	4470026,25
2+120	362704,09	0,85	4837061,66	4332,16	4832729,5
2+130	363806,98	0,93	5200868,64	4333,09	5196535,55
2+140	364163,24	0,93	5565031,88	4334,02	5560697,86
2+150	363735,88	0	5928767,76	4334,02	5924433,74
2+160	362747,02	1,02	6291514,78	4335,05	6287179,74
2+170	361496,58	1,02	6653011,37	4336,07	6648675,29
2+180	359345,72	0	7012357,09	4336,07	7008021,02
2+190	356466,11	30,66	7368823,2	4366,73	7364456,46
2+200	351415,61	30,66	7720238,81	4397,4	7715841,41
2+210	343540,84	0	8063779,65	4397,4	8059382,26
2+220	335015,05	0,81	8398794,7	4398,21	8394396,5
2+230	325759,38	14,95	8724554,08	4413,16	8720140,92
2+240	318956,64	58,33	9043510,72	4471,48	9039039,24
2+250	315362,73	172,32	9358873,45	4643,8	9354229,65
2+260	311238,42	497,56	9670111,87	5141,35	9664970,51
2+270	303579,71	969,02	9973691,58	6110,37	9967581,21

Station	Volume Galian (m3)	Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Galian (m3)	Akumulasi Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Total (m3)
2+280	282220,06	1450,62	10255911,64	7561	10248350,64
2+290	248547,11	1423,05	10504458,75	8984,04	10495474,7
2+300	221575,95	1394,63	10726034,7	10378,68	10715656,02
2+310	202531,83	2171,33	10928566,54	12550,01	10916016,53
2+320	182721,93	2372,33	11111288,46	14922,34	11096366,12
2+330	161744,63	1315,51	11273033,09	16237,85	11256795,24
2+340	141945,8	680,33	11414978,9	16918,18	11398060,72
2+350	127298,2	614,2	11542277,09	17532,37	11524744,72
2+360	113257,6	346,57	11655534,7	17878,95	11637655,75
2+370	96626,19	461,77	11752160,89	18340,72	11733820,17
2+380	80028,15	595,84	11832189,03	18936,55	11813252,48
2+390	64710,6	389,6	11896899,64	19326,15	11877573,49
2+400	50238,54	544,42	11947138,18	19870,57	11927267,61
2+410	34451,35	816,75	11981589,53	20687,32	11960902,21
2+420	17694,55	1108,98	11999284,08	21796,3	11977487,79
2+430	5863,08	1367,22	12005147,16	23163,52	11981983,64
2+440	1707,58	835,04	12006854,74	23998,56	11982856,18
2+450	721,32	193,24	12007576,06	24191,8	11983384,26
2+460	157,78	23,49	12007733,84	24215,28	11983518,56
2+470	0,05	0	12007733,89	24215,28	11983518,61
2+480	0	0	12007733,89	24215,28	11983518,61
2+490	0	0	12007733,89	24215,28	11983518,61
2+500	0	0	12007733,89	24215,28	11983518,61
2+510	0	0	12007733,89	24215,28	11983518,61
2+520	0	0	12007733,89	24215,28	11983518,61
2+440	1707,58	835,04	12006854,74	23998,56	11982856,18
2+450	721,32	193,24	12007576,06	24191,8	11983384,26
2+460	157,78	23,49	12007733,84	24215,28	11983518,56
2+470	0,05	0	12007733,89	24215,28	11983518,61
2+480	0	0	12007733,89	24215,28	11983518,61
2+490	0	0	12007733,89	24215,28	11983518,61
2+500	0	0	12007733,89	24215,28	11983518,61
2+510	0	0	12007733,89	24215,28	11983518,61
2+520	0	0	12007733,89	24215,28	11983518,61

• Pit C Interval section 25 m

Station	Volume Galian (m3)	Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Galian (m3)	Akumulasi Volume Timbunan (m3)	Akumulasi Volume Total (m3)
1+900	0	9,61	0	9,61	-9,61
1+925	2560,71	1131,29	2560,71	1140,9	1419,81
1+950	28776,05	1123,73	31336,76	2264,63	29072,12
1+975	166990,89	29,45	198327,64	2294,08	196033,56
2+000	489945,33	71,27	688272,98	2365,36	685907,62
2+025	780323,82	179,91	1468596,8	2545,27	1466051,53
2+050	867869,21	179,44	2336466,01	2724,71	2333741,3
2+075	878658,64	60,46	3215124,65	2785,18	3212339,47
2+100	890847,29	22,74	4105971,95	2807,92	4103164,02
2+125	904357,08	5,72	5010329,03	2813,64	5007515,38
2+150	909370,01	0,03	5919699,04	2813,67	5916885,37
2+175	903197,89	0	6822896,94	2813,67	6820083,26
2+200	884228,55	0	7707125,49	2813,67	7704311,82
2+225	841978,32	0,86	8549103,81	2814,53	8546289,28
2+250	798811,63	321,19	9347915,43	3135,71	9344779,72
2+275	748866,56	2161,06	10096782	5296,77	10091485,22
2+300	622574,13	3897,28	10719356,13	9194,05	10710162,07
2+325	469369,66	3164,96	11188725,78	12359,02	11176366,77
2+350	355660,42	1672,79	11544386,2	14031,81	11530354,39
2+375	251085,05	698,8	11795471,25	14730,61	11780740,64
2+400	152995,71	1158,7	11948466,95	15889,31	11932577,64
2+425	59514,98	2754,87	12007981,93	18644,18	11989337,76
2+450	6219,61	1789,3	12014201,54	20433,48	11993768,07
2+475	394,34	58,71	12014595,88	20492,19	11994103,69
2+500	0	0	12014595,88	20492,19	11994103,69
2+525	0	0	12014595,88	20492,19	11994103,69

Lampiran 5. Hasil Perhitungan Volume Manual Metode *Borrow Pit* Pada Perangkat Lunak *Matlab*

- Pit A

Workspace				
Name ▲	Value	Min	Max	
h4tot	2.8858e+04	2.8858...	2.8858...	▲
hfix1	95x72 double	-2.1349	60.7239	
hfix2	95x72 double	-2.1349	60.7239	
hfixcut	95x72 double	0	60.7239	
hfixfill	95x72 double	-2.1349	0	
i	1x70 double	2	71	
interval	10	10	10	
j	1x93 double	2	94	
kolom	71.3474	71.3474	71.3474	
r	95	95	95	
Volcut	2.8903e+06	2.8903...	2.8903...	
Volfill	-4.4712e+03	-4.471...	-4.471...	
Volnett	2.8858e+06	2.8858...	2.8858...	
Volume_galian	2.8903e+06	2.8903...	2.8903...	
Volume_timbunan	-4.4712e+03	-4.471...	-4.471...	
Volume_total	2.8858e+06	2.8858...	2.8858...	
xmax	5.0745e+05	5.0745...	5.0745...	
xmin	5.0674e+05	5.0674...	5.0674...	
ymax	9.9255e+06	9.9255...	9.9255...	
ymin	9.9245e+06	9.9245...	9.9245...	
Z	95x72 double	-2.1349	60.7239	
Z1	95x72 double	0	117.88...	
Z2	95x72 double	0	117.88...	
Zeom	95x72 double	0	117.88...	
ZK	92.6550	92.6550	92.6550	
zmax	118.5240	118.52...	118.52...	
zmin	25.8690	25.8690	25.8690	
Znat	95x72 double	0	117.88...	
Zsort1	95x72 double	0	117.88...	
Zsort2	95x72 double	0	117.88...	
Zsort3	95x72 double	-2.1349	60.7239	
Zsort4	95x72 double	-2.1349	60.7239	
Zsort5	95x72 double	-2.1349	60.7239	
Zsort6	95x72 double	-2.1349	60.7239	▼

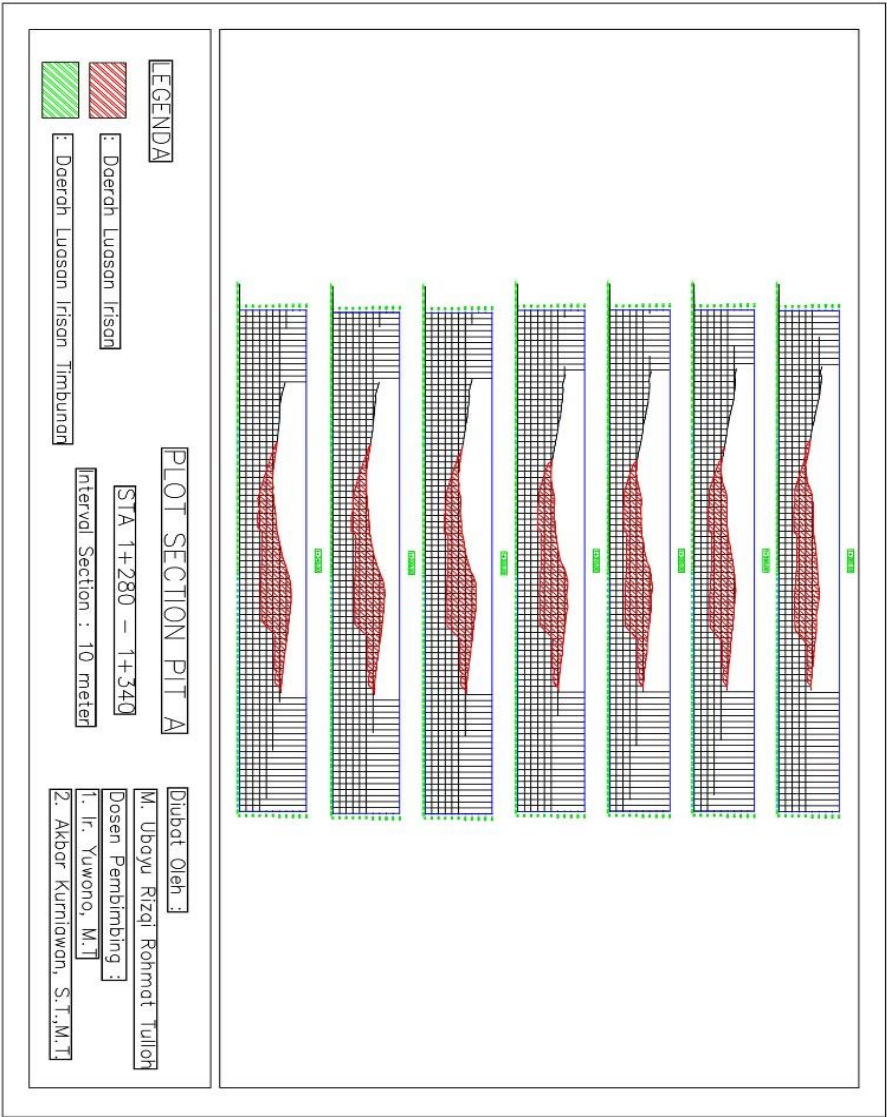
- Pit B

Workspace			
Name ▲	Value	Min	Max
h4tot	1.2273e+05	1.2273...	1.2273...
hfix1	100x90 double	-2.4845	96.2629
hfix2	100x90 double	-2.4845	96.2629
hfixcut	100x90 double	0	96.2629
hfixfill	100x90 double	-2.4845	0
i	1x88 double	2	89
interval	10	10	10
j	1x98 double	2	99
kolom	89.5239	89.5239	89.5239
r	100	100	100
Volcut	12274476	12274...	12274...
Volfill	-1.6567e+03	-1.656...	-1.656...
Volnett	12272818	12272...	12272...
Volume_galian	12274476	12274...	12274...
Volume_timbunan	-1.6567e+03	-1.656...	-1.656...
Volume_total	12272818	12272...	12272...
xmax	5.0792e+05	5.0792...	5.0792...
xmin	5.0702e+05	5.0702...	5.0702...
ymax	9.9261e+06	9.9261...	9.9261...
ymin	9.9251e+06	9.9251...	9.9251...
Z	100x90 double	-2.4845	96.2629
Z1	100x90 double	0	121.90...
Z2	100x90 double	0	121.74...
Zeom	100x90 double	0	121.74...
ZK	114.3350	114.33...	114.33...
zmax	122.4770	122.47...	122.47...
zmin	8.1420	8.1420	8.1420
Znat	100x90 double	0	121.90...
Zsort1	100x90 double	0	121.90...
Zsort2	100x90 double	0	121.74...
Zsort3	100x90 double	-2.4845	96.2629
Zsort4	100x90 double	-2.4845	96.2629
Zsort5	100x90 double	-2.4845	96.2629
Zsort6	100x90 double	-2.4845	96.2629

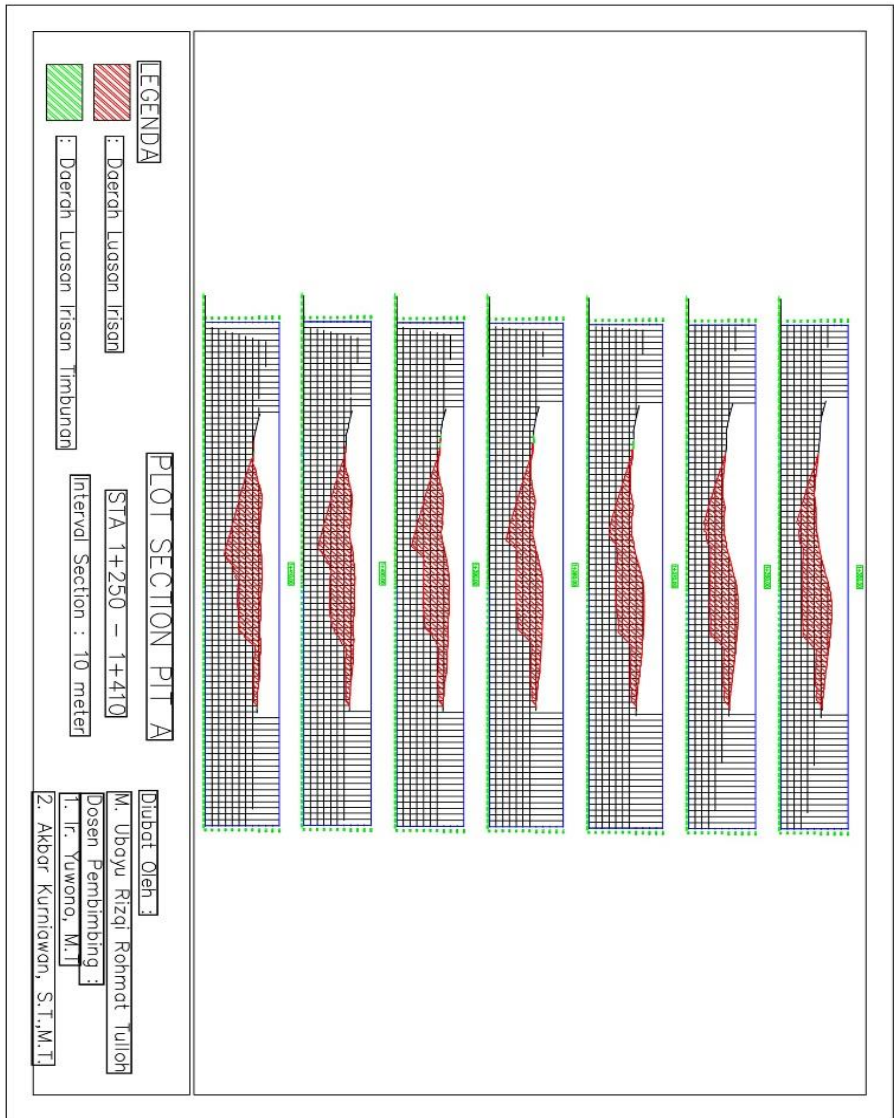
- Pit C

Workspace			
Name	Value	Min	Max
h4tot	1.1977e+05	1.1977...	1.1977...
hfix1	88x105 double	-10.42...	112.99...
hfix2	88x105 double	-10.42...	112.99...
hfixcut	88x105 double	0	112.99...
hfixfill	88x105 double	-10.42...	0
i	1x103 double	2	104
interval	10	10	10
j	1x86 double	2	87
kolom	104.5829	104.58...	104.58...
r	88	88	88
Volcut	12001386	12001...	12001...
Volfill	-2.4480e+04	-2.448...	-2.448...
Volnett	11976905	11976...	11976...
Volume_galian	12001386	12001...	12001...
Volume_timbunan	-2.4480e+04	-2.448...	-2.448...
Volume_total	11976905	11976...	11976...
xmax	5.0822e+05	5.0822...	5.0822...
xmin	5.0718e+05	5.0718...	5.0718...
ymax	9.9262e+06	9.9262...	9.9262...
ymin	9.9253e+06	9.9253...	9.9253...
Z	88x105 double	-10.42...	112.99...
Z1	88x105 double	0	130.85...
Z2	88x105 double	0	117.95...
Zeom	88x105 double	0	117.95...
ZK	117.8940	117.89...	117.89...
zmax	131.1560	131.15...	131.15...
zmin	13.2620	13.2620	13.2620
Znat	88x105 double	0	130.85...
Zsort1	88x105 double	0	130.85...
Zsort2	88x105 double	0	117.95...
Zsort3	88x105 double	-10.42...	112.99...
Zsort4	88x105 double	-10.42...	112.99...
Zsort5	88x105 double	-10.42...	112.99...
Zsort6	88x105 double	-10.42...	112.99...

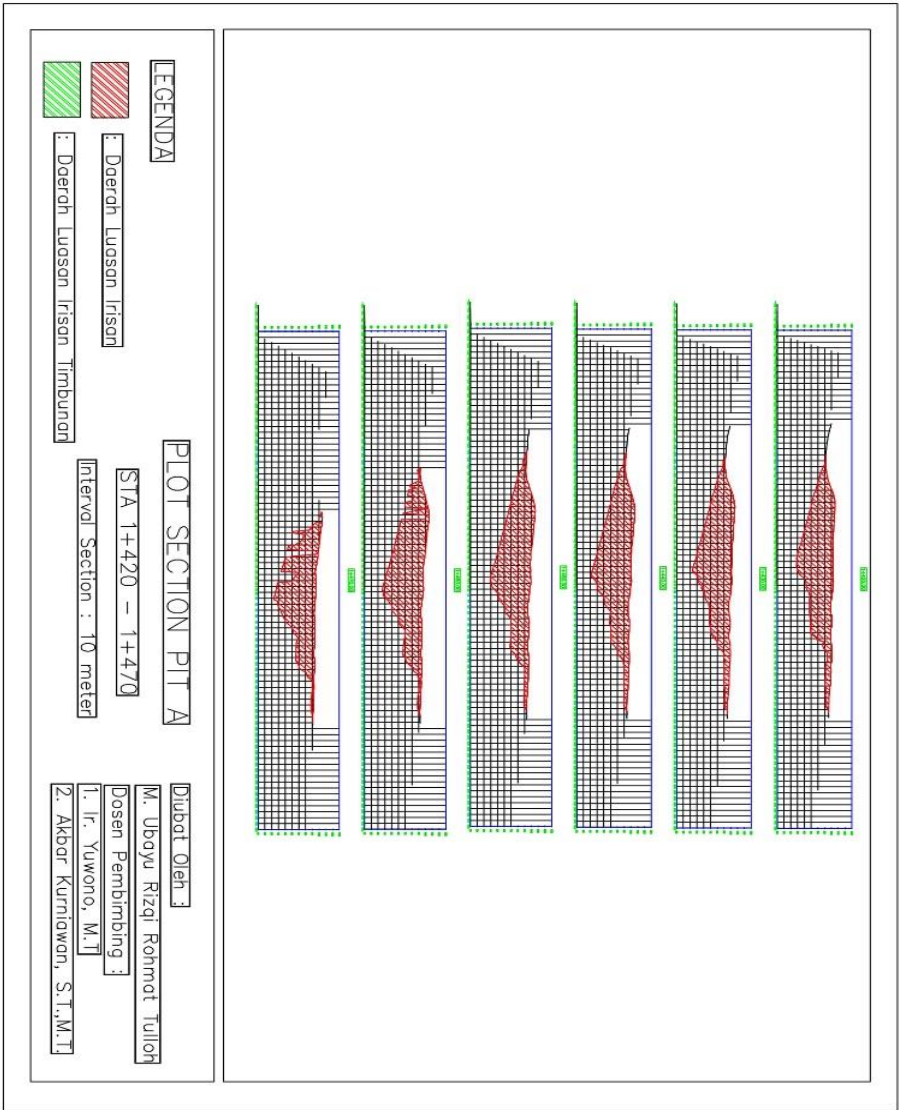
- Pit A Interval Section 10 meter (3)



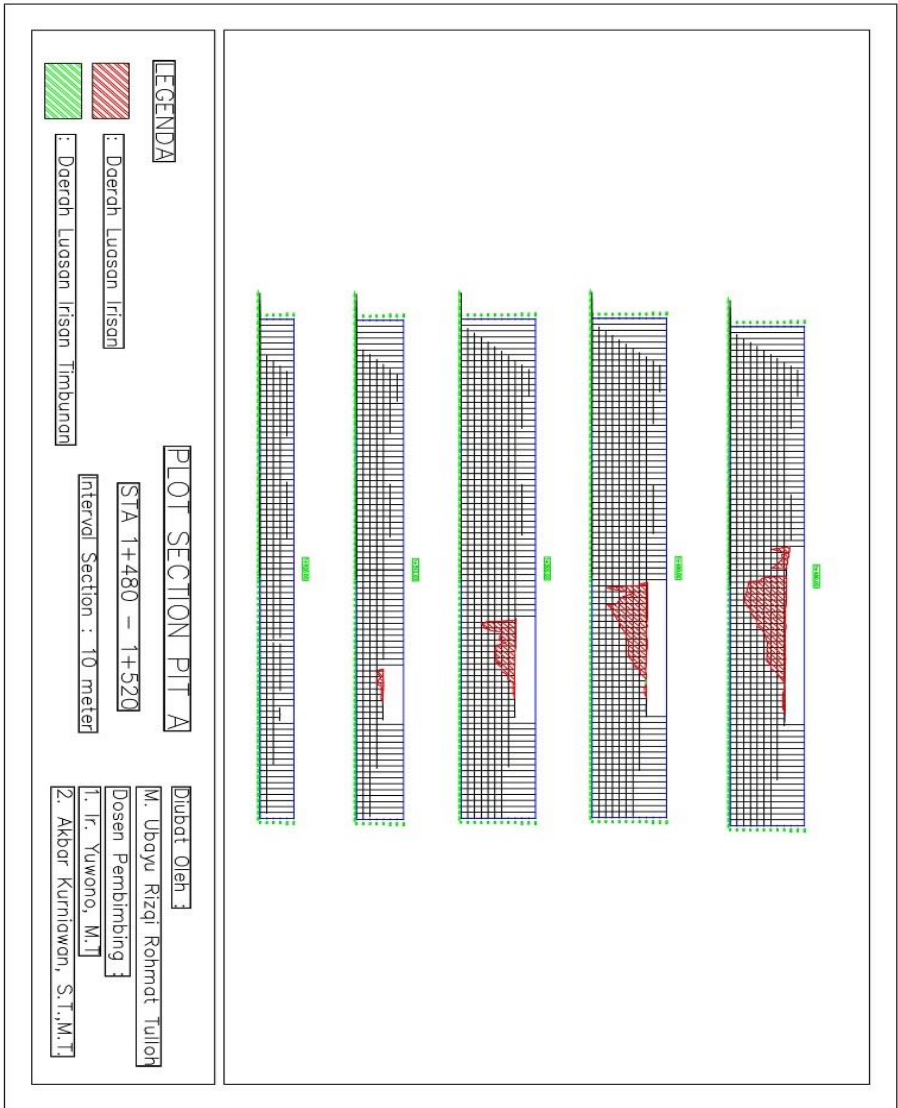
- Pit A Interval Section 10 meter (4)



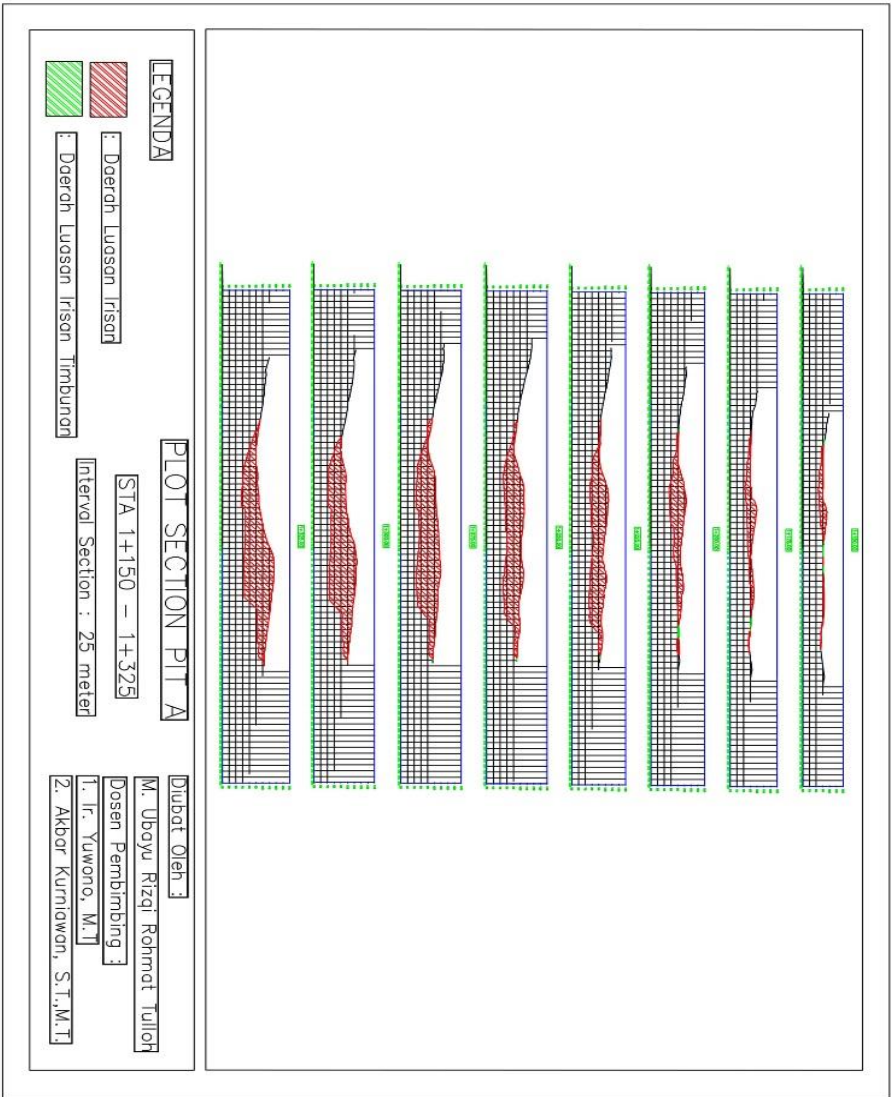
- Pit A Interval Section 10 meter (5)



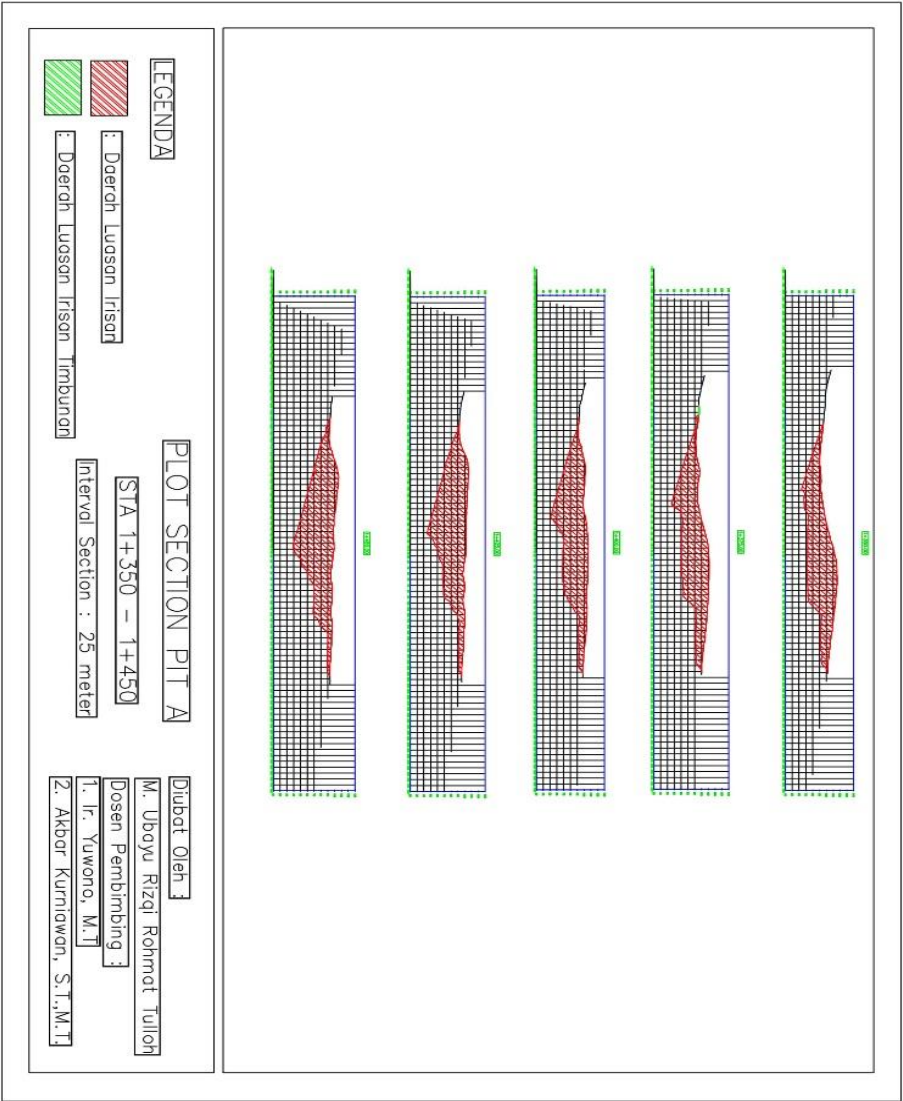
- Pit A Interval Section 10 meter (6)



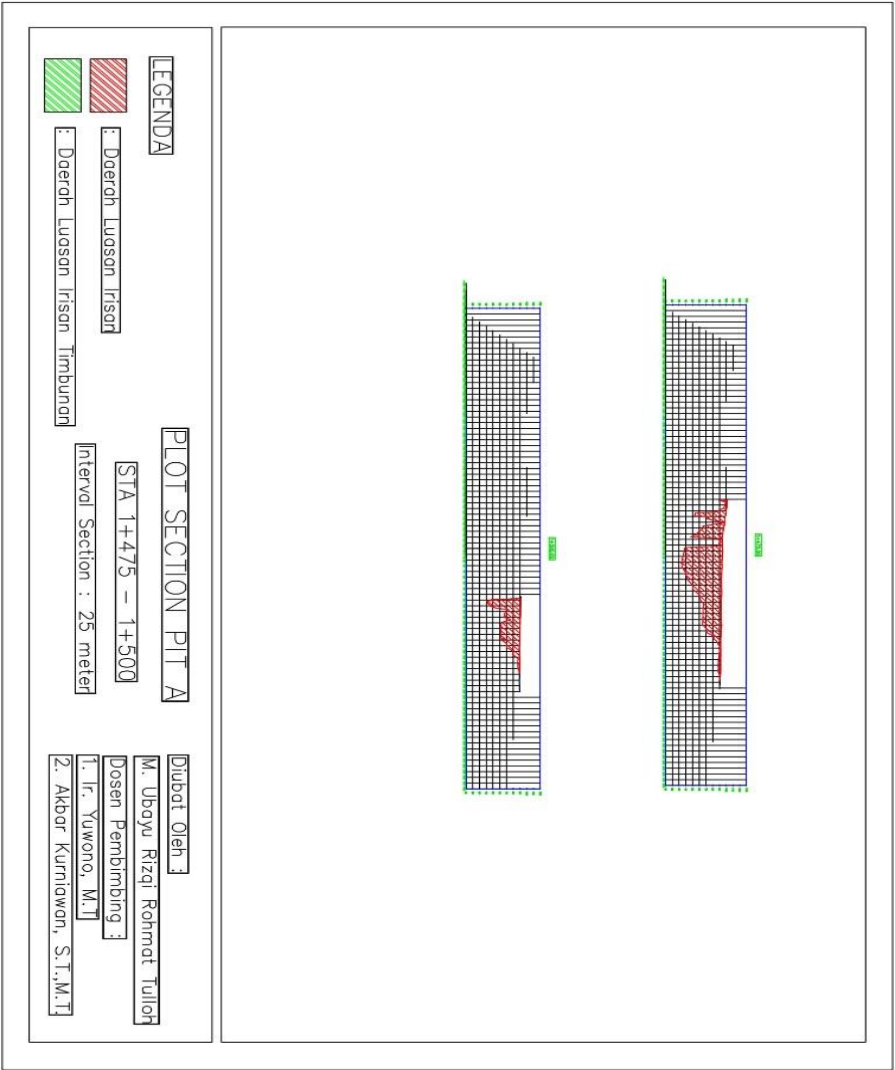
- Pit A Interval Section 25 meter (1)



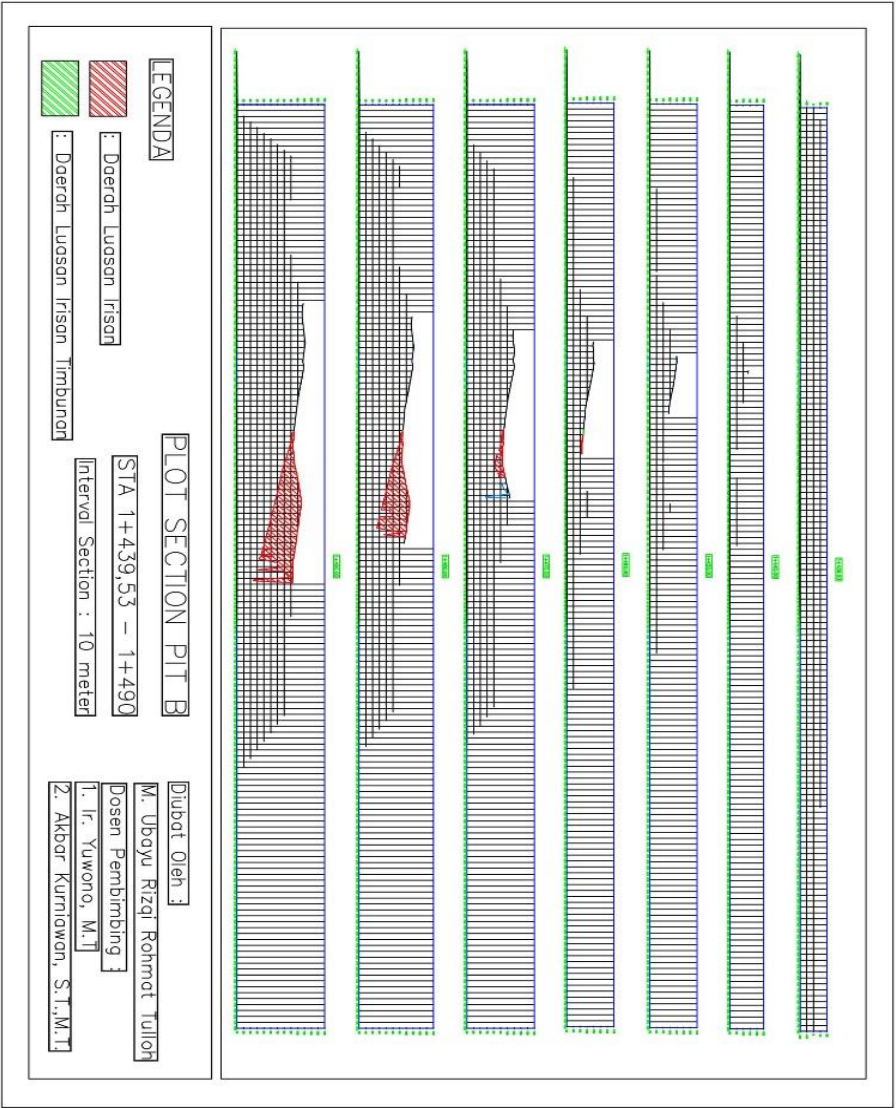
- Pit A Interval Section 25 meter (2)



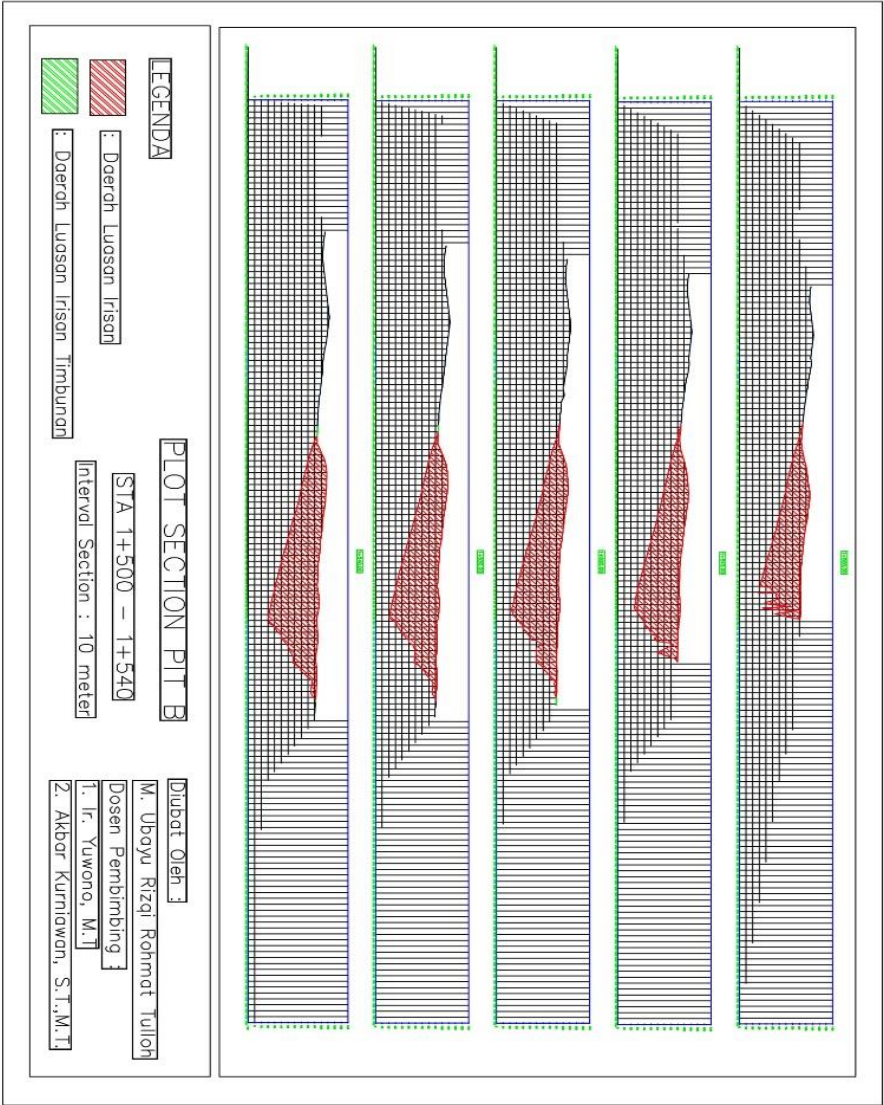
- Pit A Interval Section 25 meter (3)



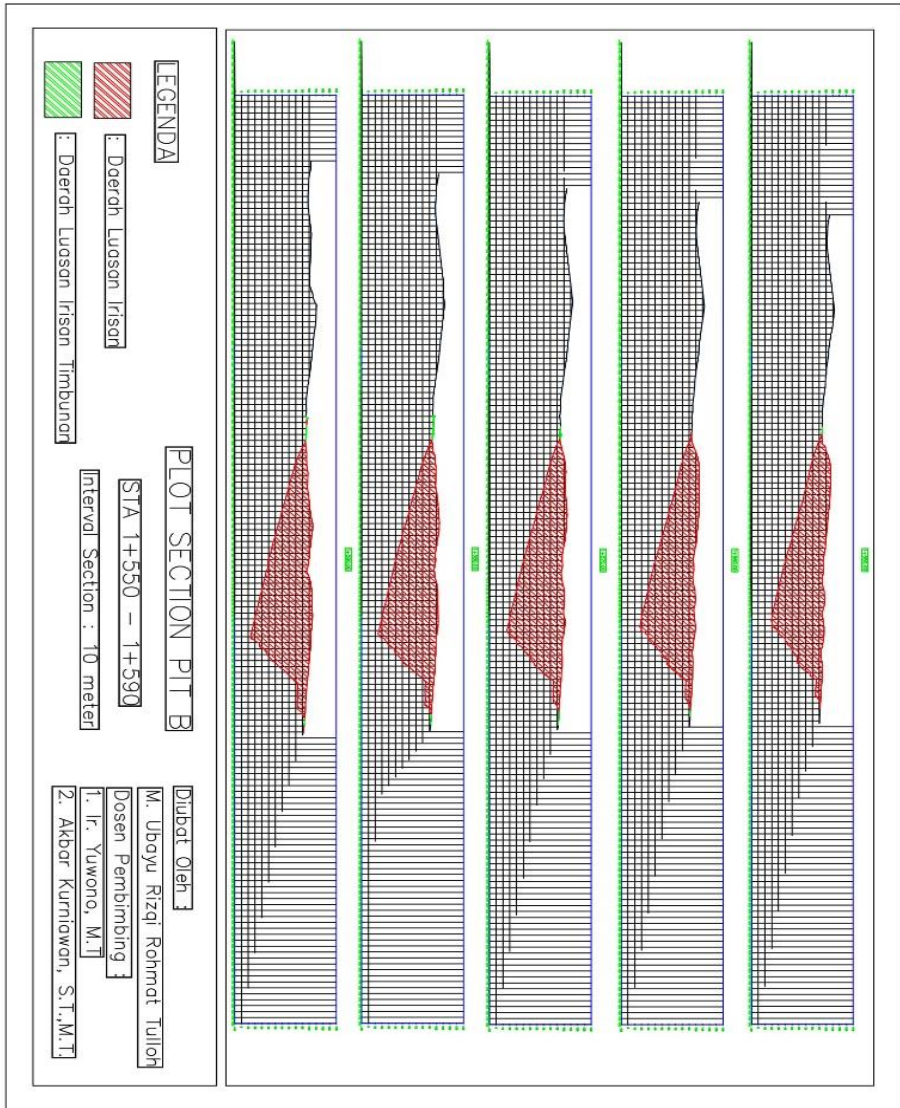
- Pit B Interval Section 10 meter (1)



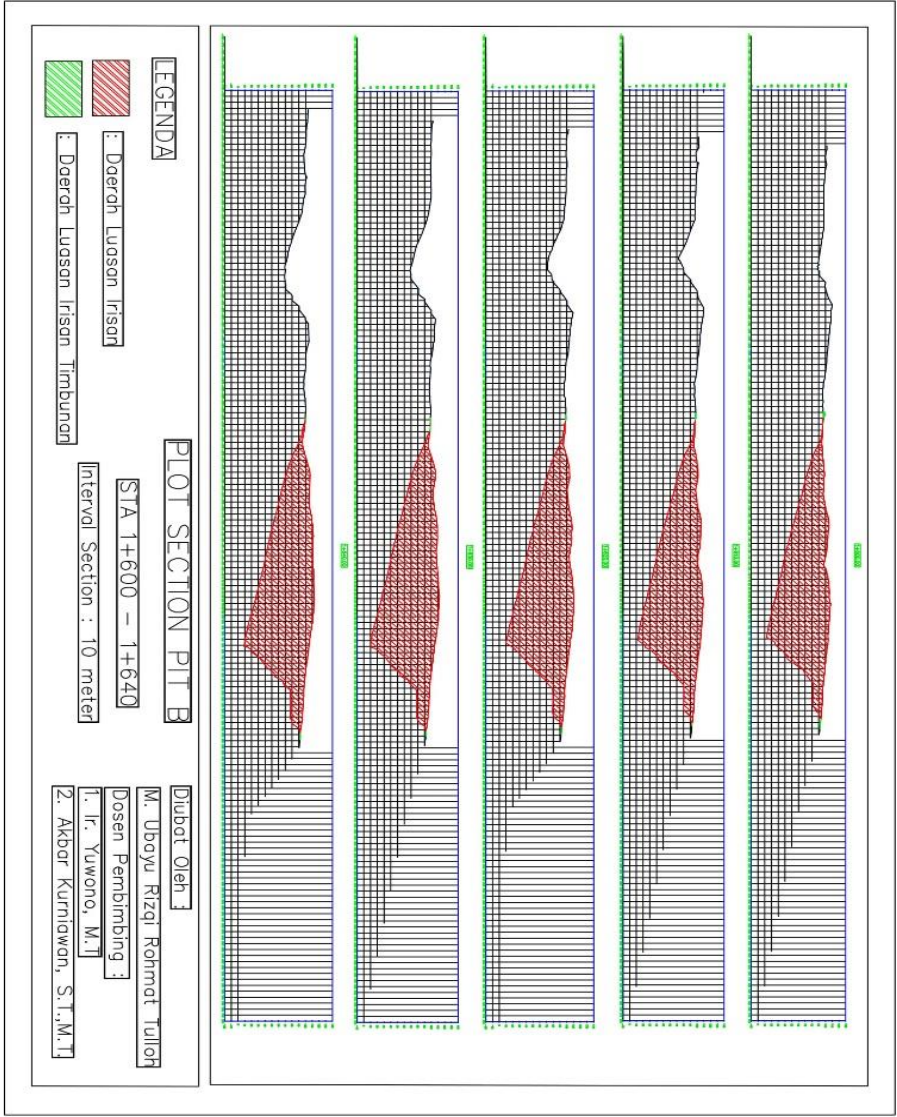
- Pit B Interval Section 10 meter (2)



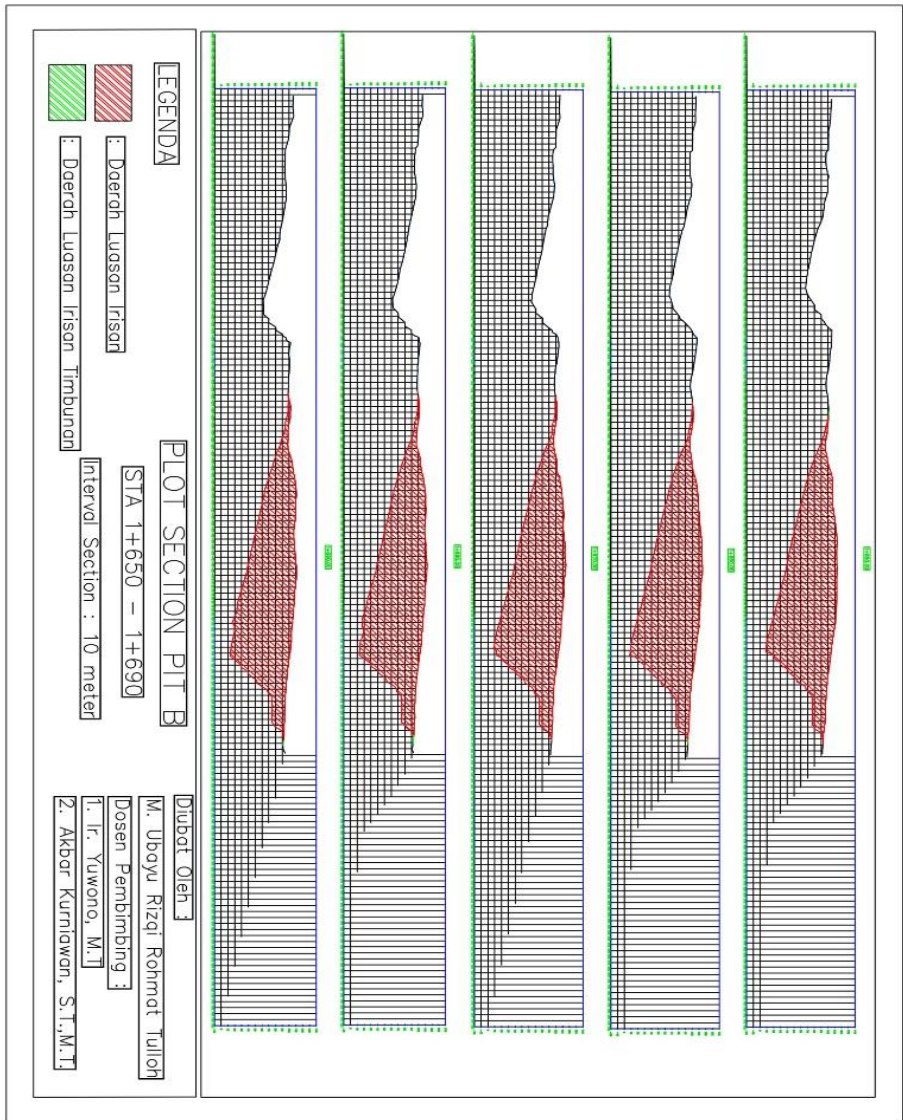
- Pit B Interval Section 10 meter (3)



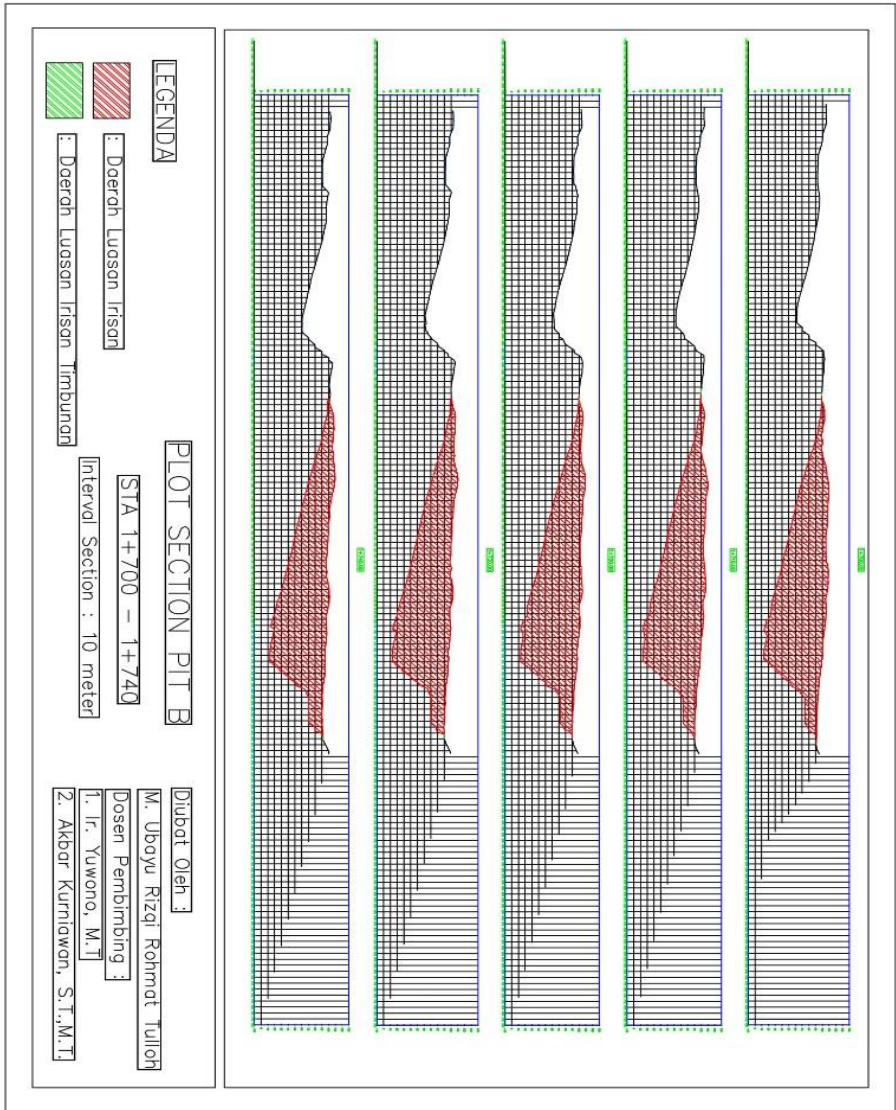
- Pit B Interval Section 10 meter (4)



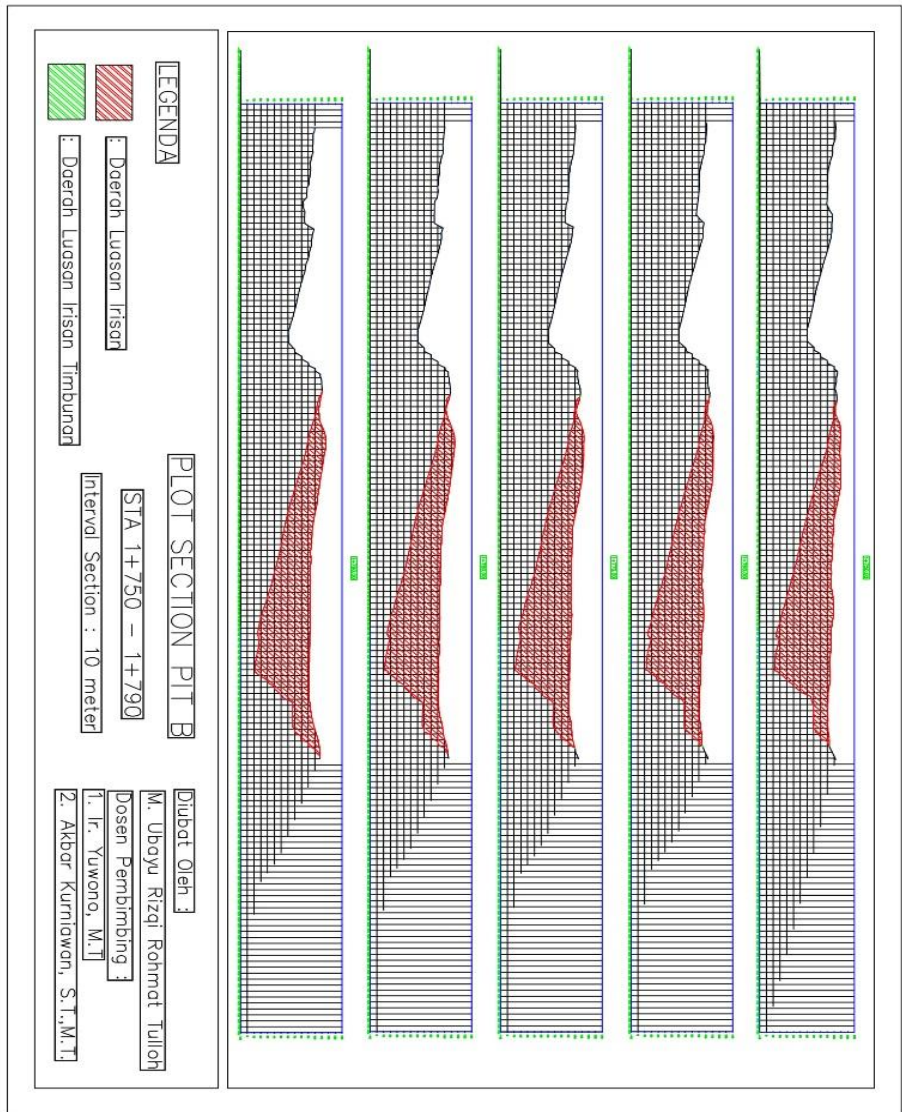
- Pit B Interval Section 10 meter (5)



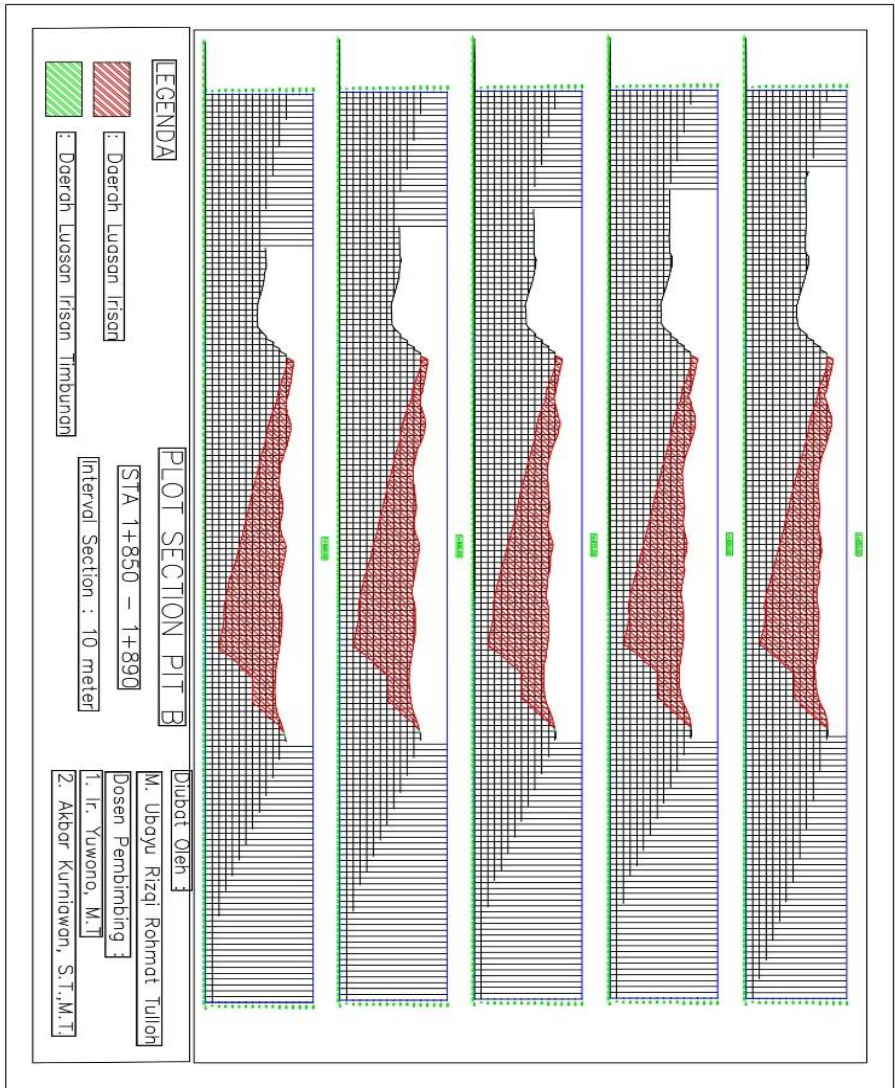
- Pit B Interval Section 10 meter (6)



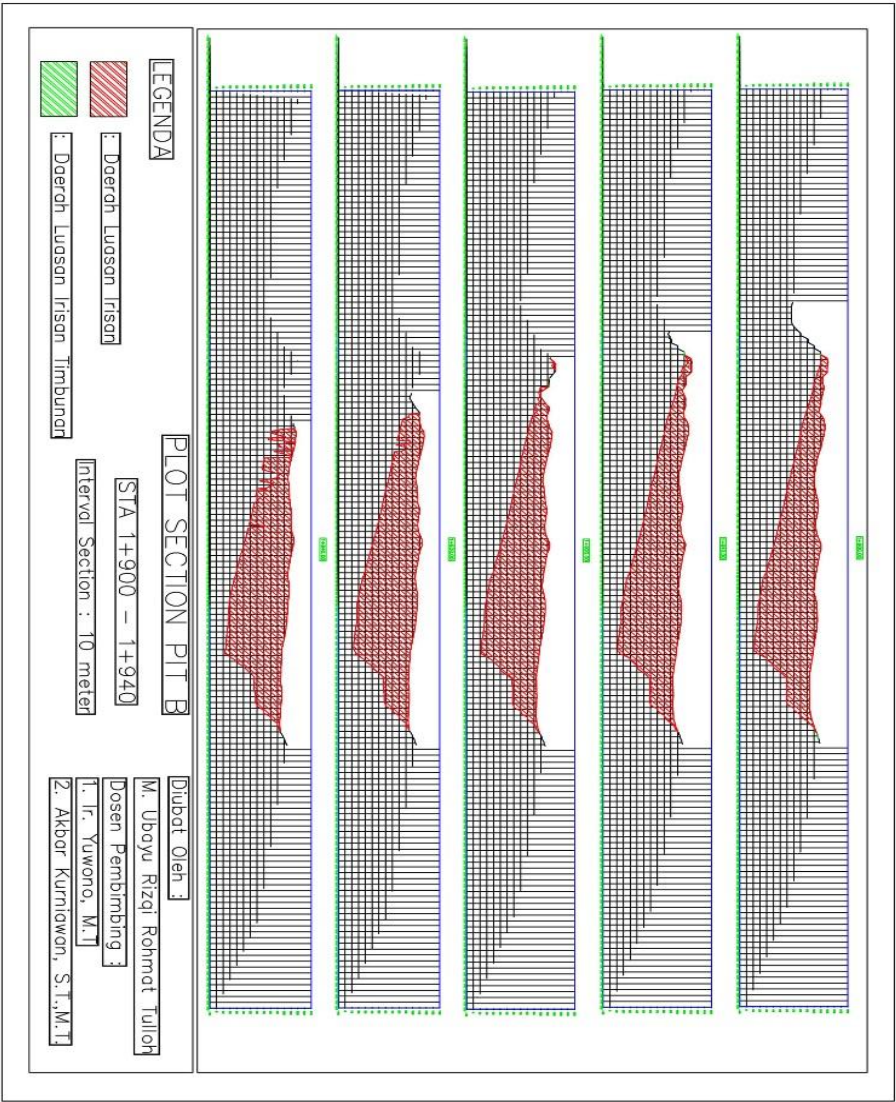
- Pit B Interval Section 10 meter (7)



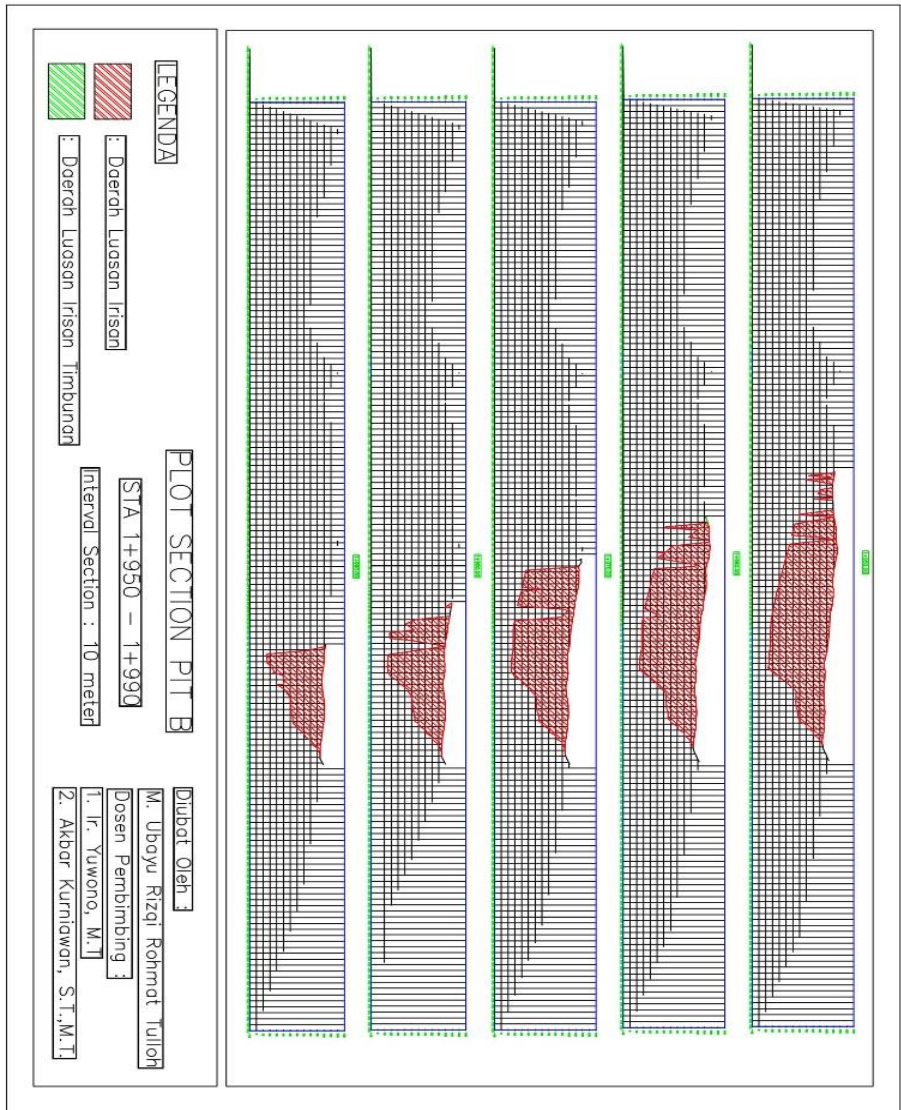
- Pit B Interval Section 10 meter (9)



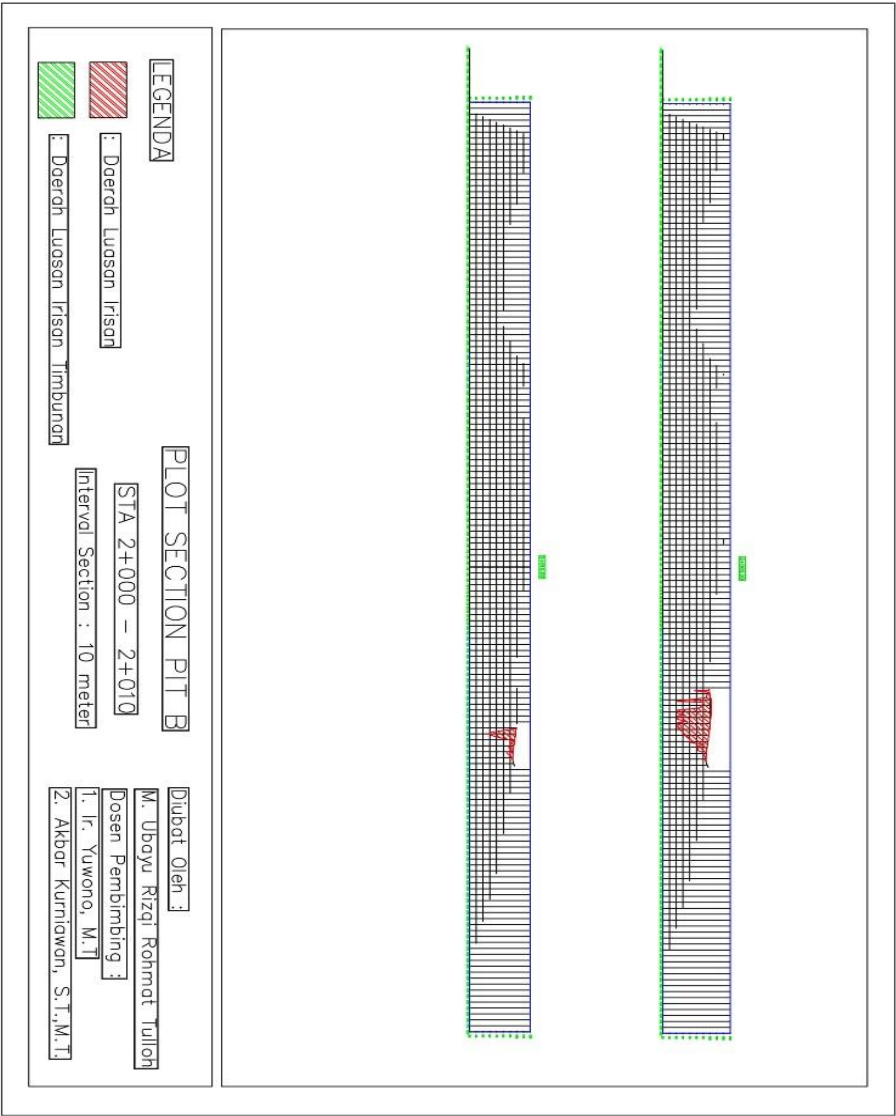
- Pit B Interval Section 10 meter (10)



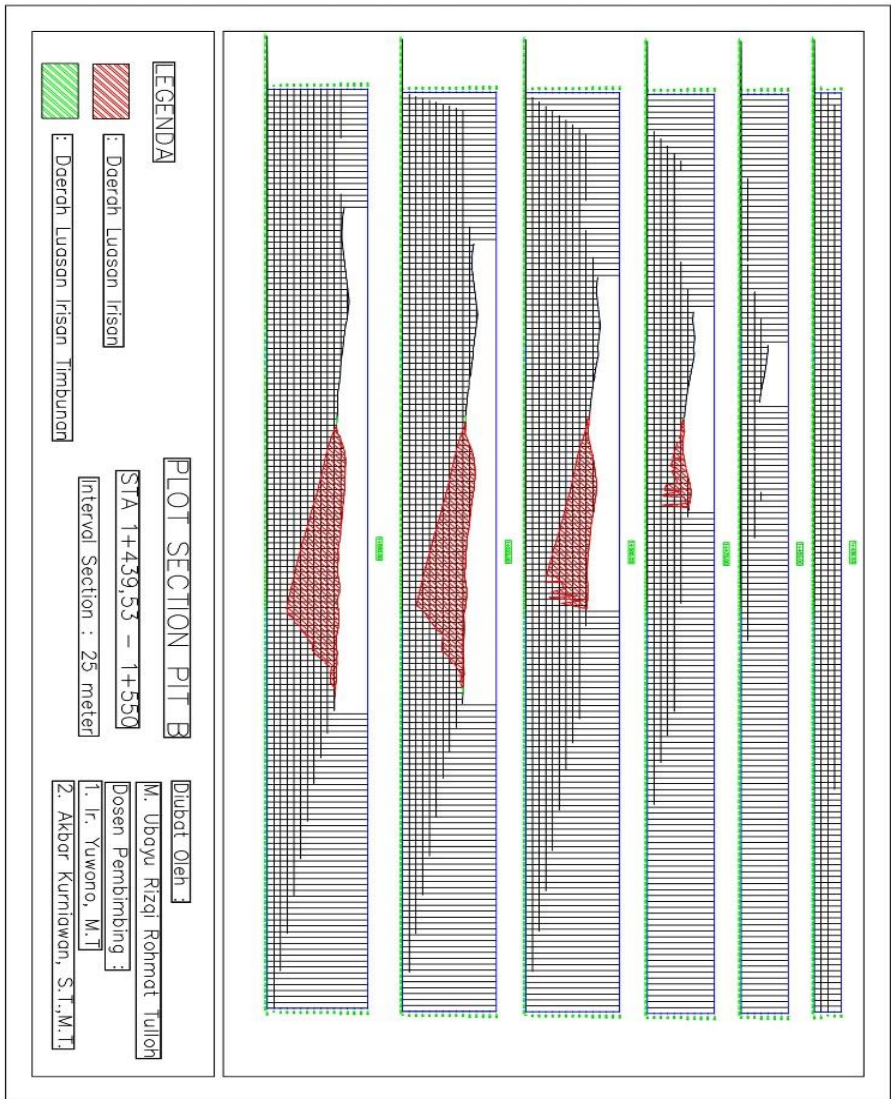
- Pit B Interval Section 10 meter (11)



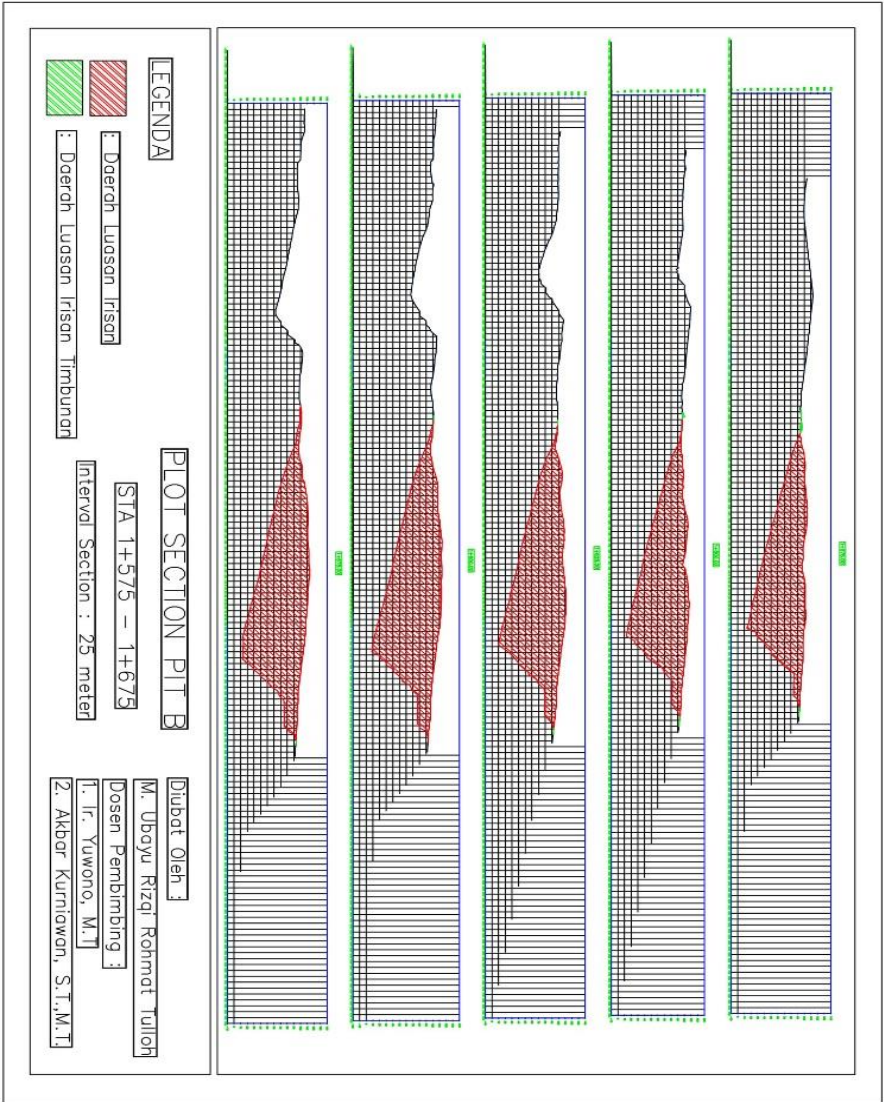
- Pit B Interval Section 10 meter (12)



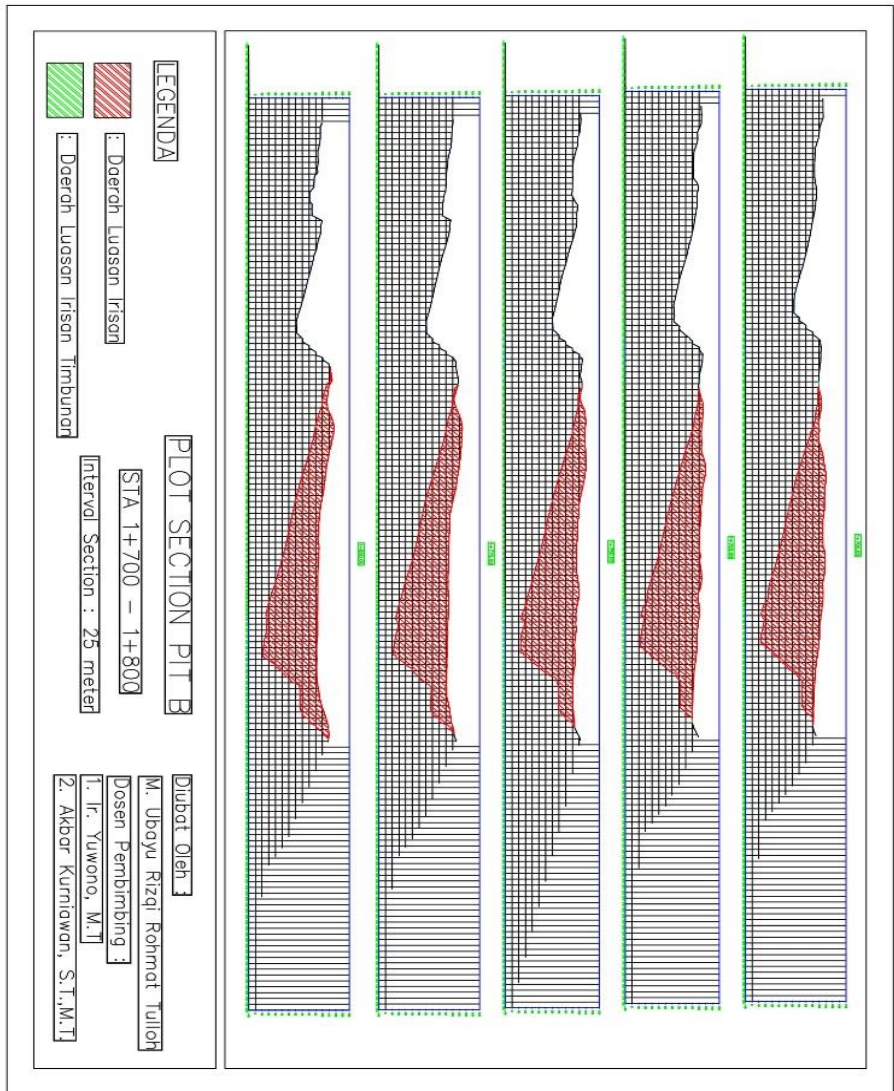
- Pit B Interval Section 25 meter (1)



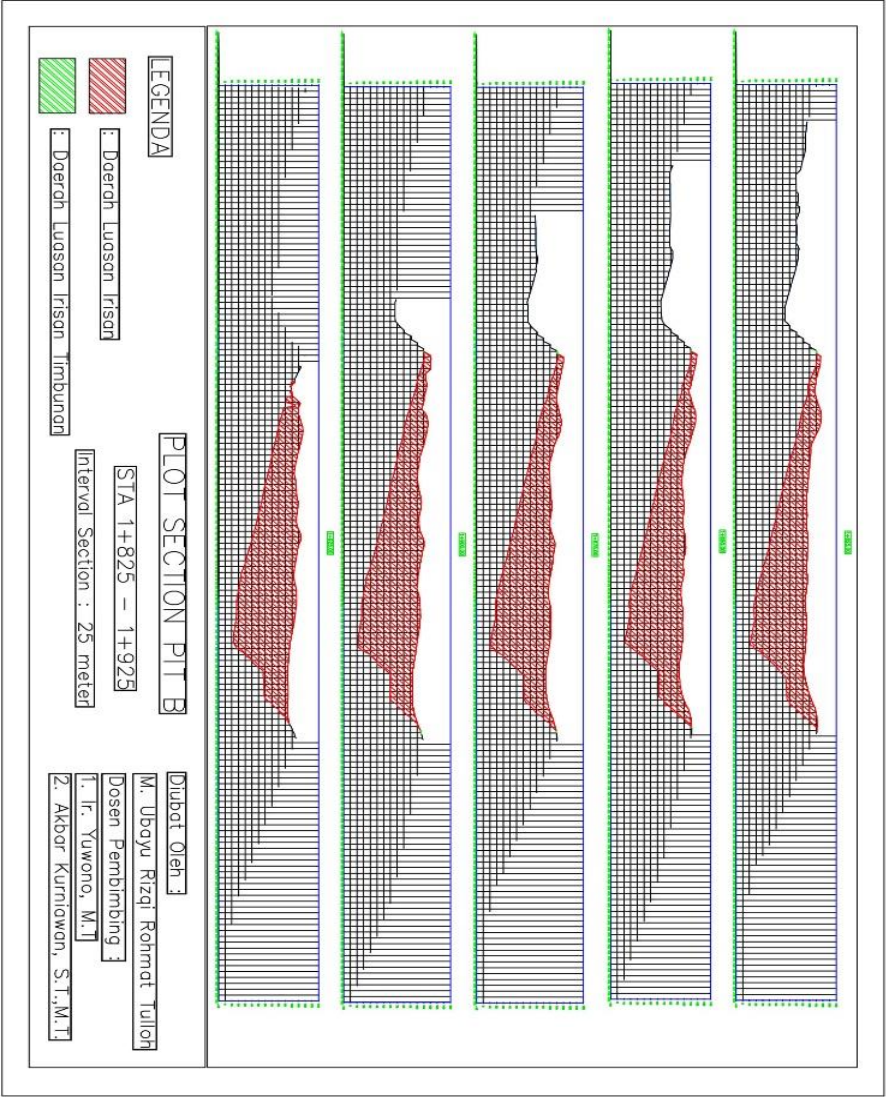
- Pit B Interval Section 25 meter (2)



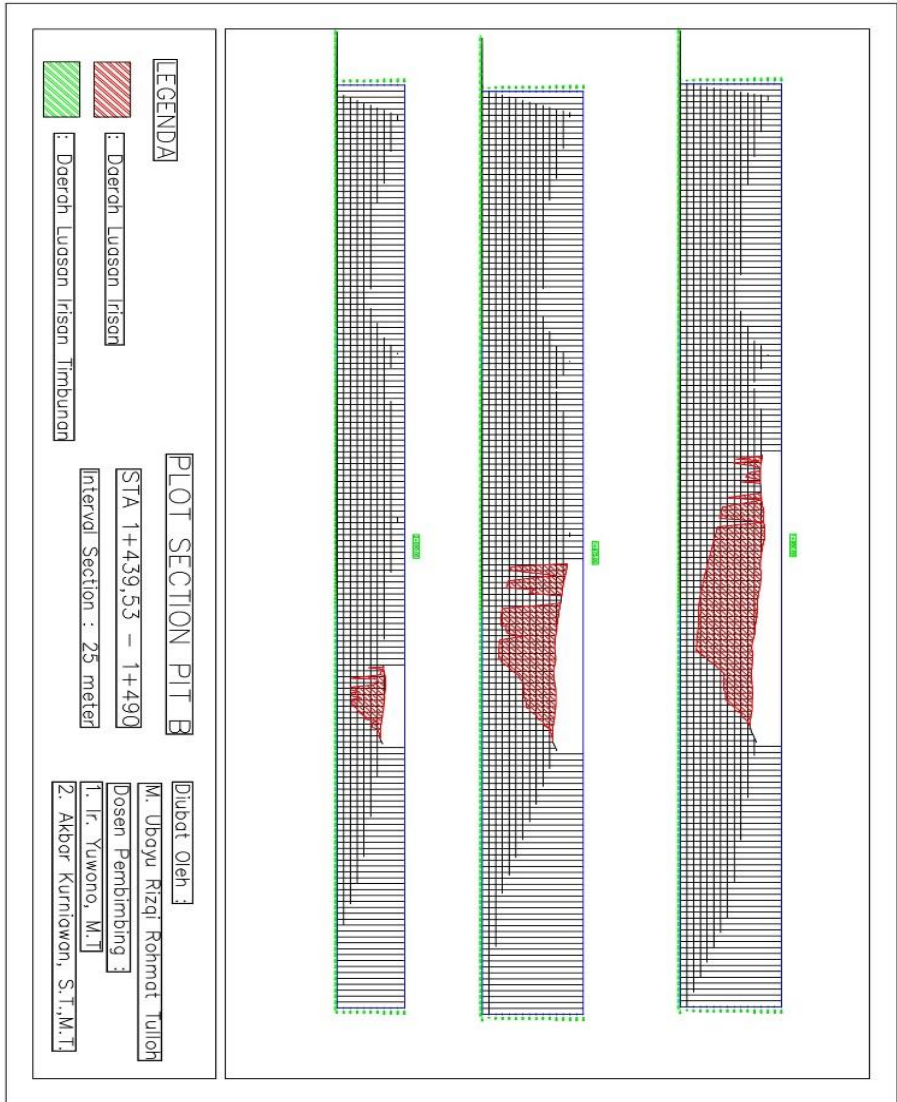
- Pit B Interval Section 25 meter (3)



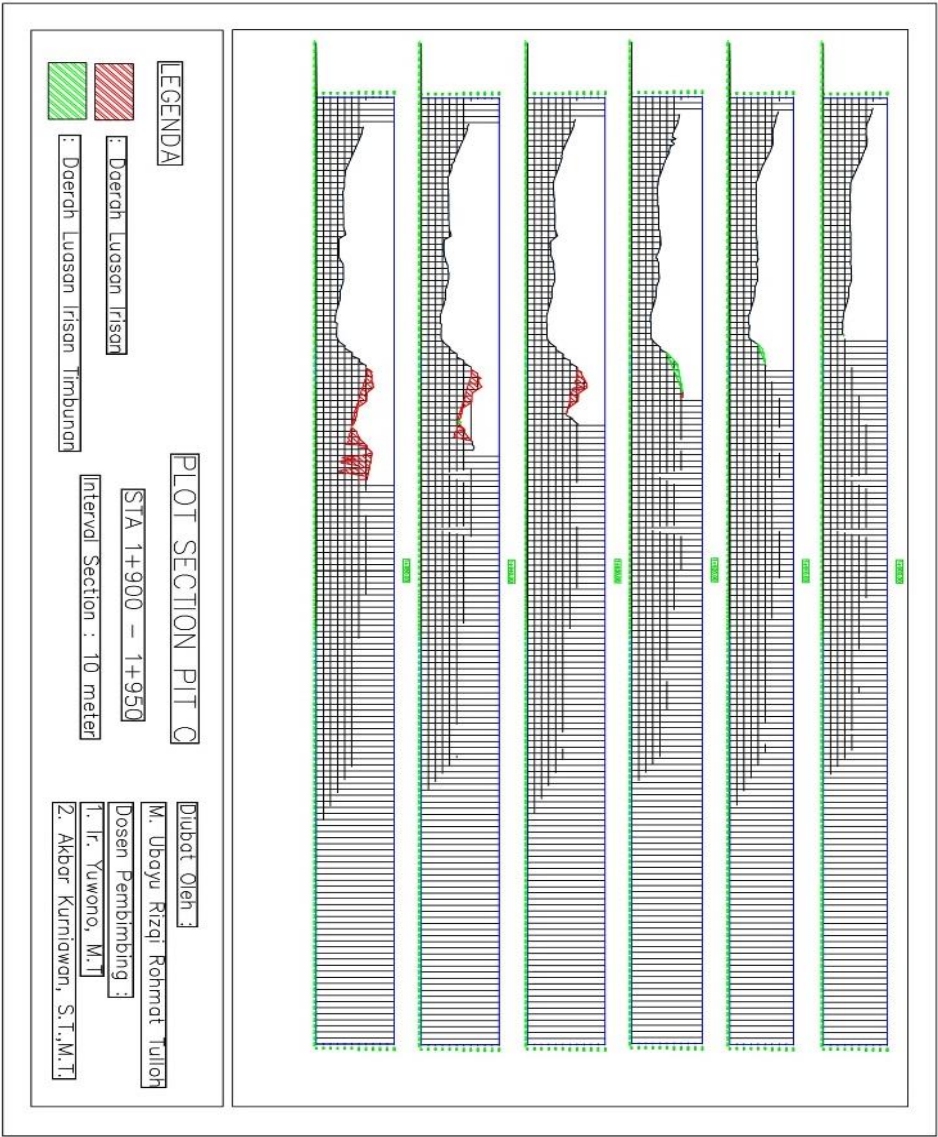
- Pit B Interval Section 25 meter (4)



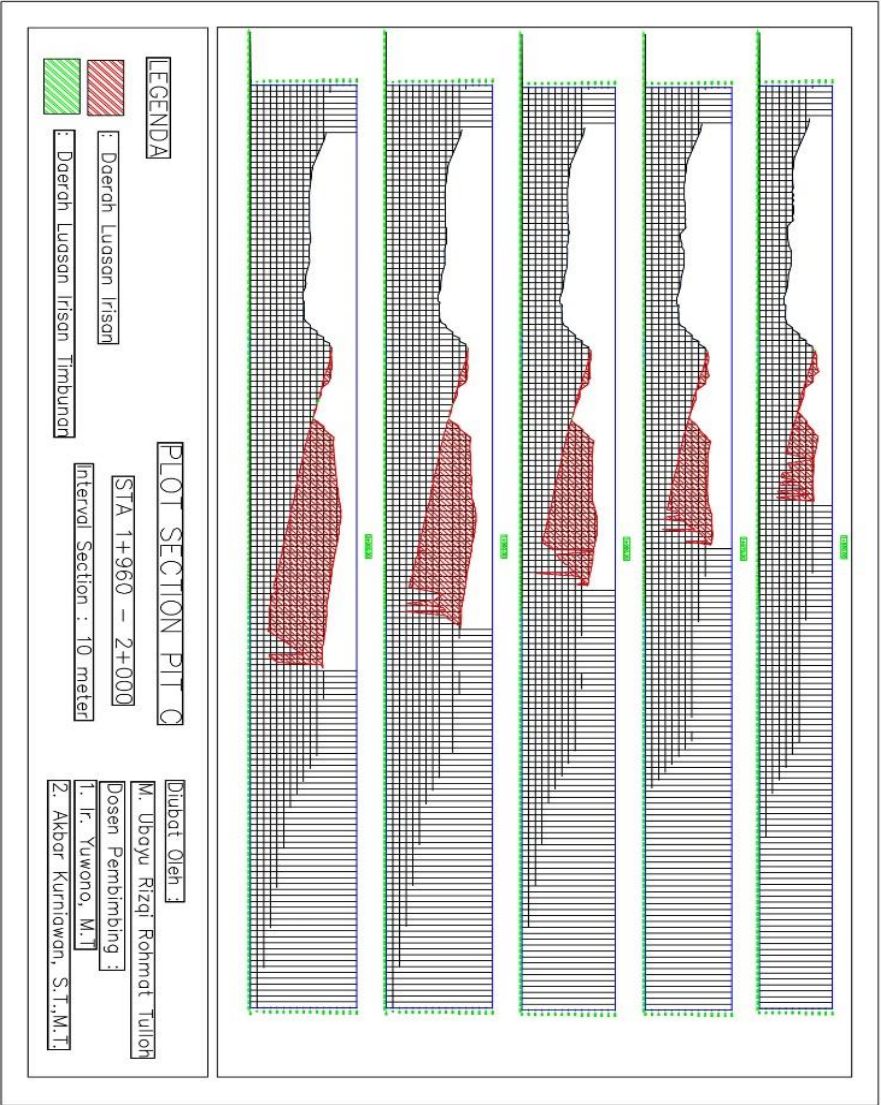
- Pit B Interval Section 25 meter (5)



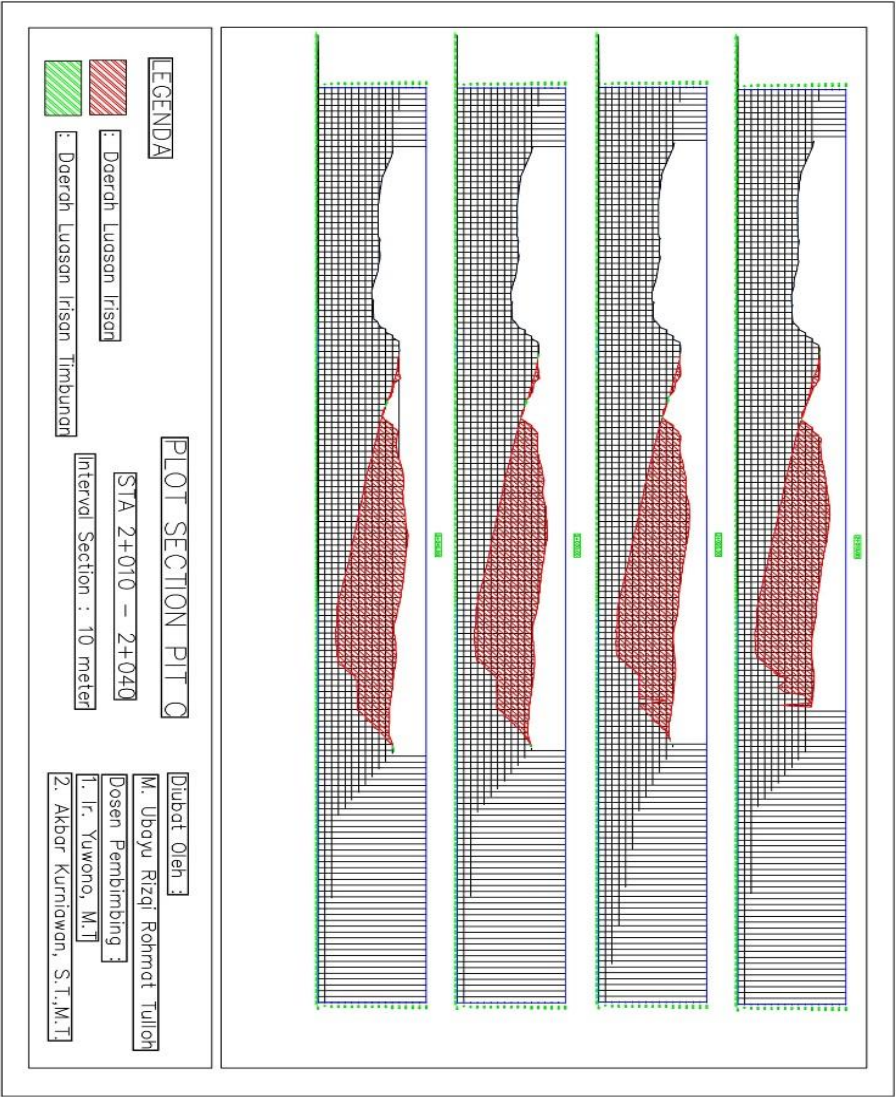
- Pit C Interval Section 10 meter (1)



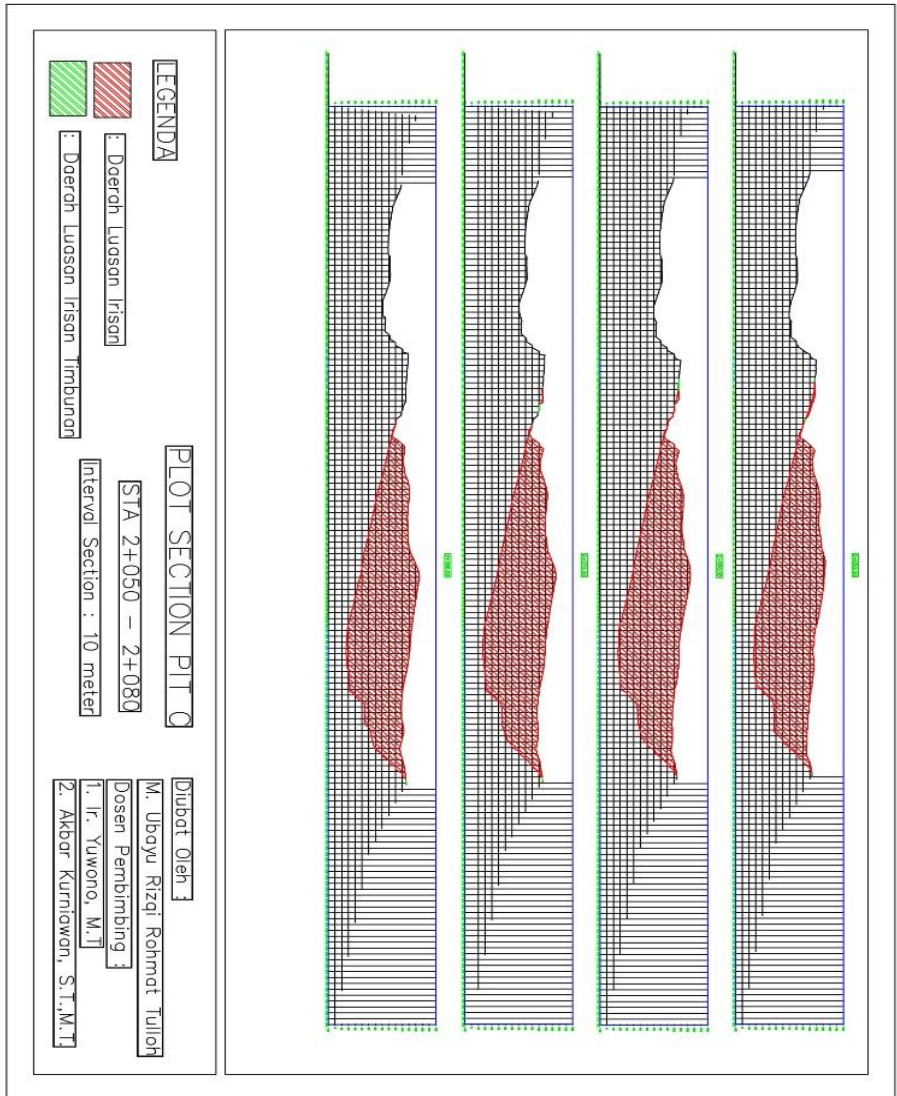
- Pit C Interval Section 10 meter (2)



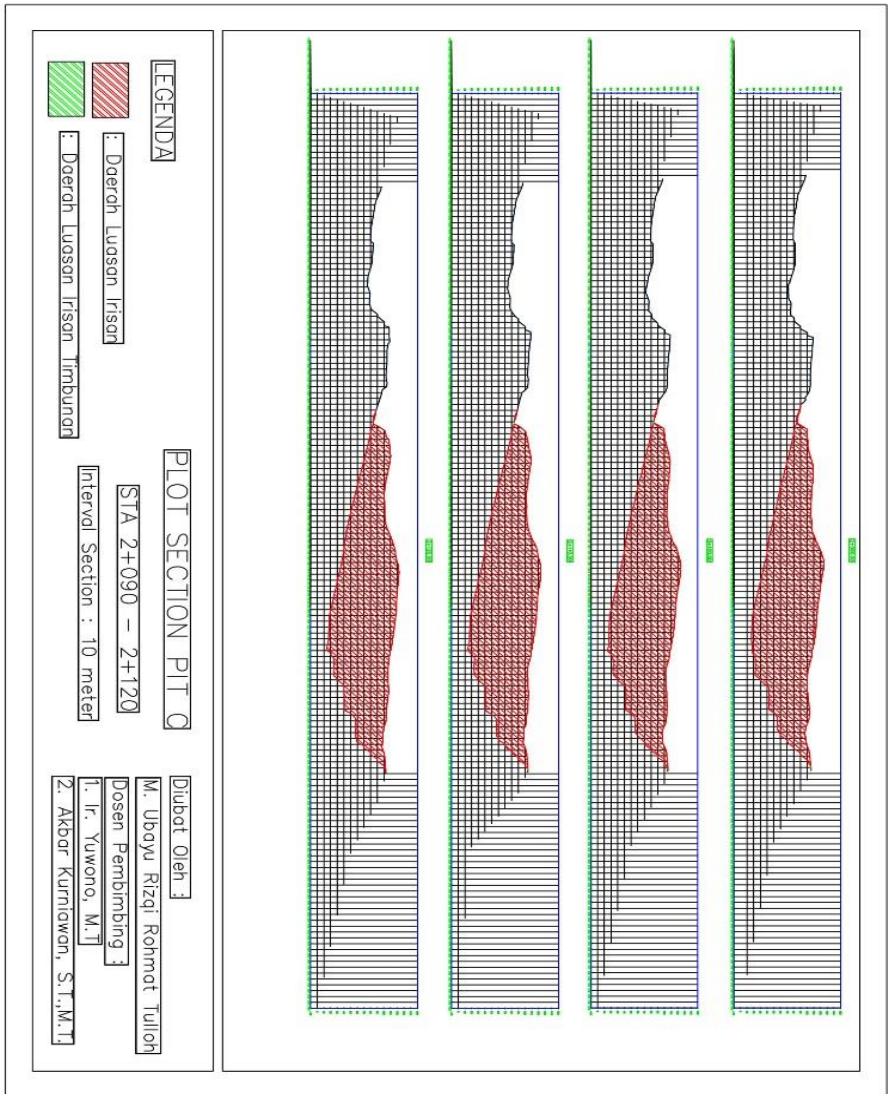
- Pit C Interval Section 10 meter (3)



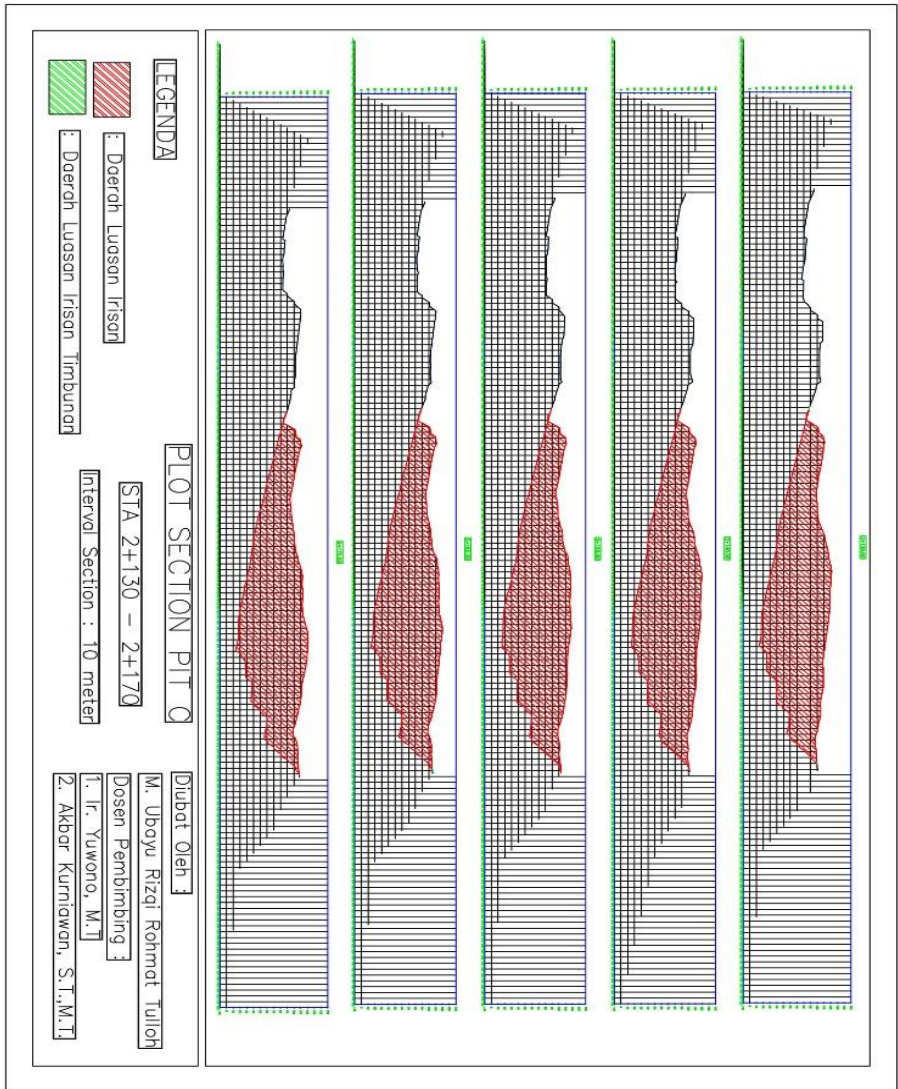
- Pit C Interval Section 10 meter (4)



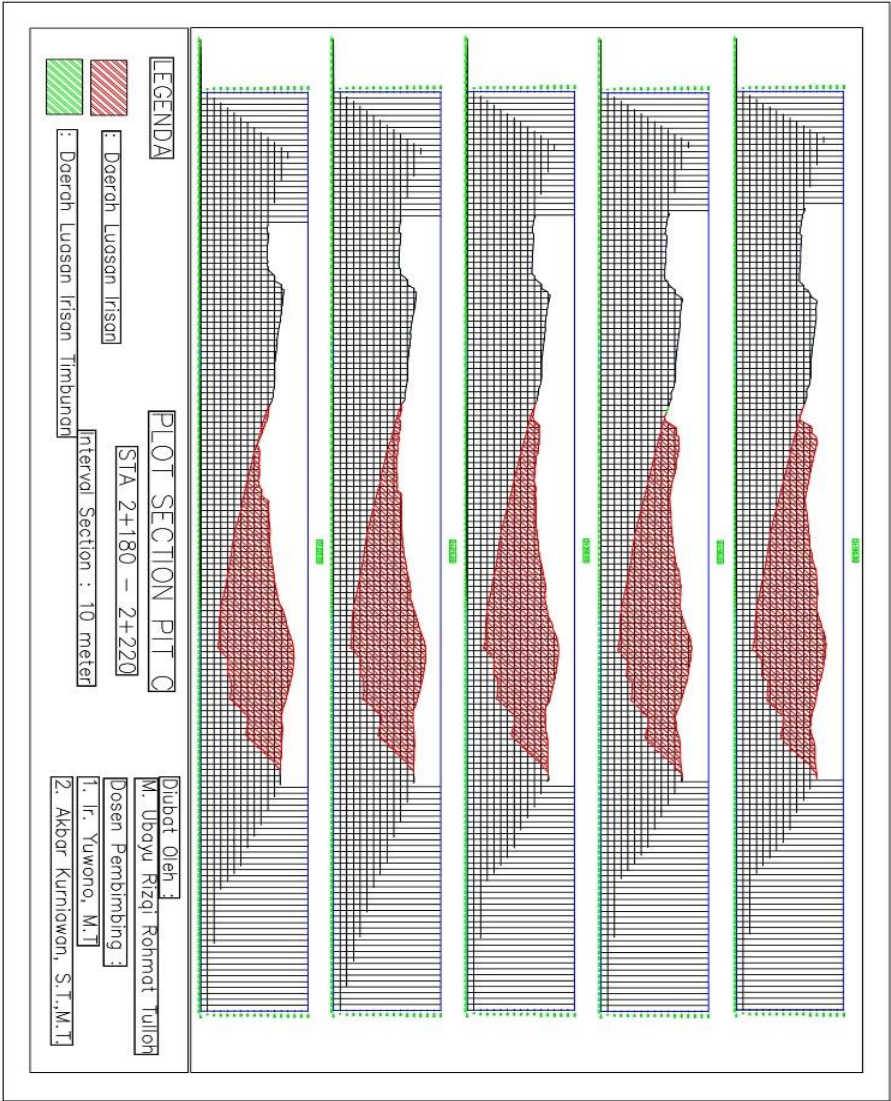
- Pit C Interval Section 10 meter (5)



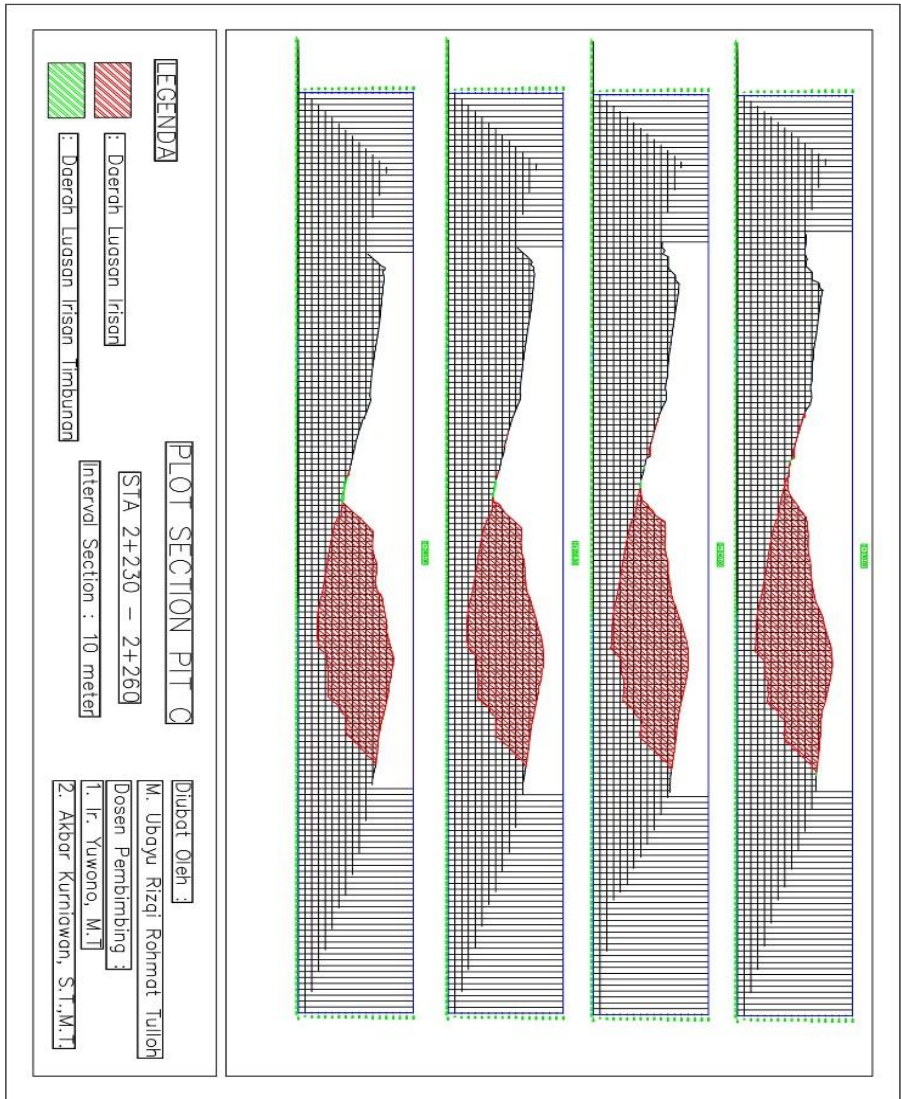
- Pit C Interval Section 10 meter (6)



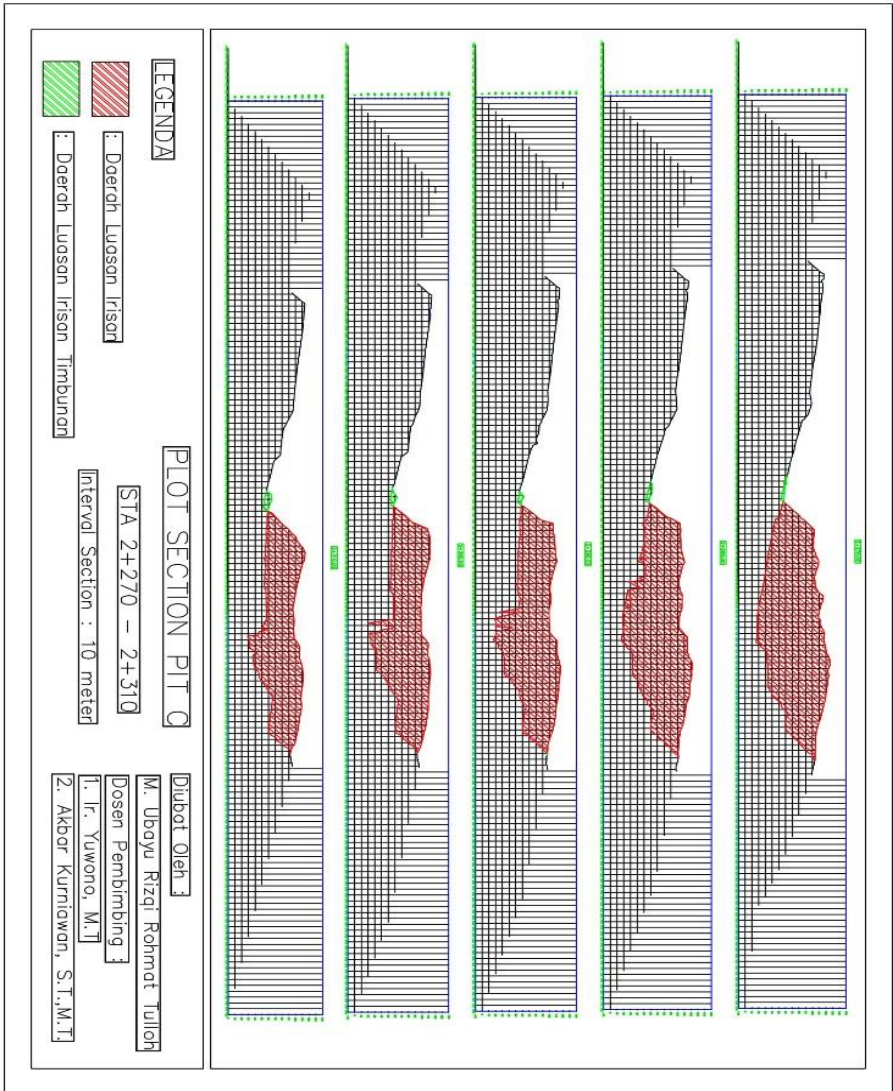
- Pit C Interval Section 10 meter (7)



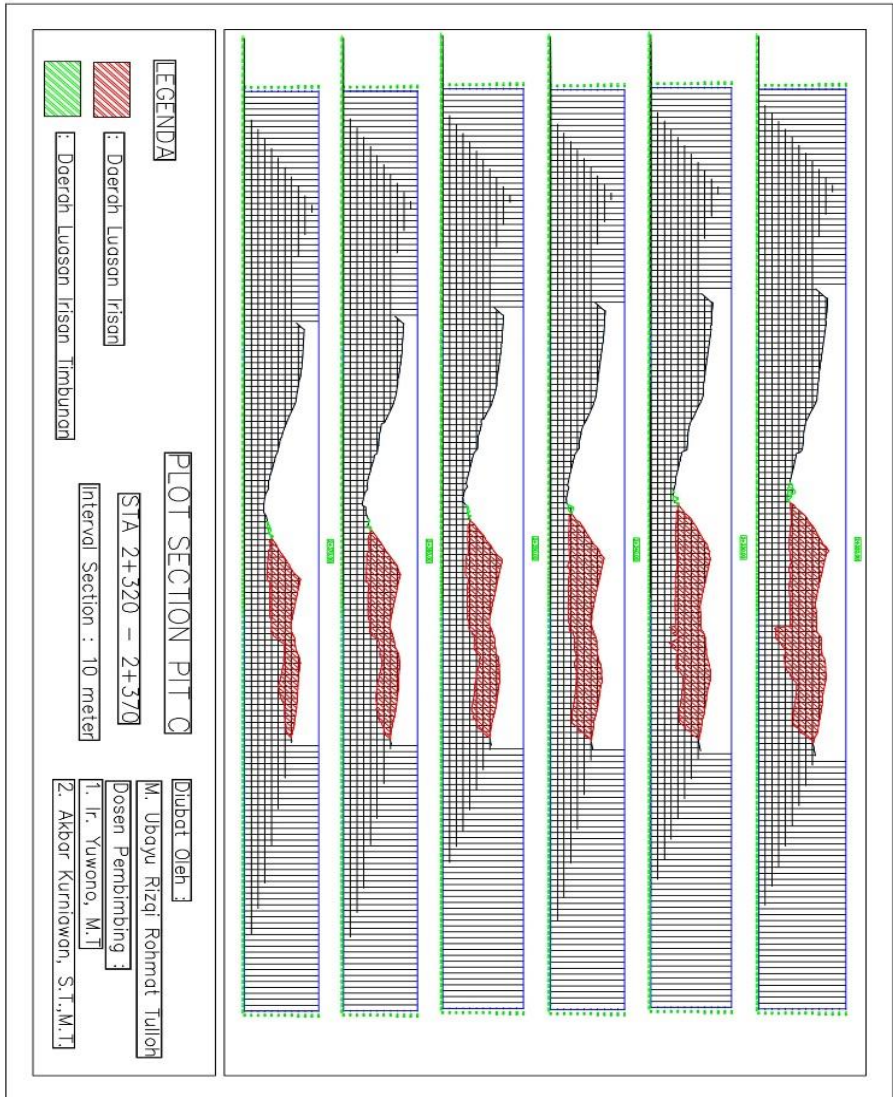
- Pit C Interval Section 10 meter (8)



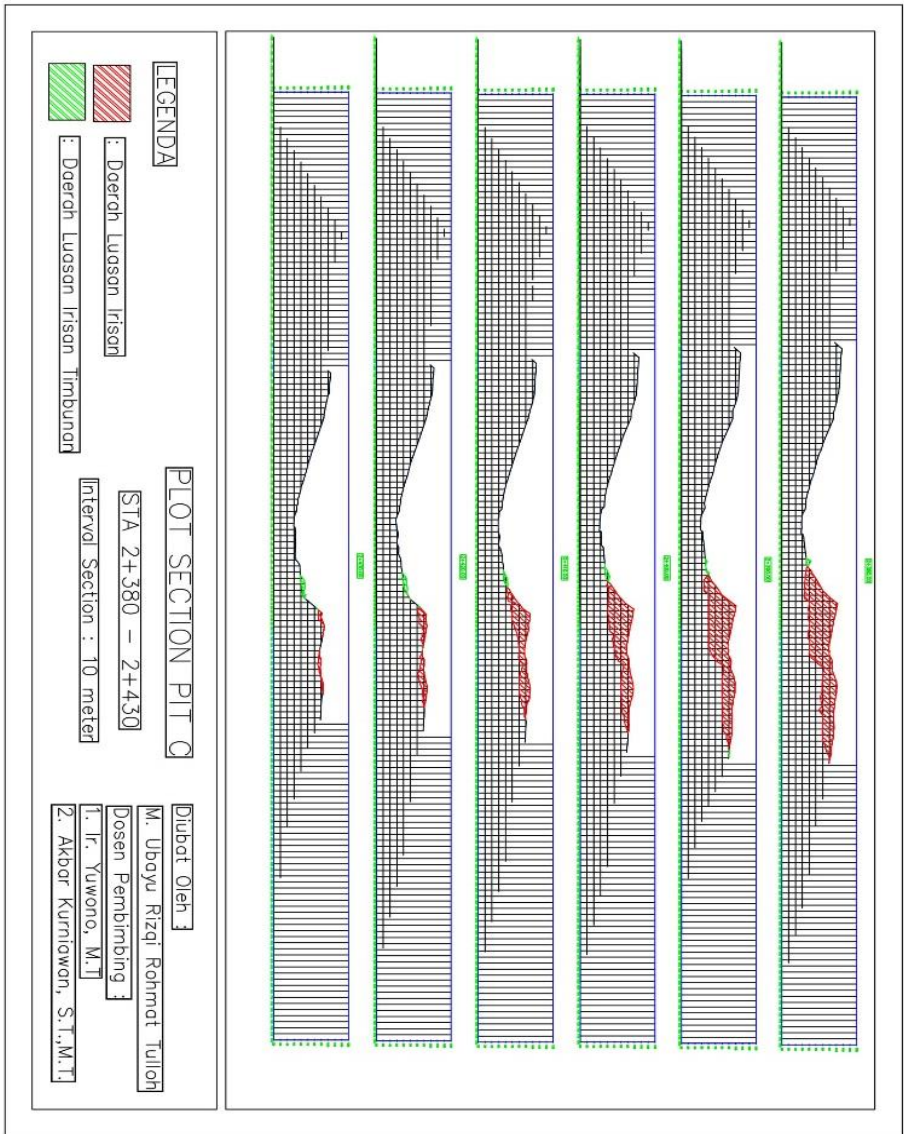
- Pit C Interval Section 10 meter (9)



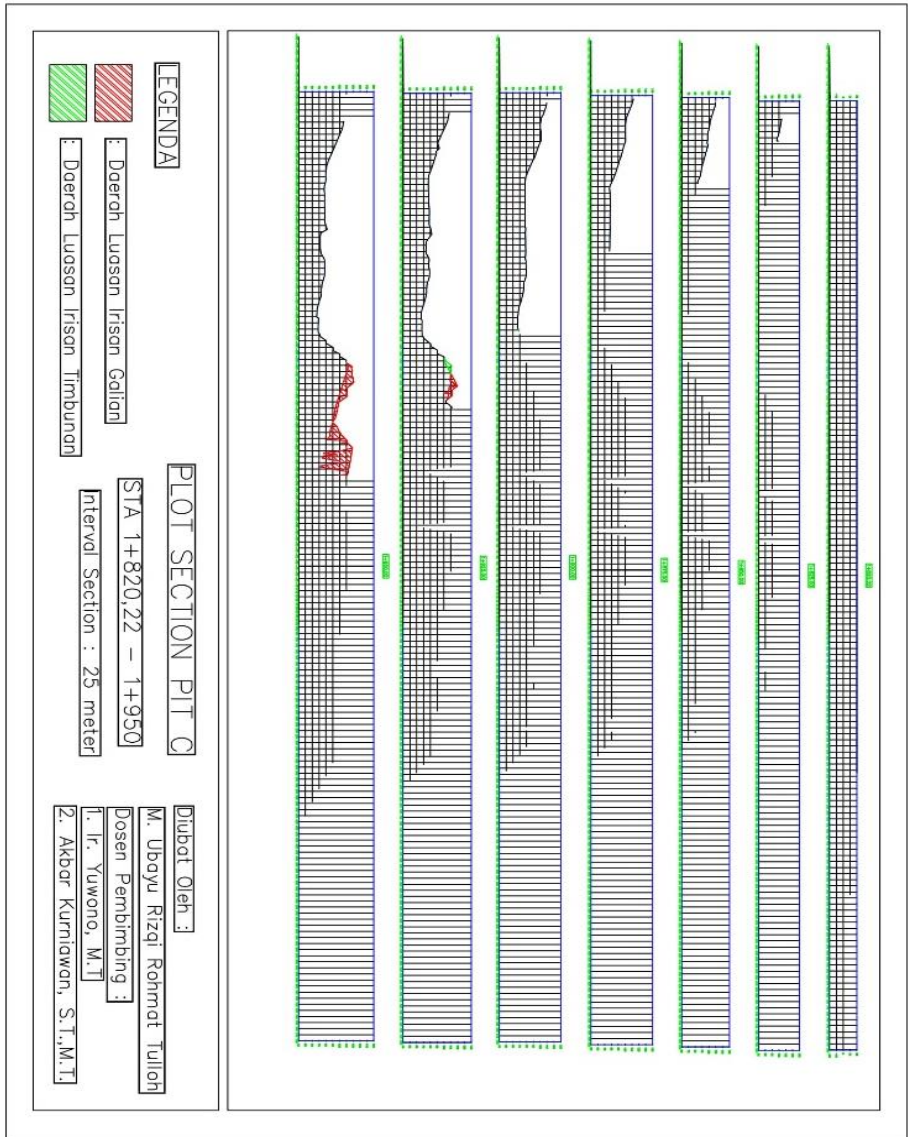
- Pit C Interval Section 10 meter (10)



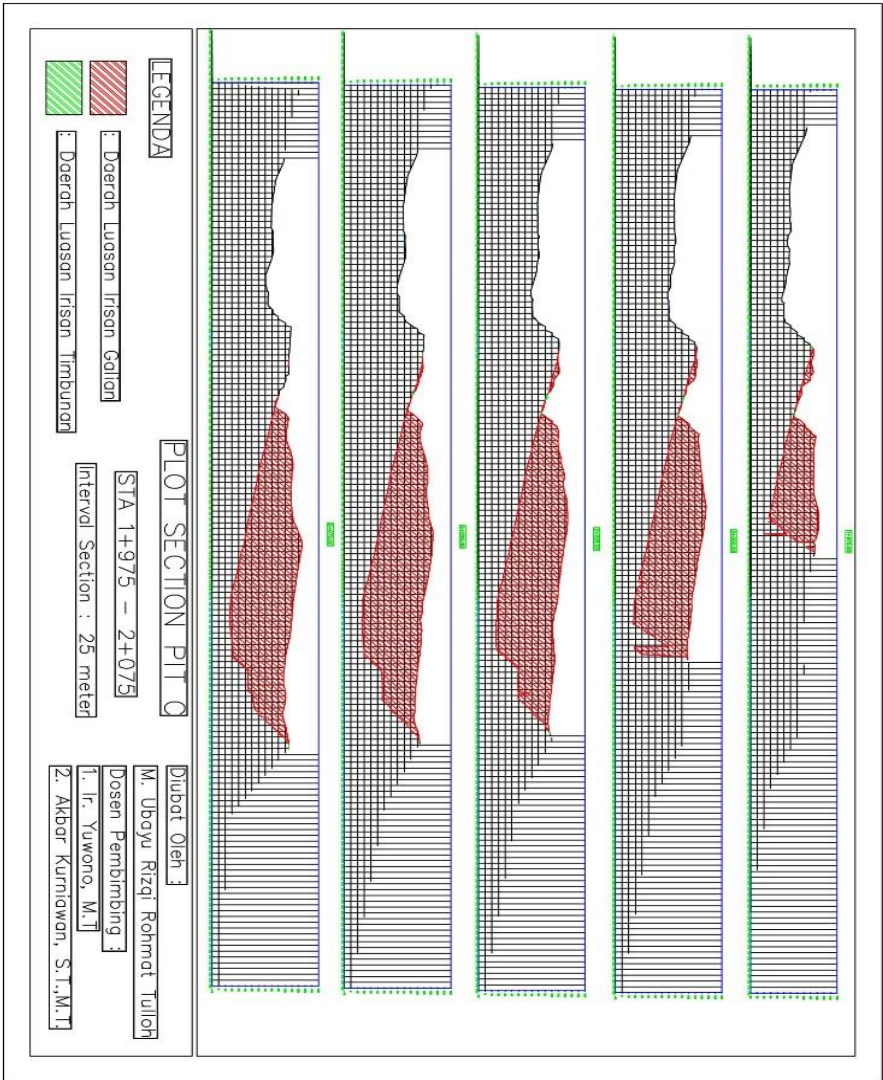
- Pit C Interval Section 10 meter (11)



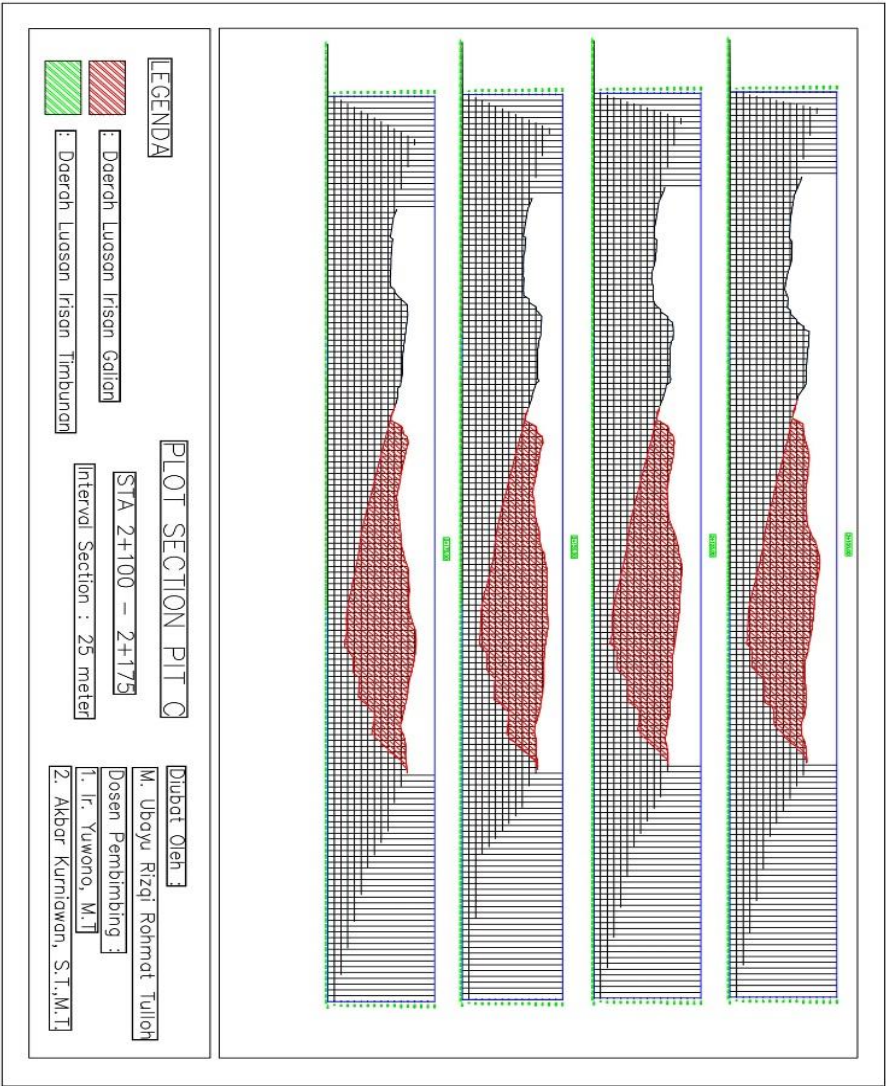
- Pit C Interval Section 25 meter (1)



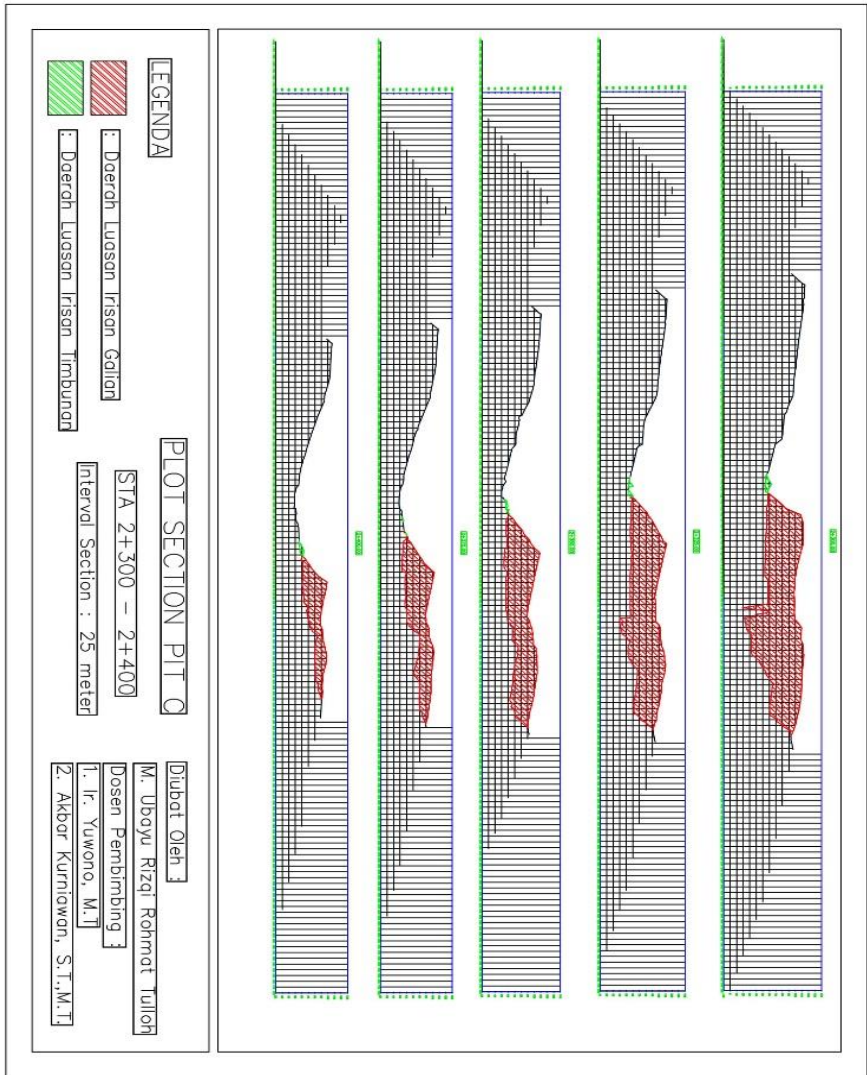
- Pit C Interval Section 25 meter (2)



- Pit C Interval Section 25 meter (3)

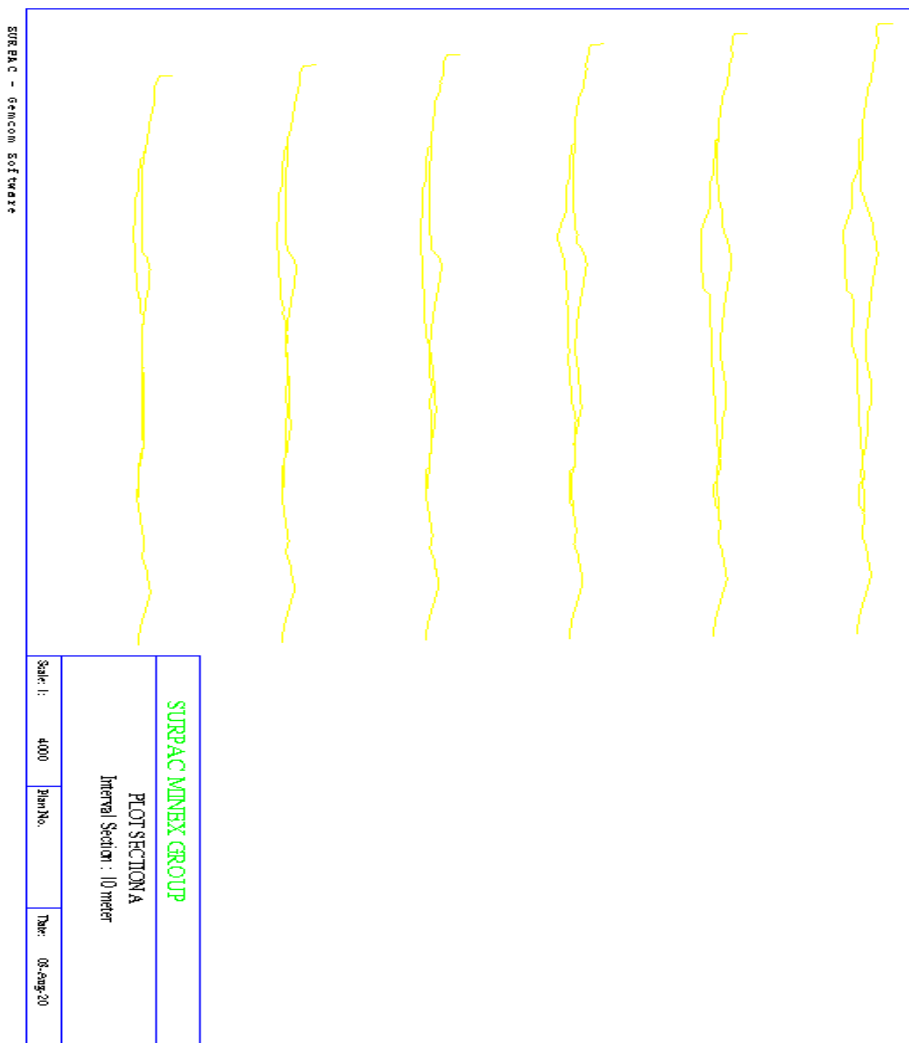


- Pit C Interval Section 25 meter (5)

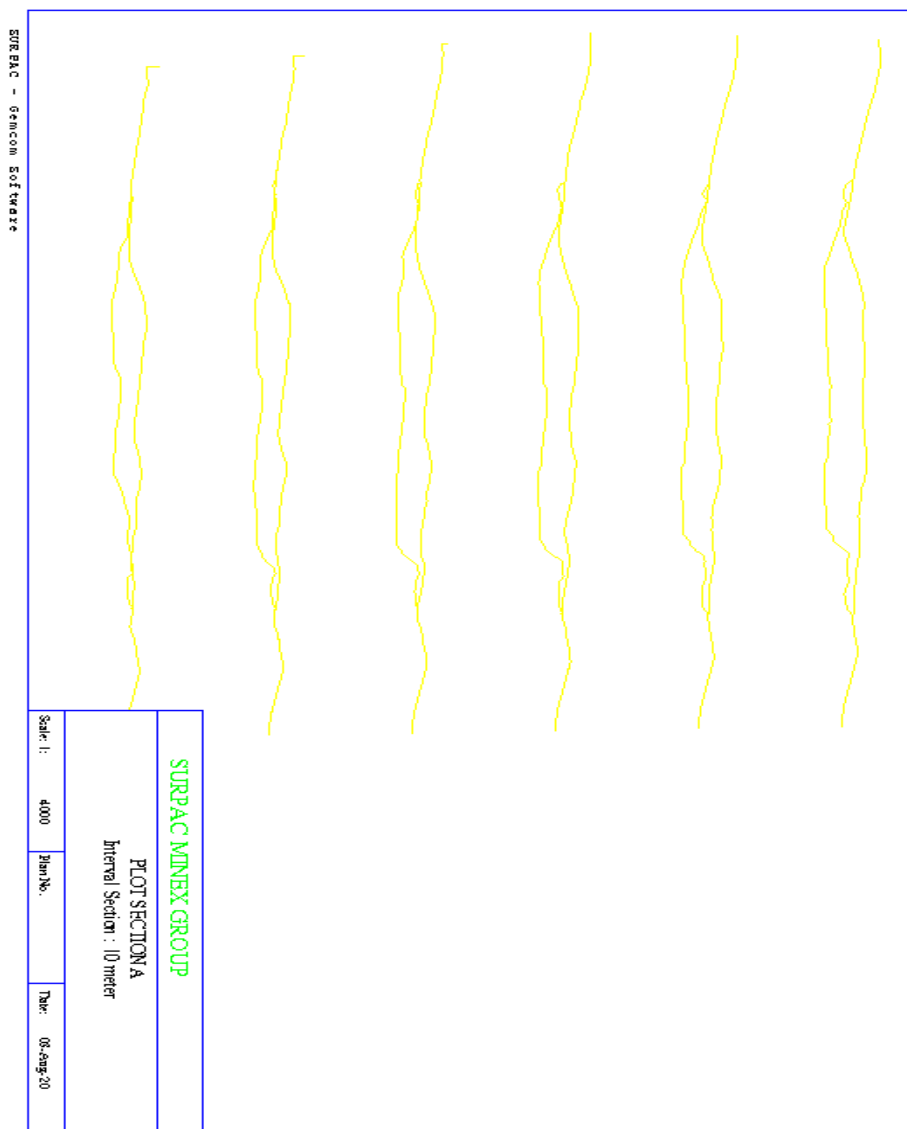


Lampiran 7 Peta Plotting Irisan Melintang Perangkat Lunak Surpac Vision

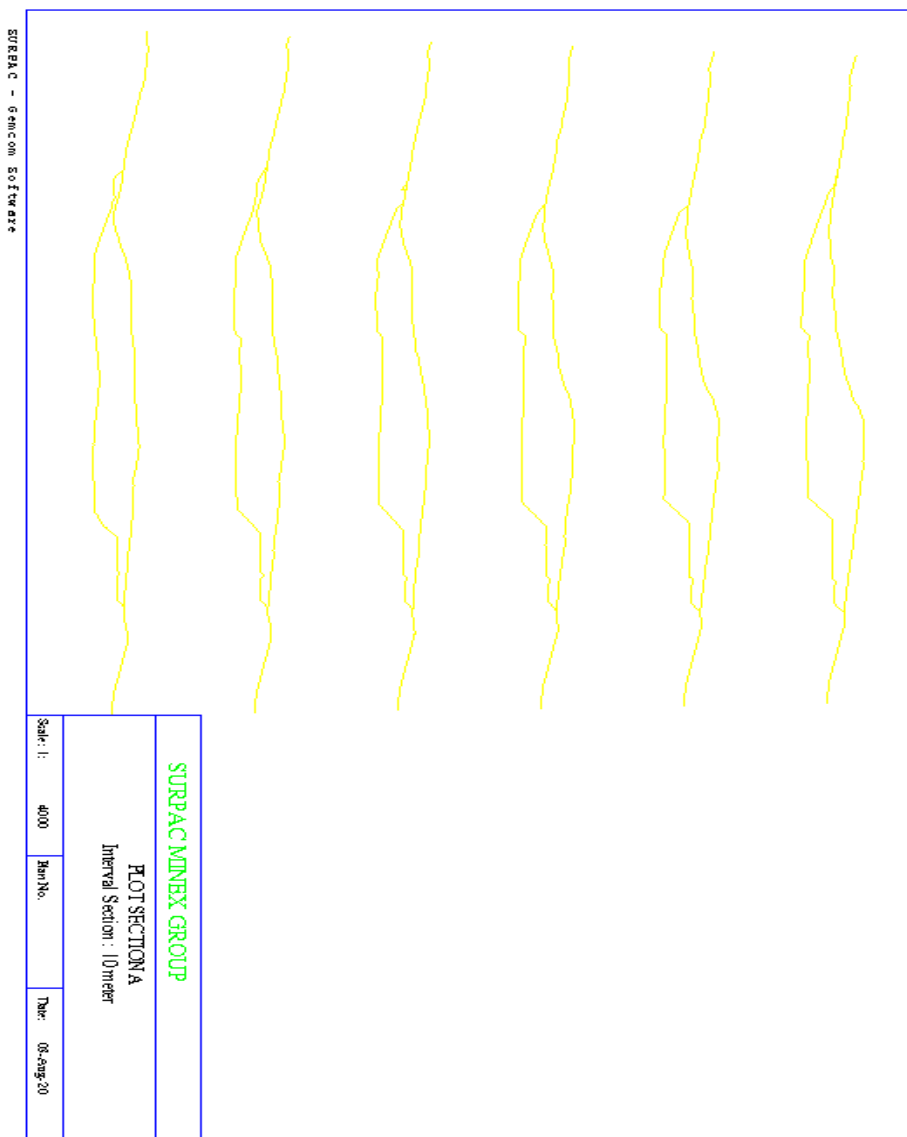
- Pit A Interval Section 10 meter (1)



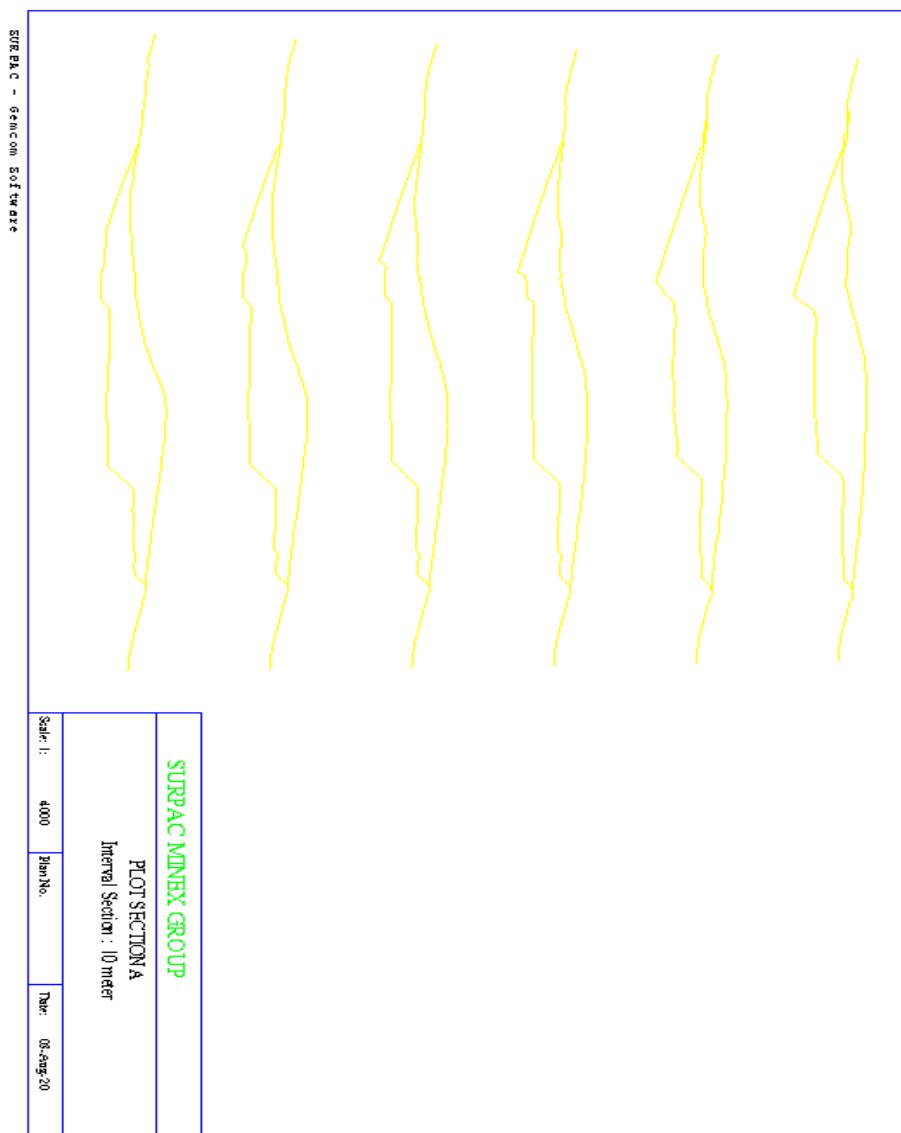
- Pit A Interval Section 10 meter (2)



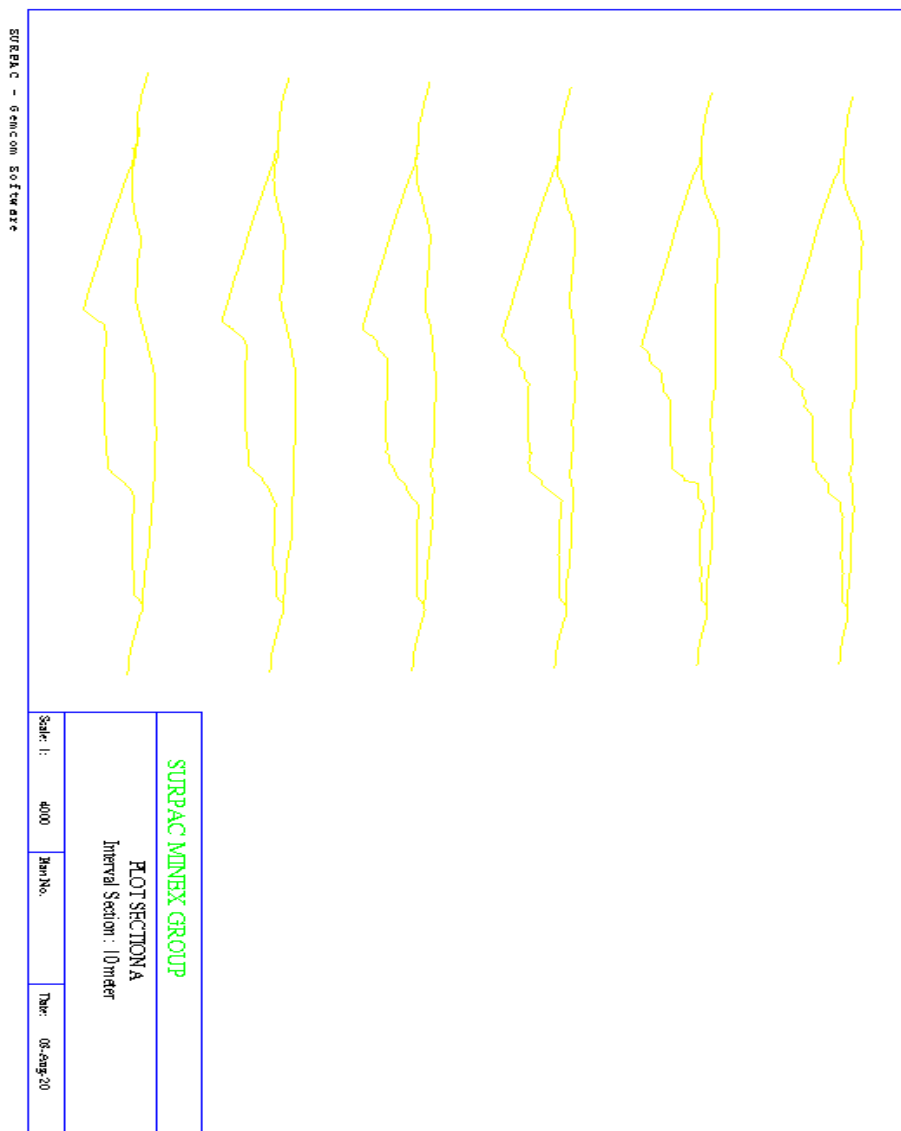
- Pit A Interval Section 10 meter (3)



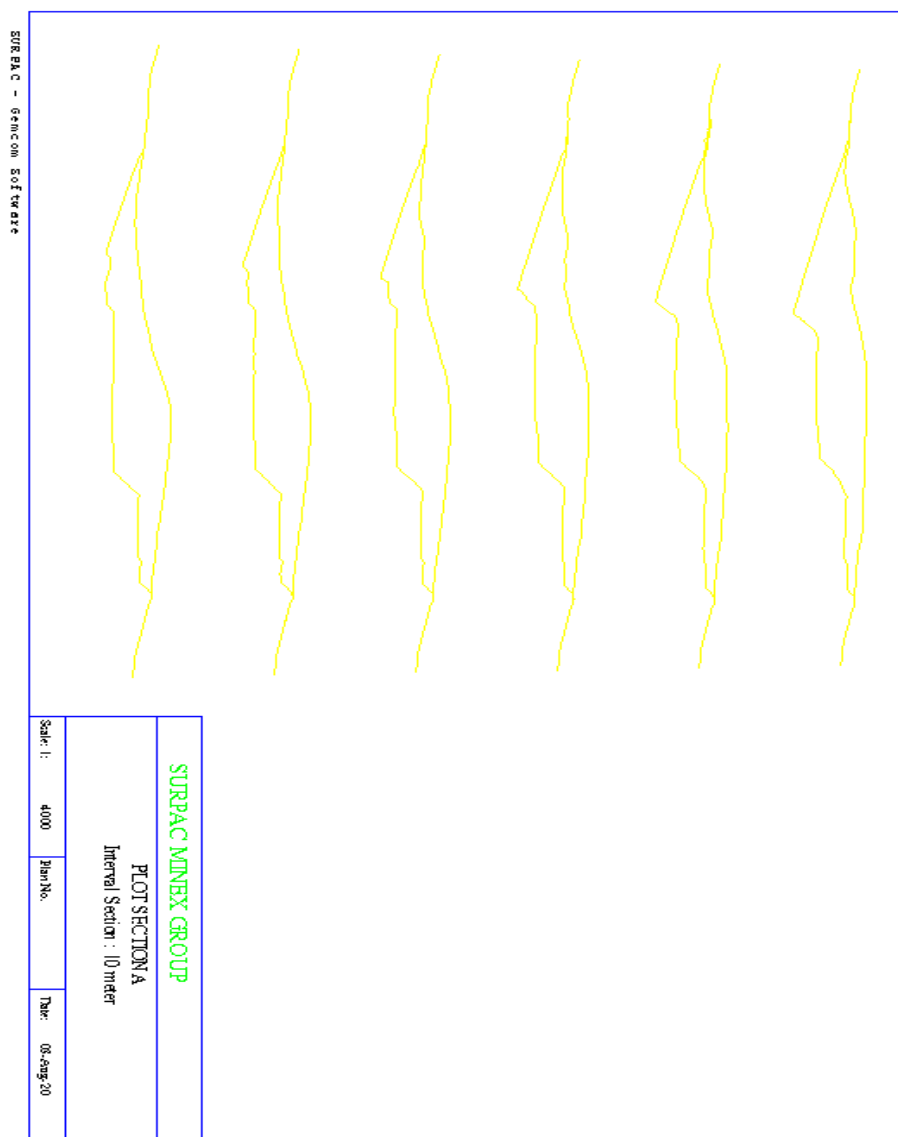
- Pit A Interval Section 10 meter (4)



- Pit A Interval Section 10 meter (5)



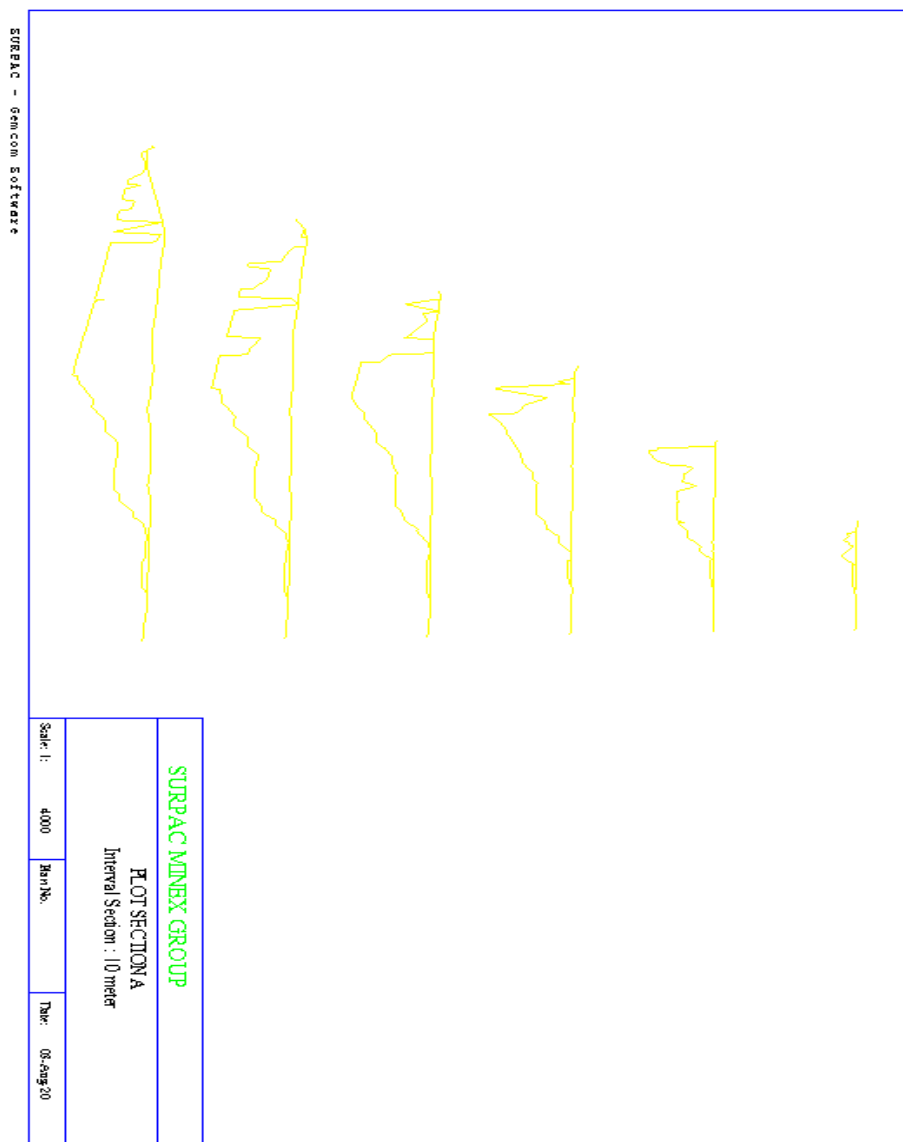
- Pit A Interval Section 10 meter (6)



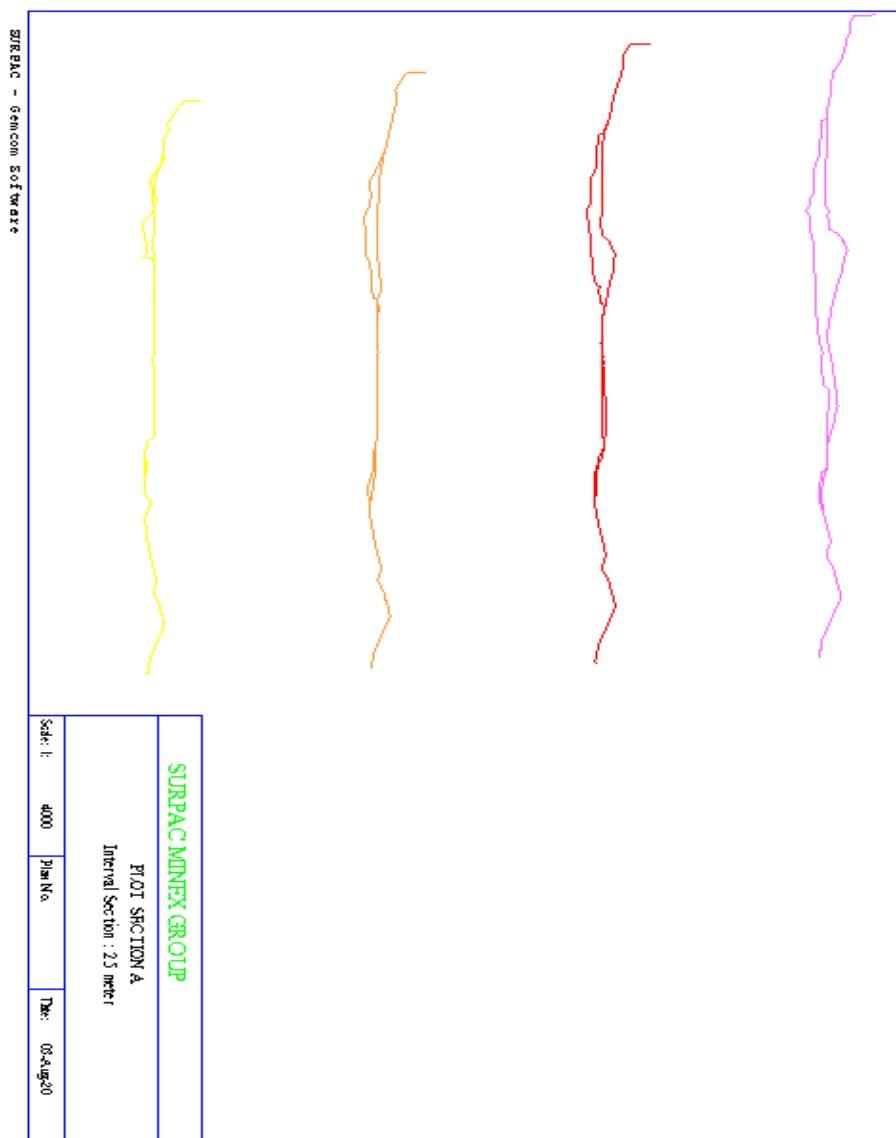
- Pit A Interval Section 10 meter (7)



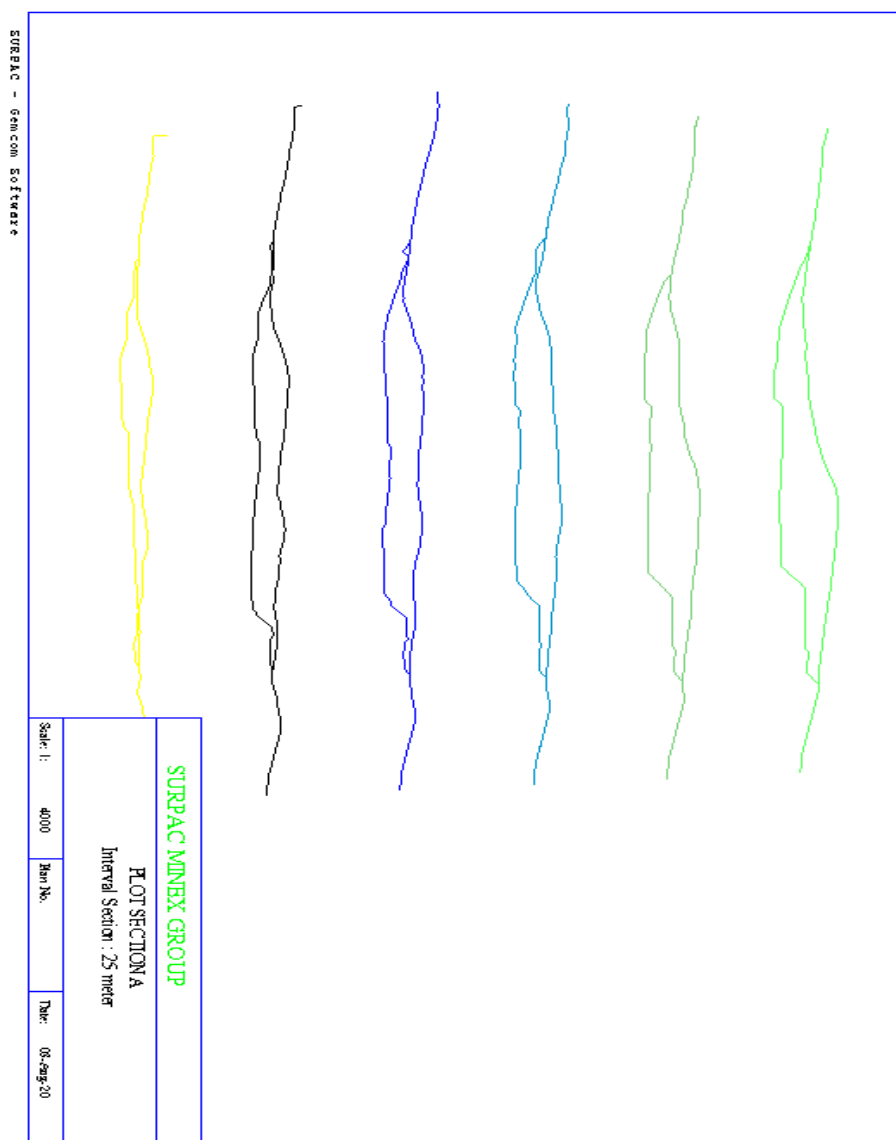
- Pit A Interval Section 10 meter (8)



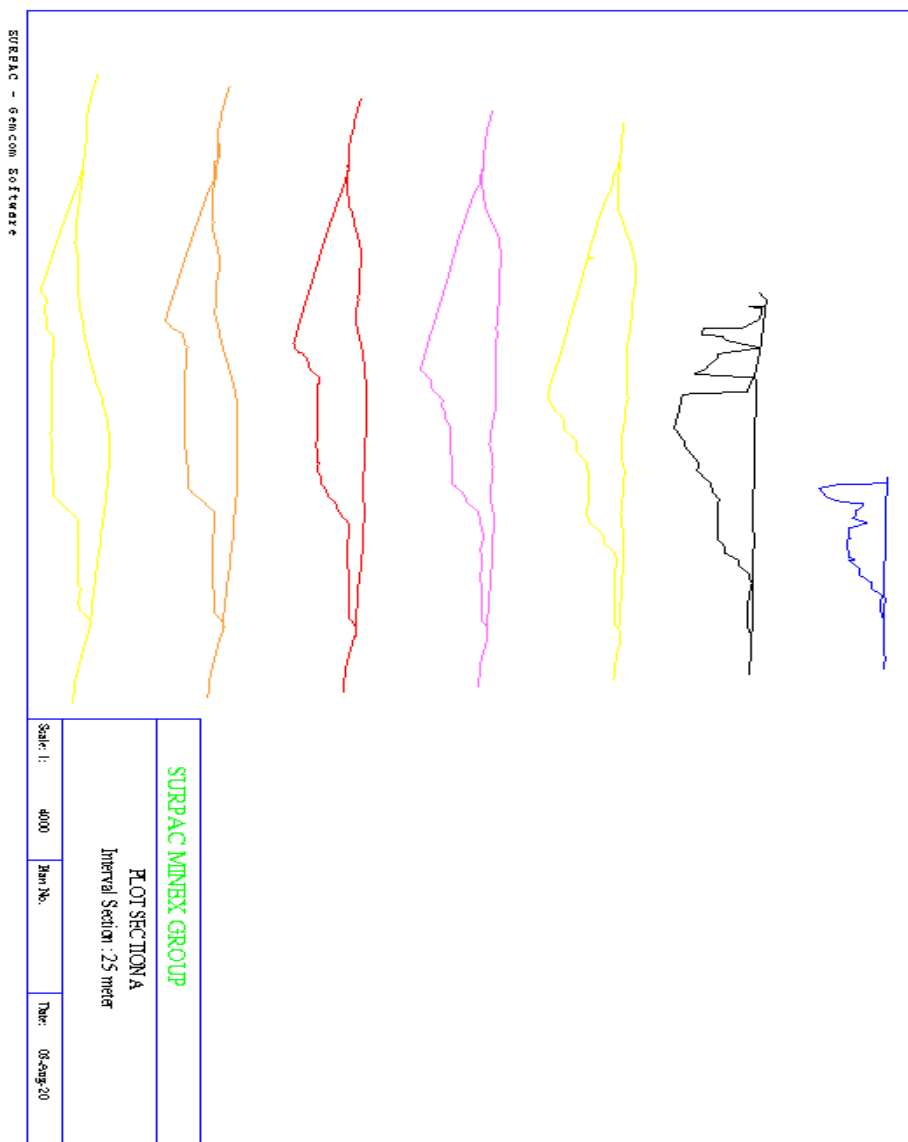
- Pit A Interval Section 25 meter (1)



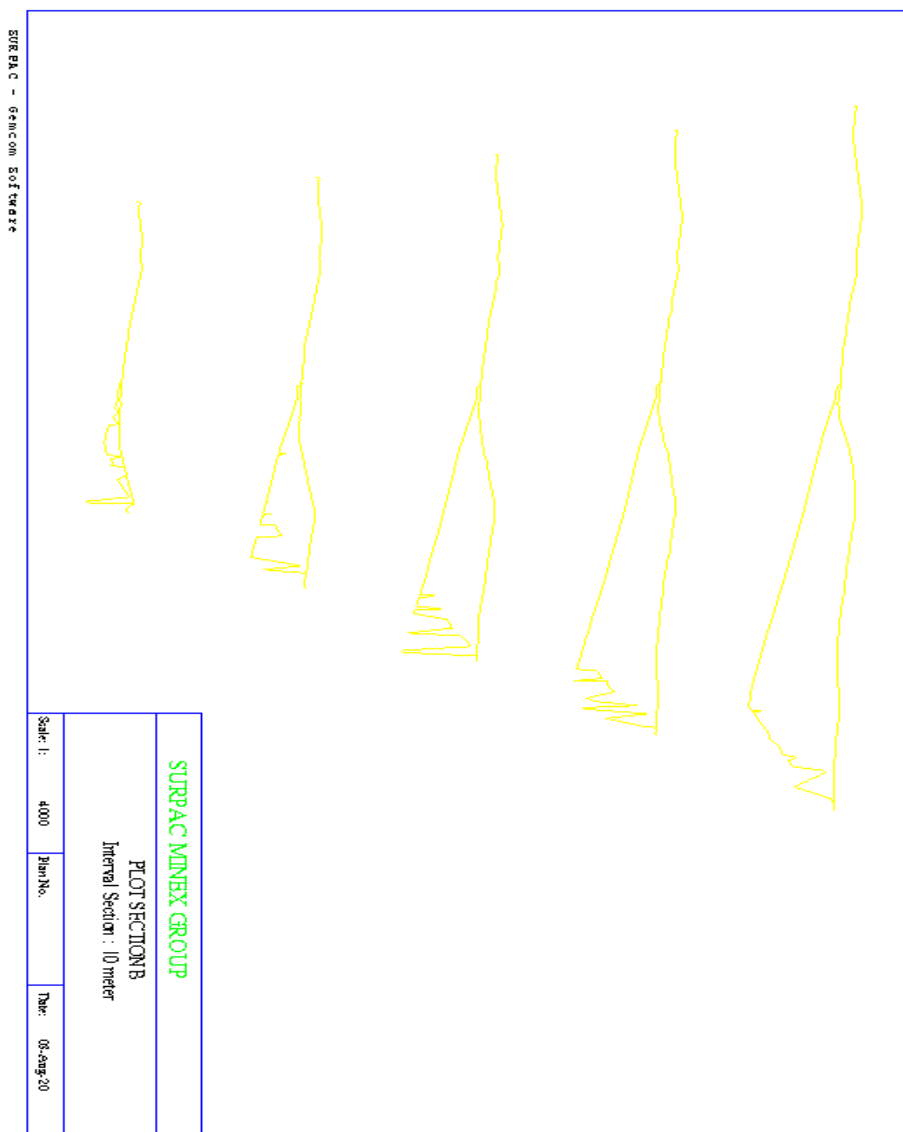
- Pit A Interval Section 25 meter (2)



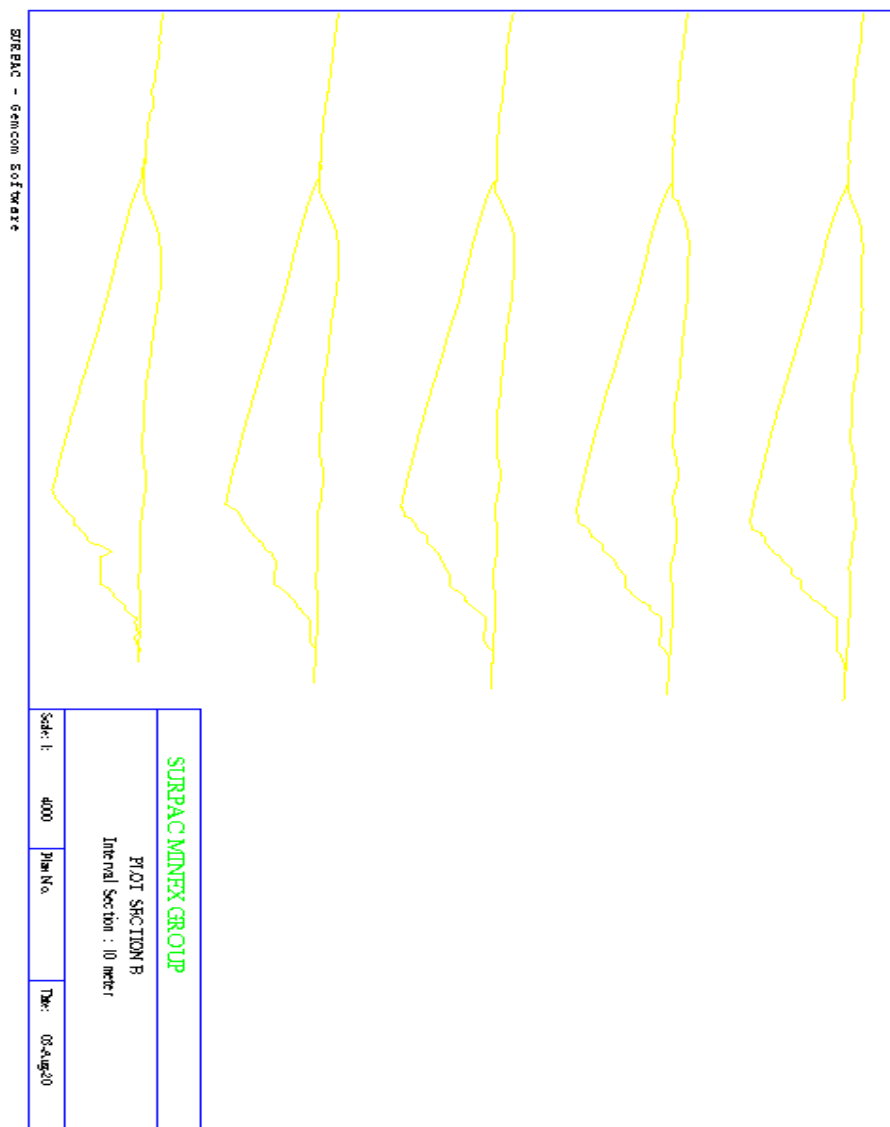
- Pit A Interval Section 25 meter (3)



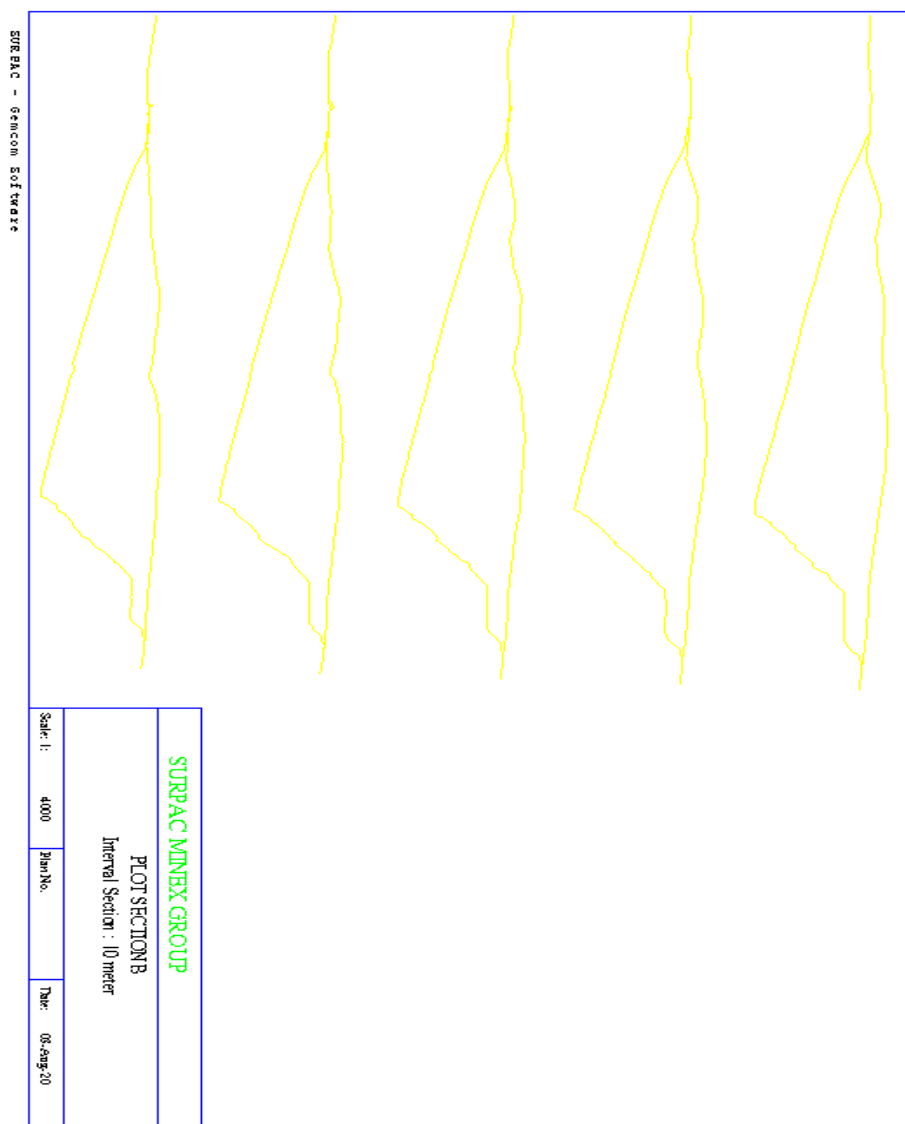
- Pit B Interval Section 10 meter (1)



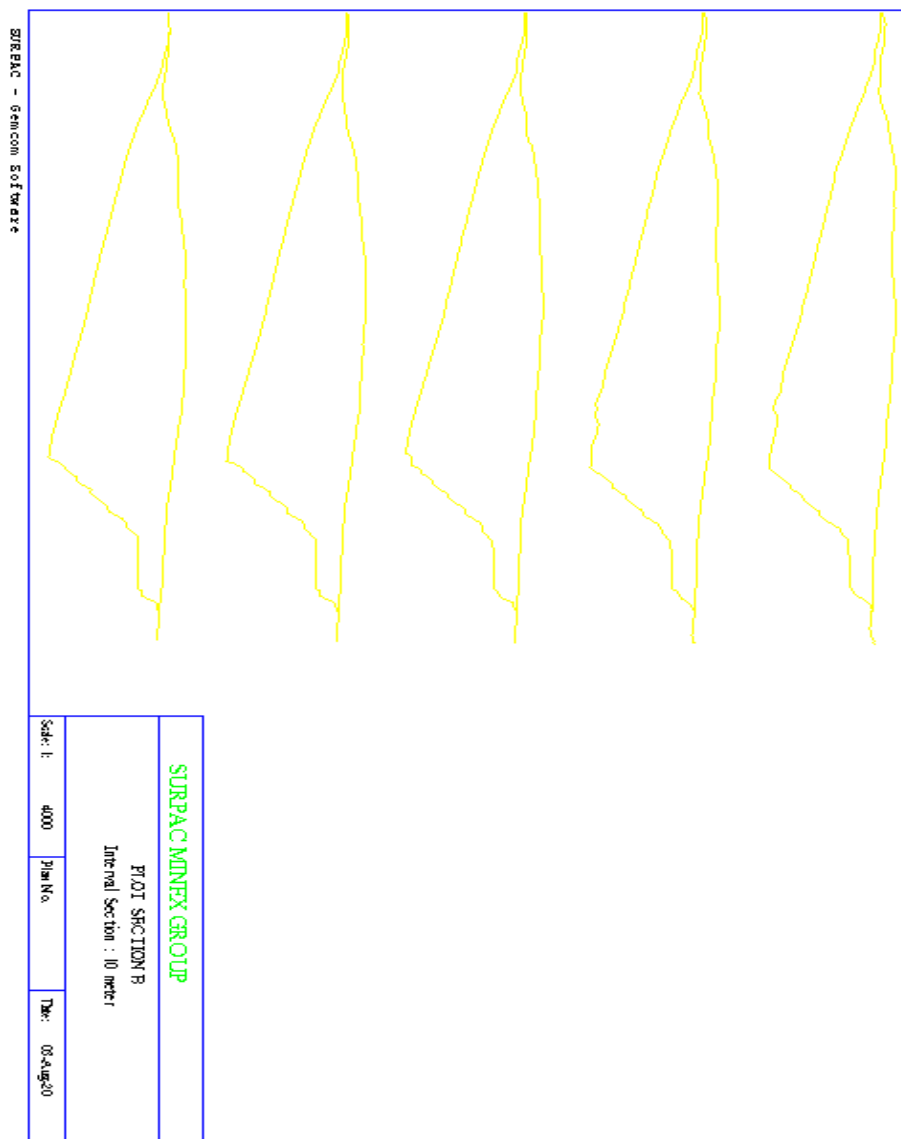
- Pit B Interval Section 10 meter (2)



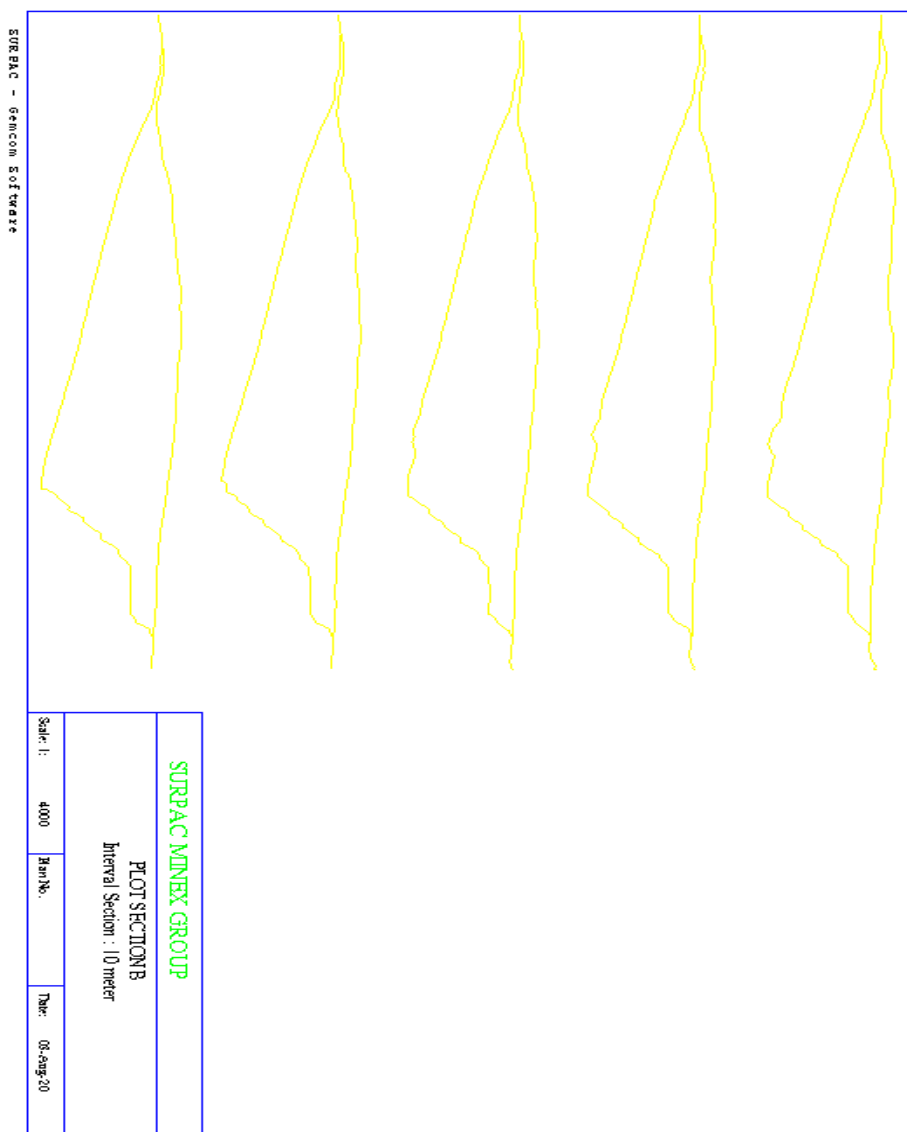
- Pit B Interval Section 10 meter (3)



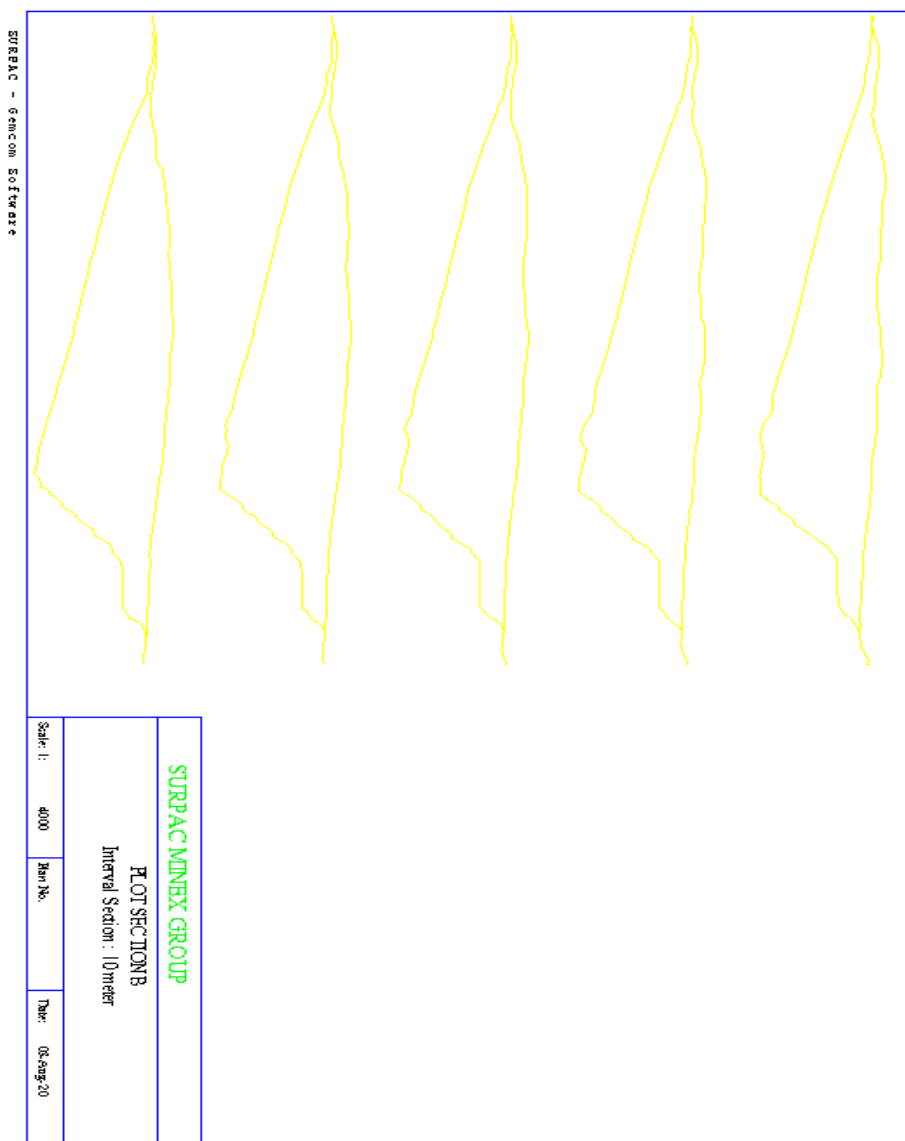
- Pit B Interval Section 10 meter (4)



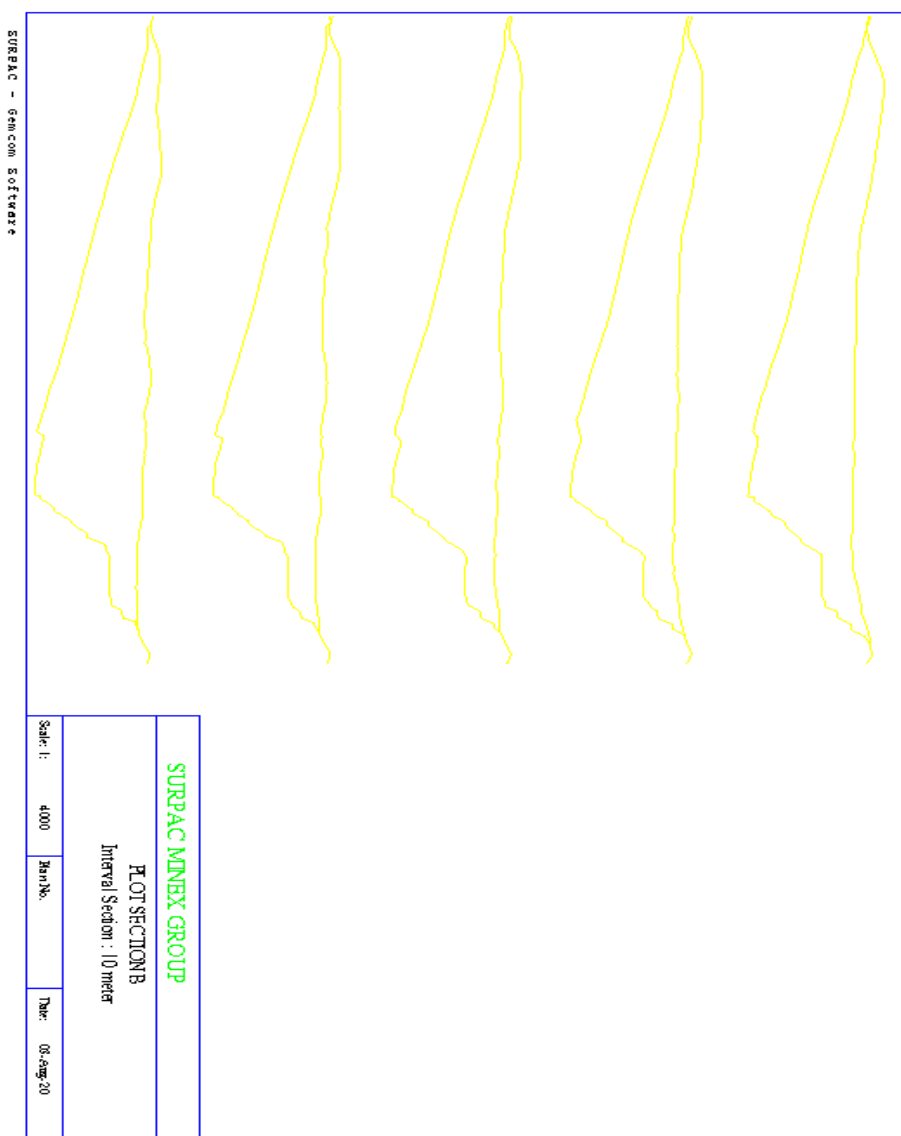
- Pit B Interval Section 10 meter (5)



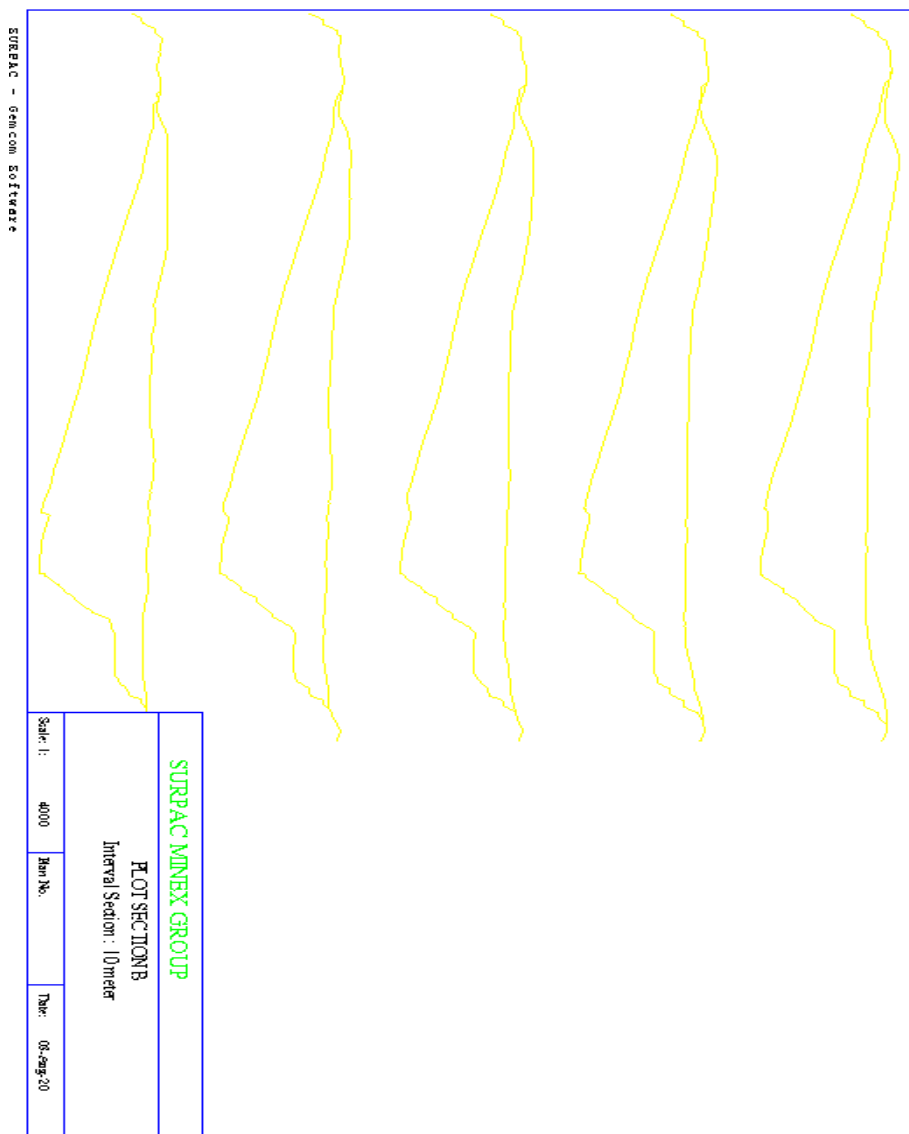
- Pit B Interval Section 10 meter (6)



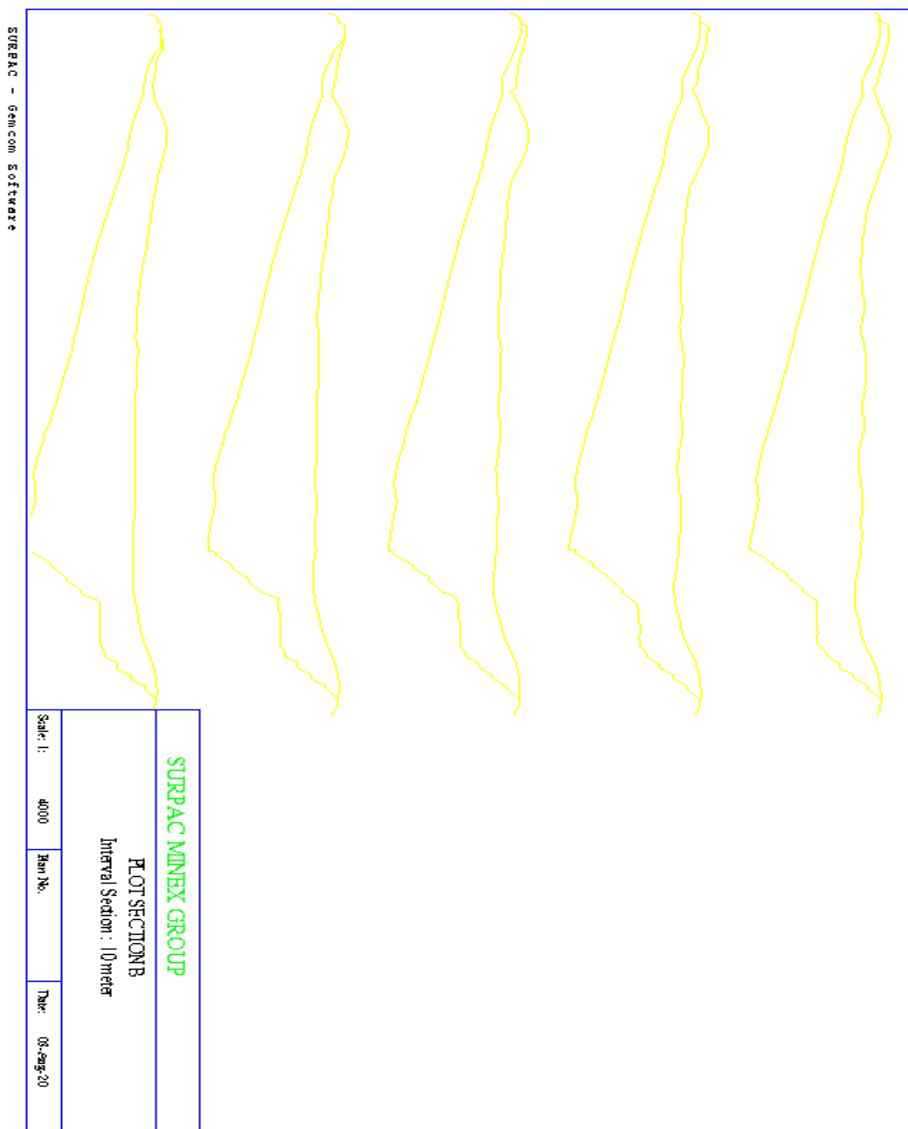
- Pit B Interval Section 10 meter (7)



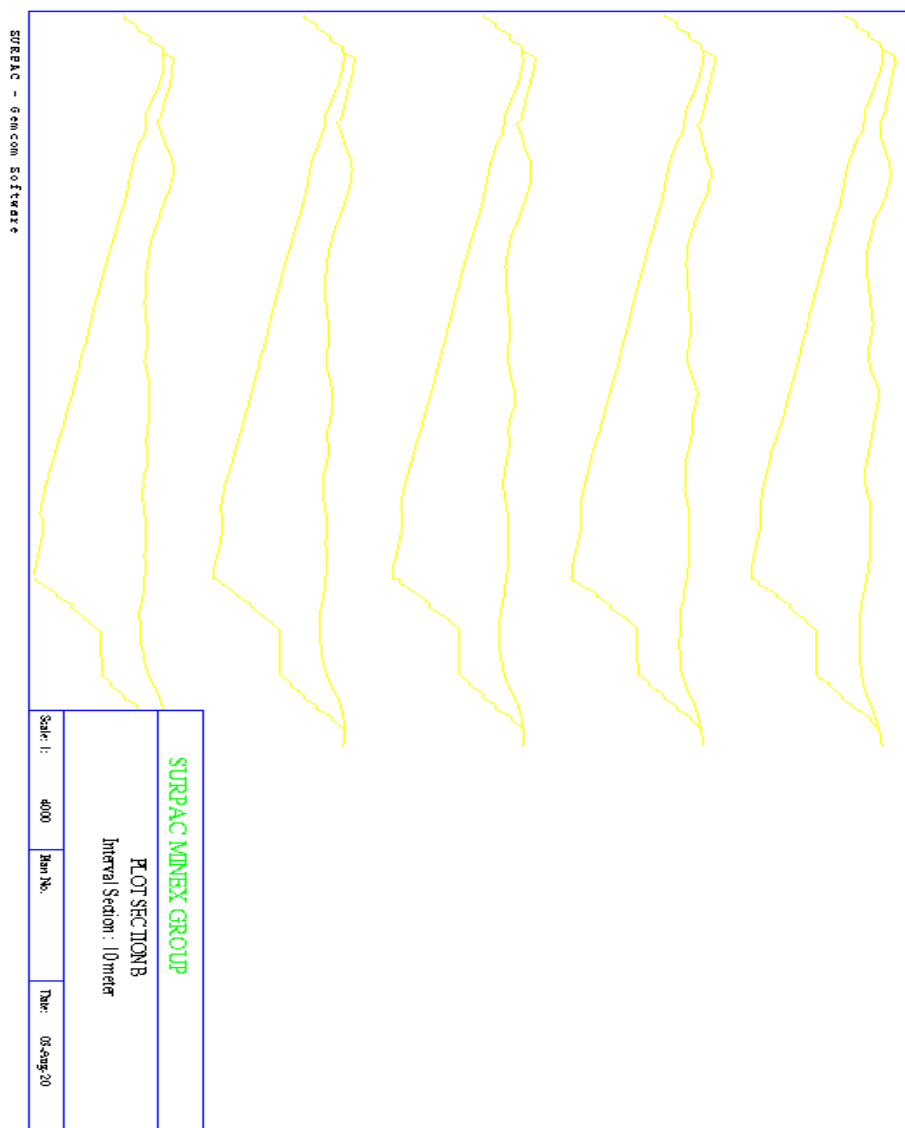
- Pit B Interval Section 10 meter (8)



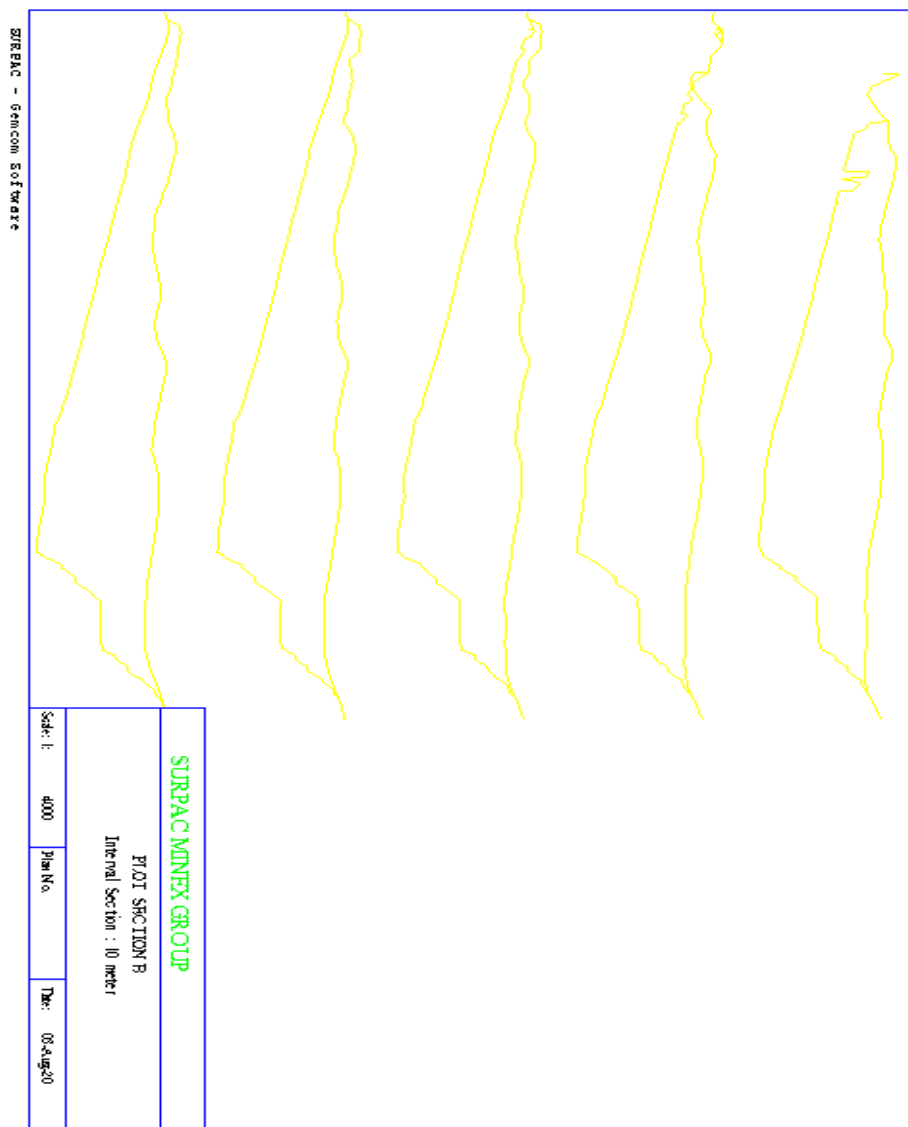
- Pit B Interval Section 10 meter (9)



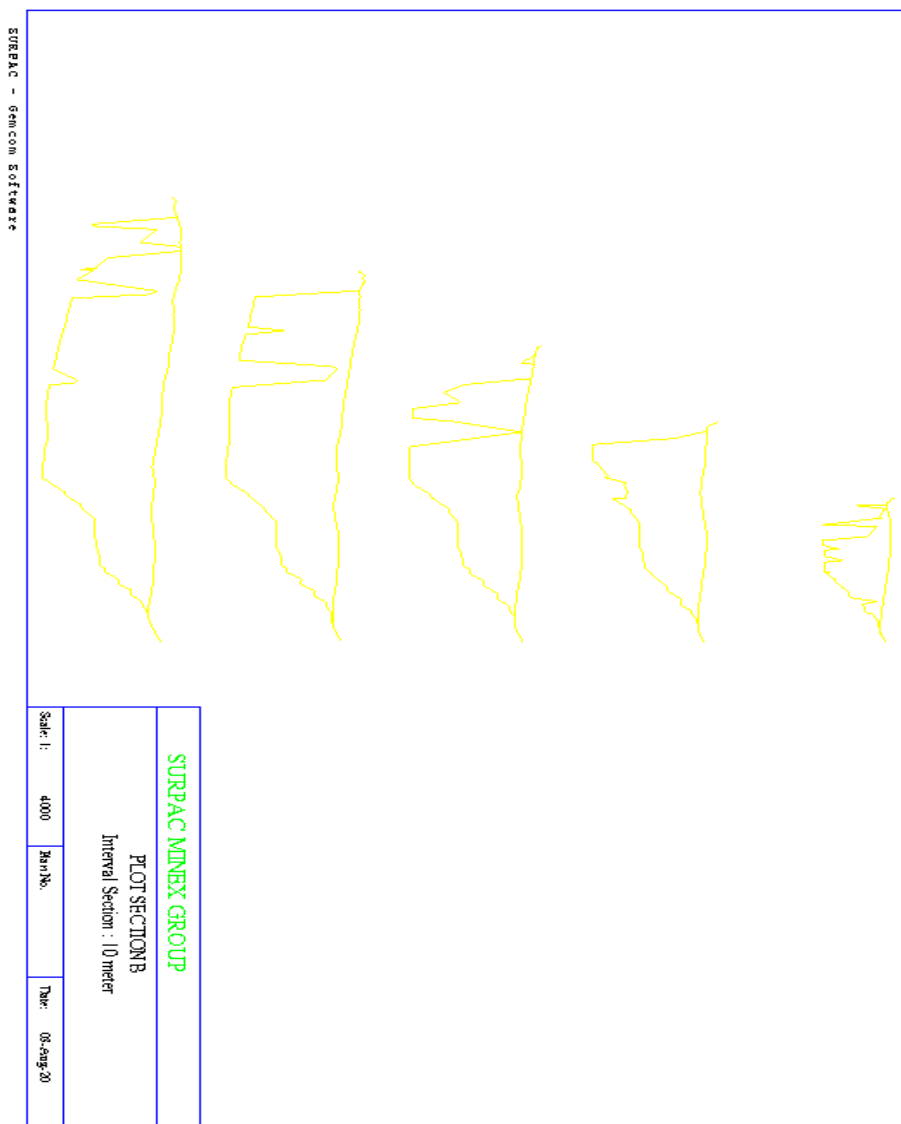
- Pit B Interval Section 10 meter (10)



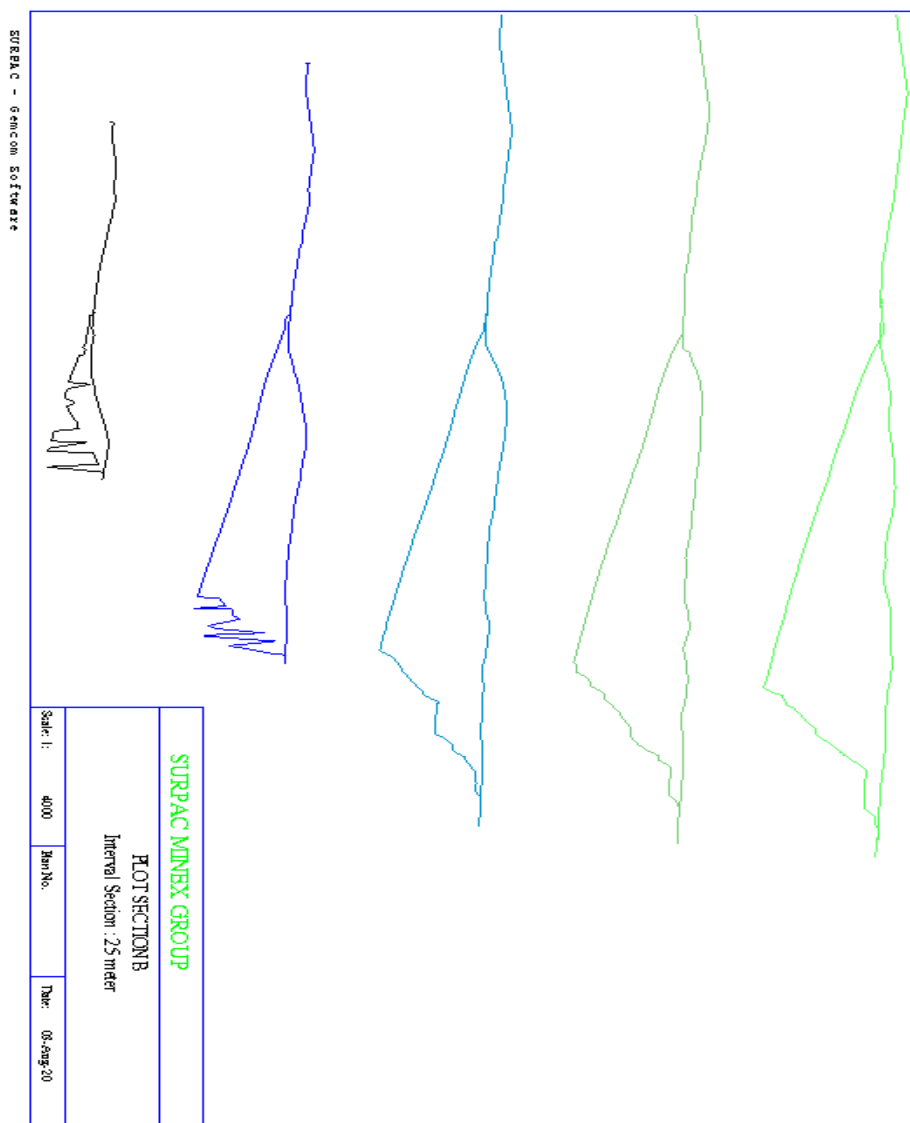
- Pit B Interval Section 10 meter (11)



- Pit B Interval Section 10 meter (12)



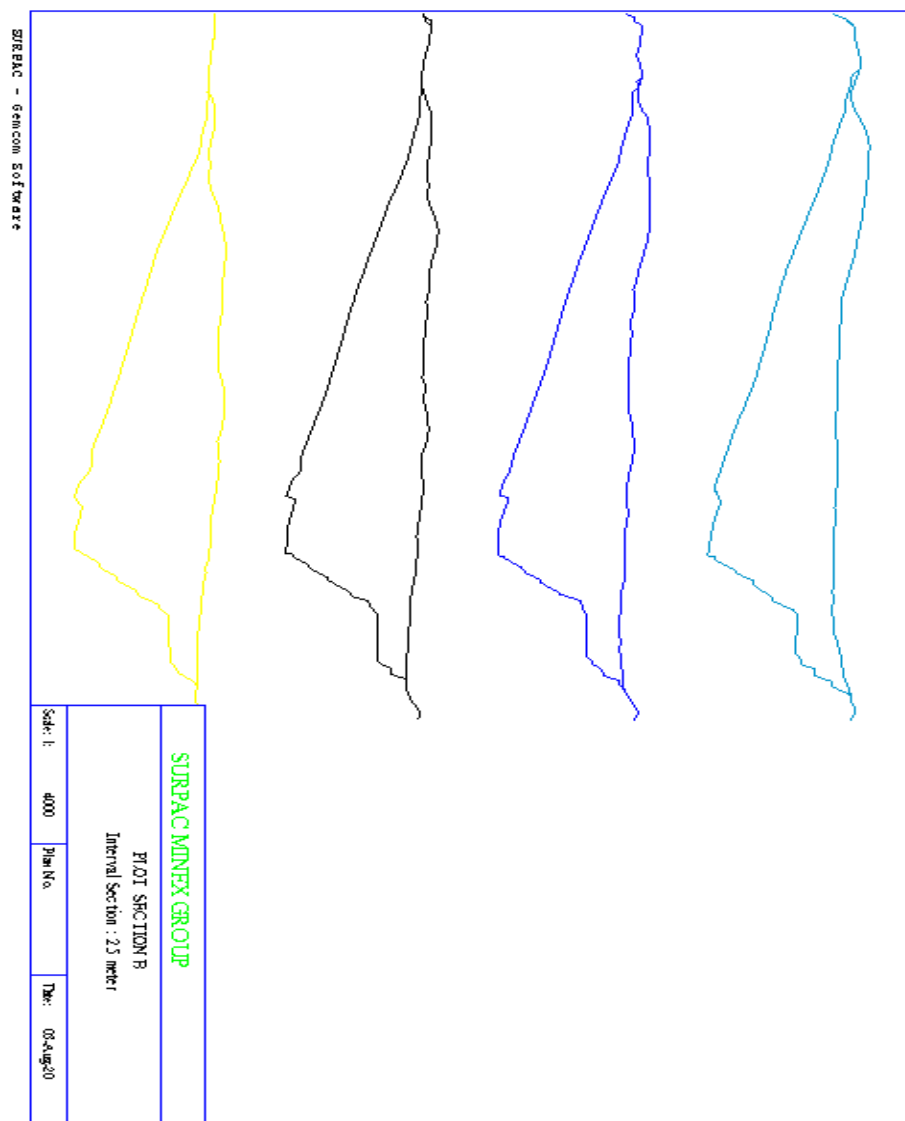
- Pit B Interval Section 25 meter (1)



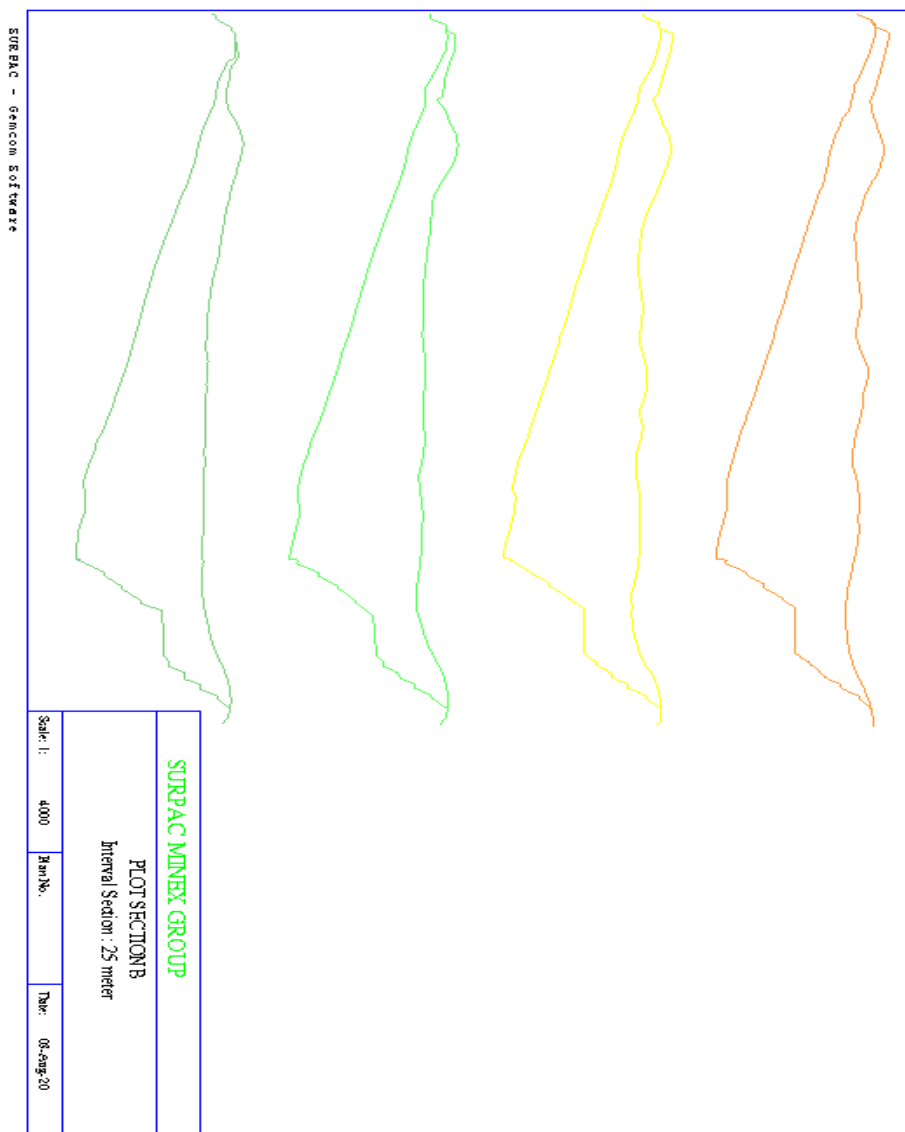
- Pit B Interval Section 25 meter (2)



- Pit B Interval Section 25 meter (3)



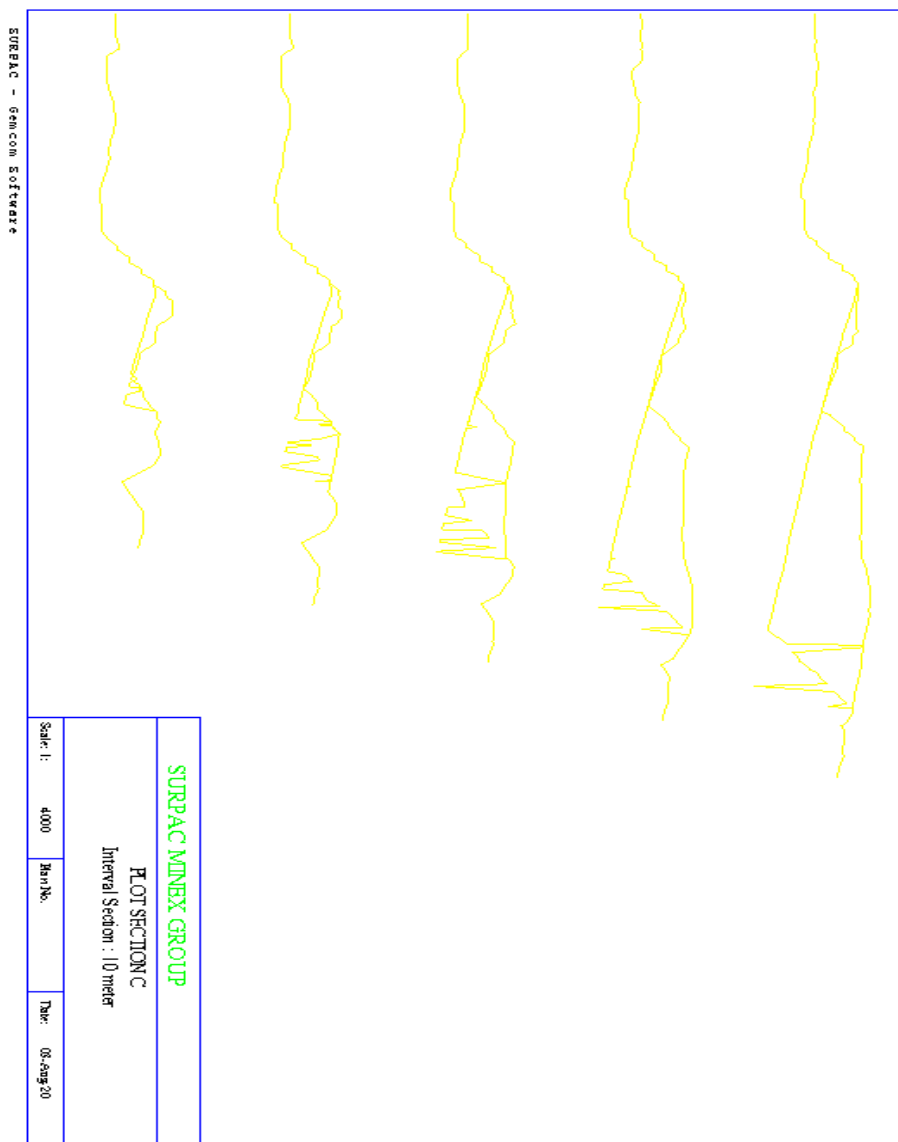
- Pit B Interval Section 25 meter (4)



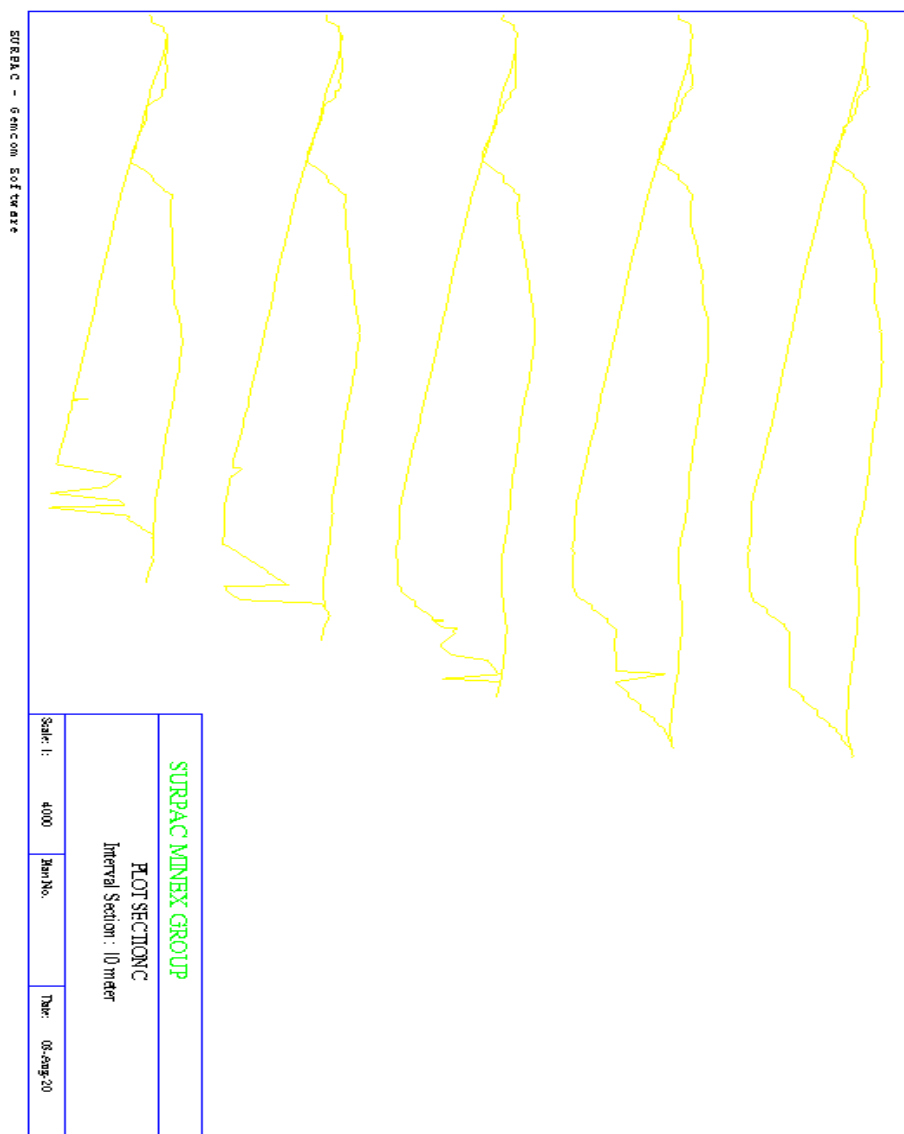
- Pit B Interval Section 25 meter (5)



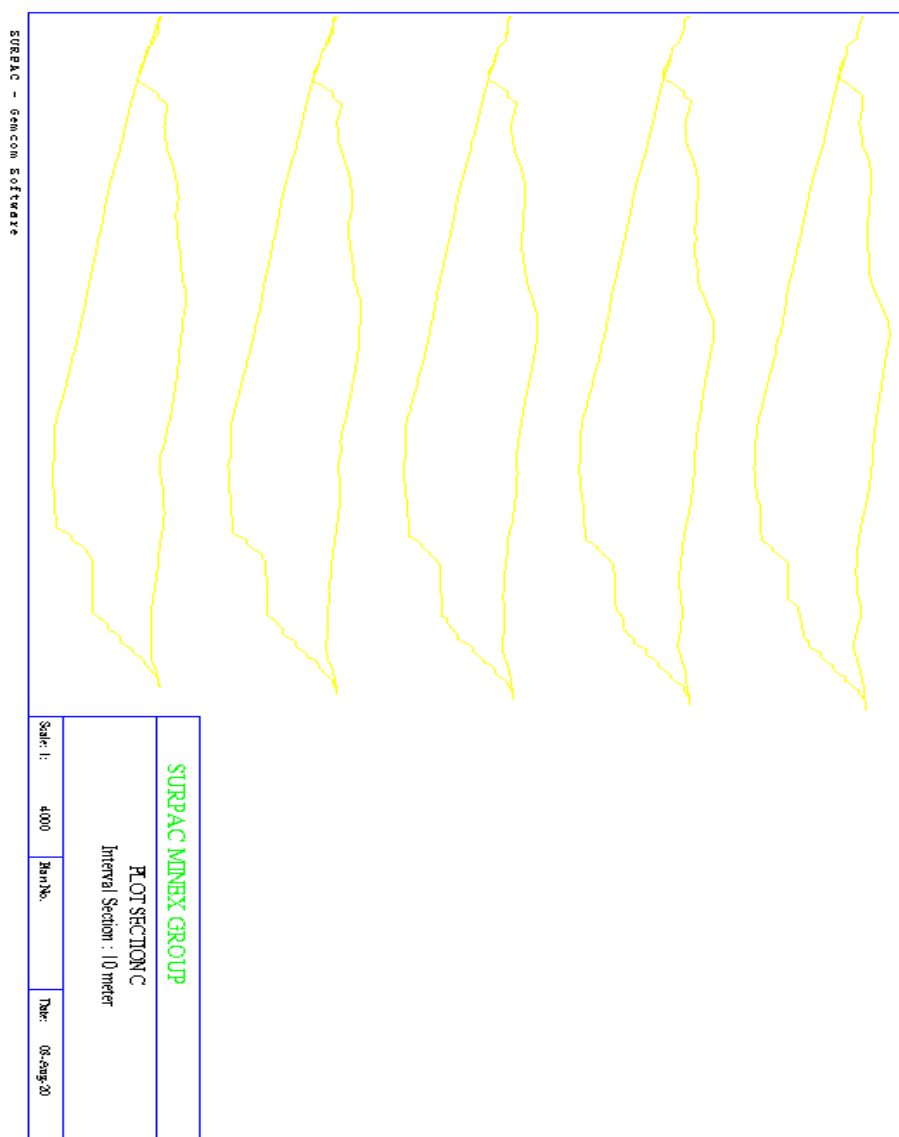
- Pit C Interval Section 10 meter (1)



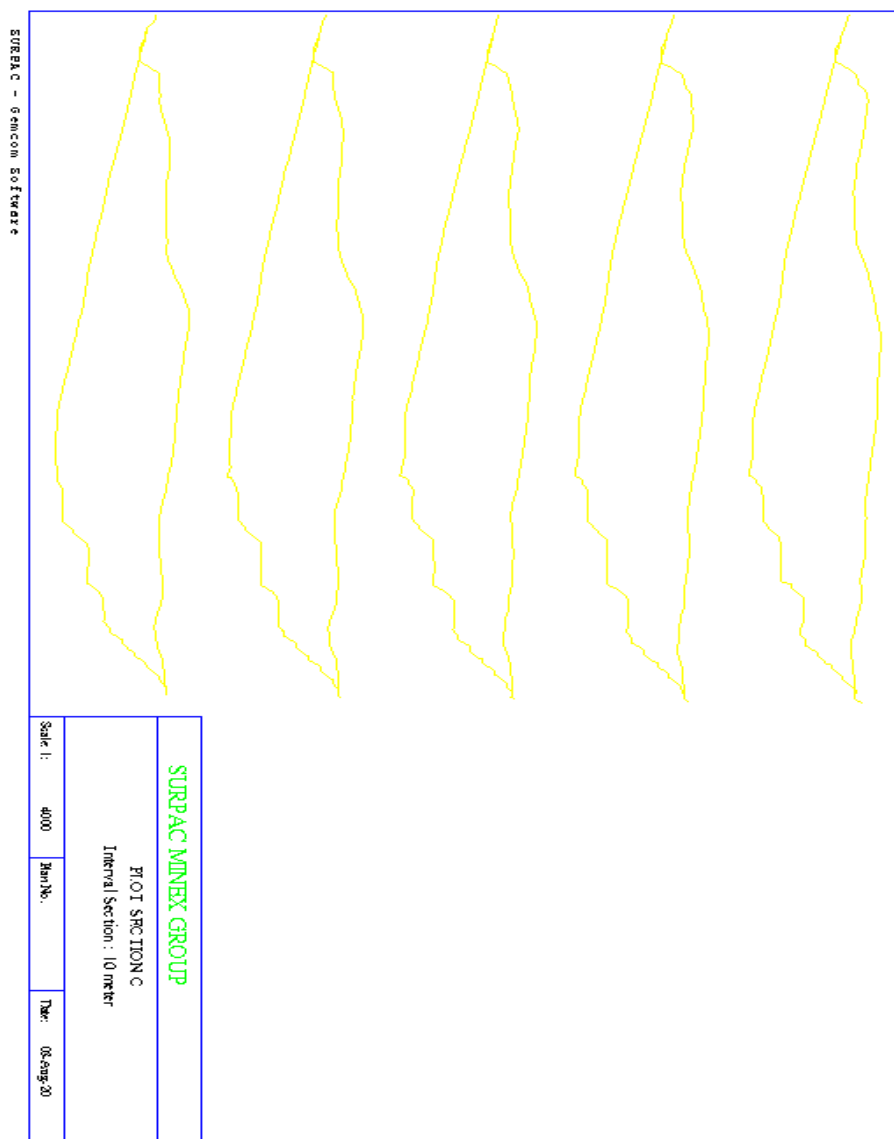
- Pit C Interval Section 10 meter (2)



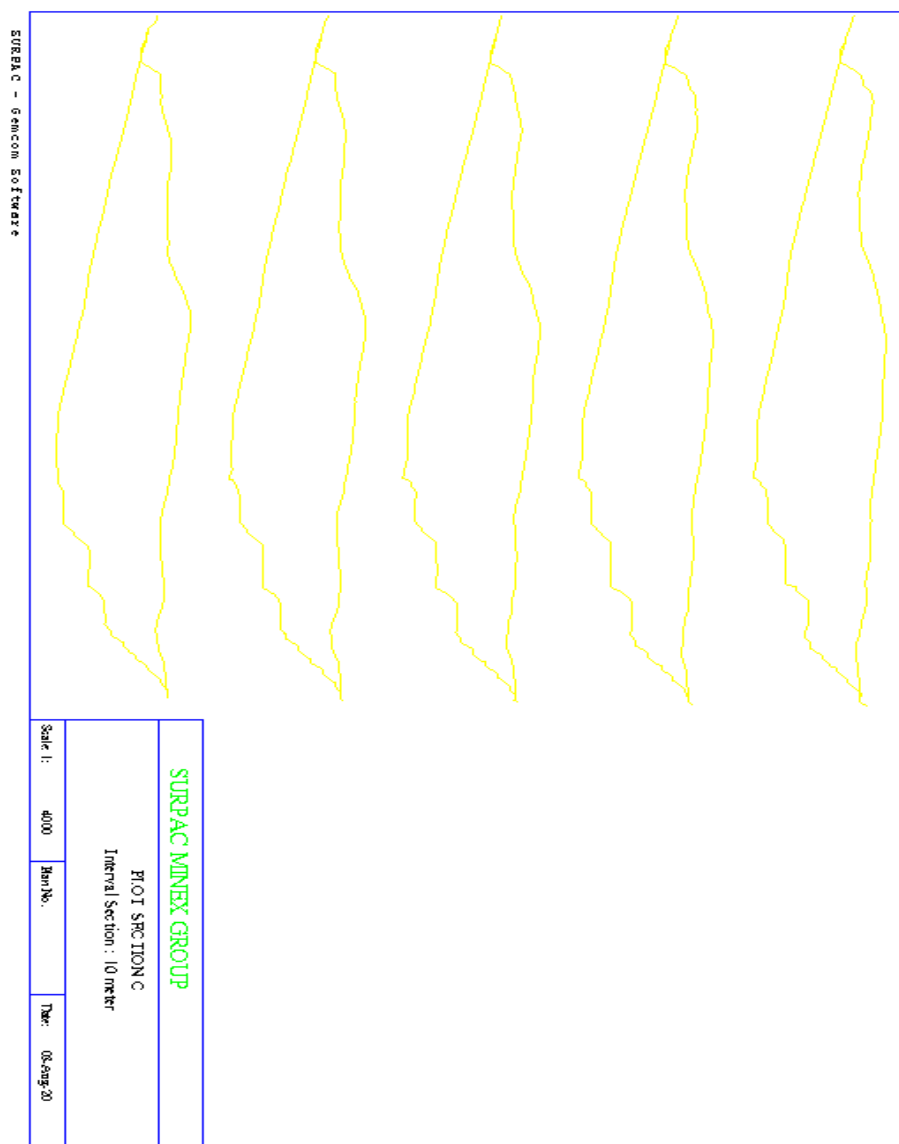
- Pit C Interval Section 10 meter (3)



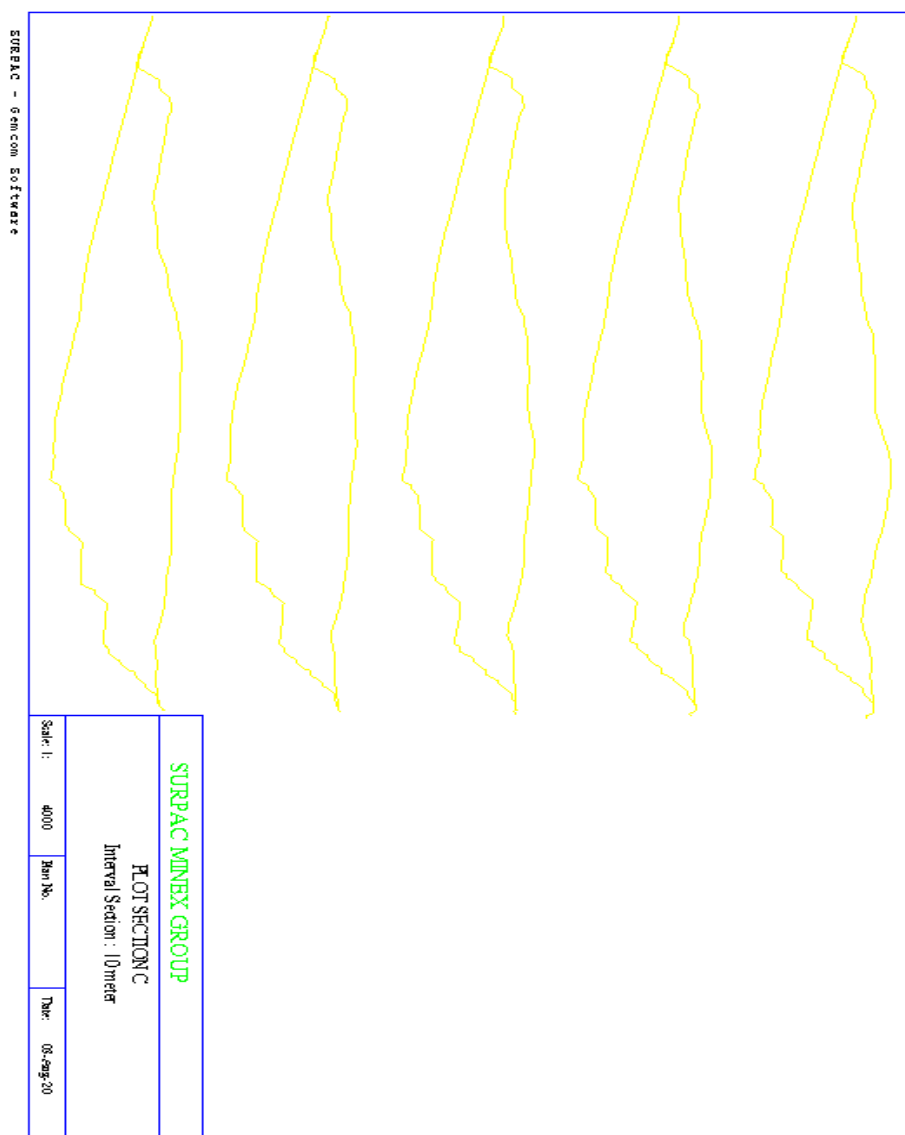
- Pit C Interval Section 10 meter (4)



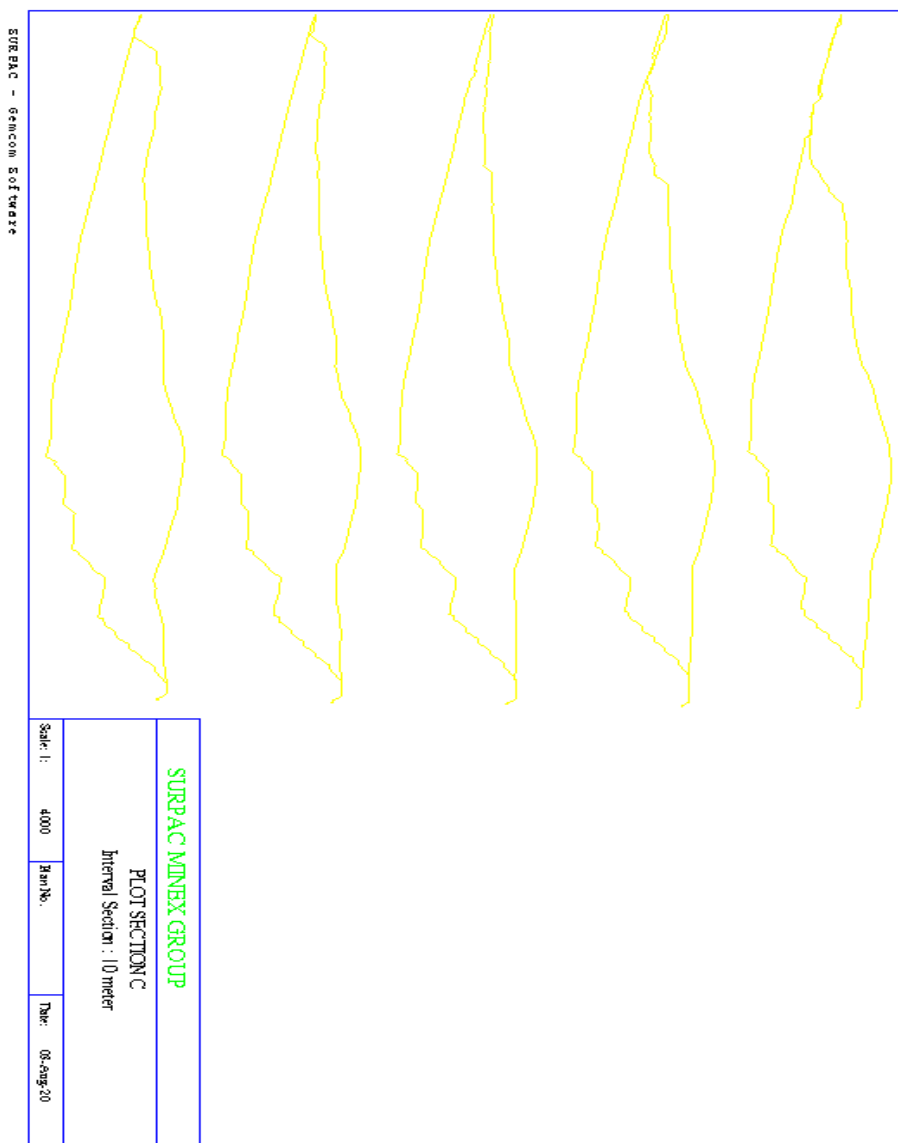
- Pit C Interval Section 10 meter (5)



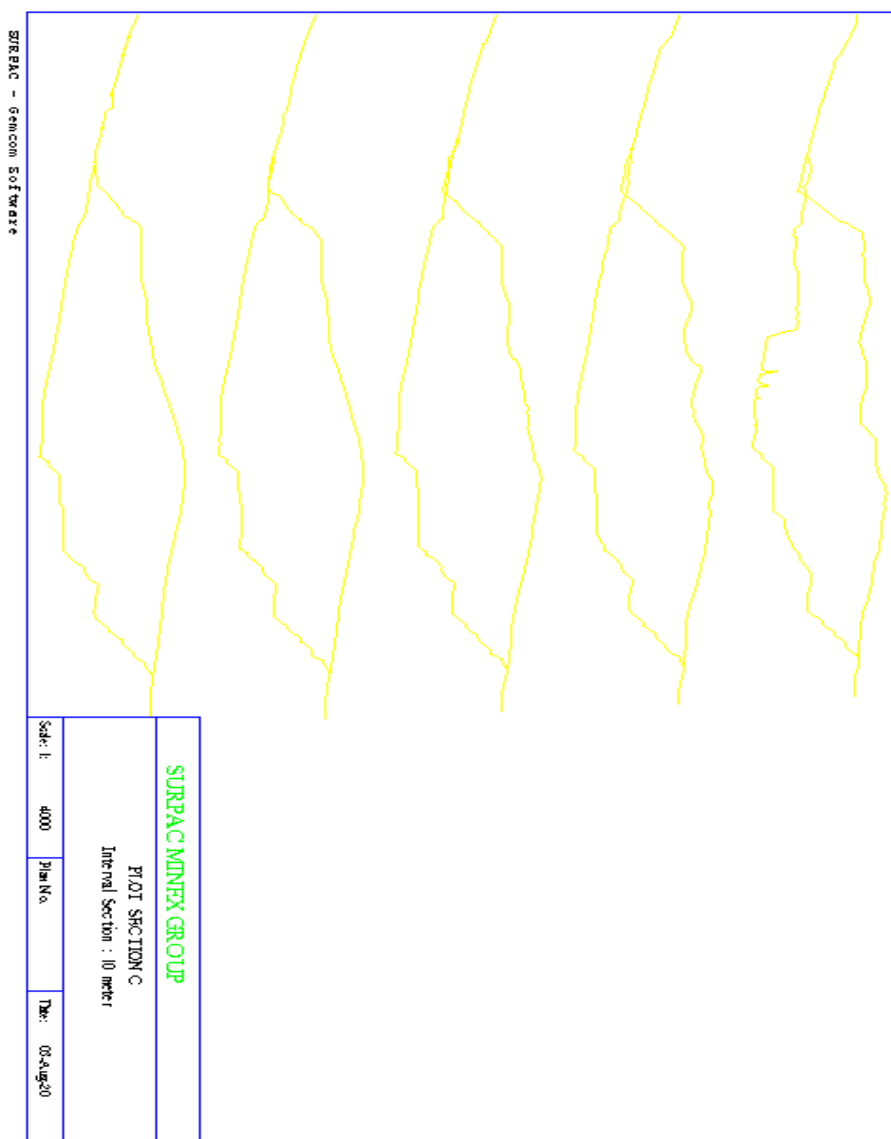
- Pit C Interval Section 10 meter (6)



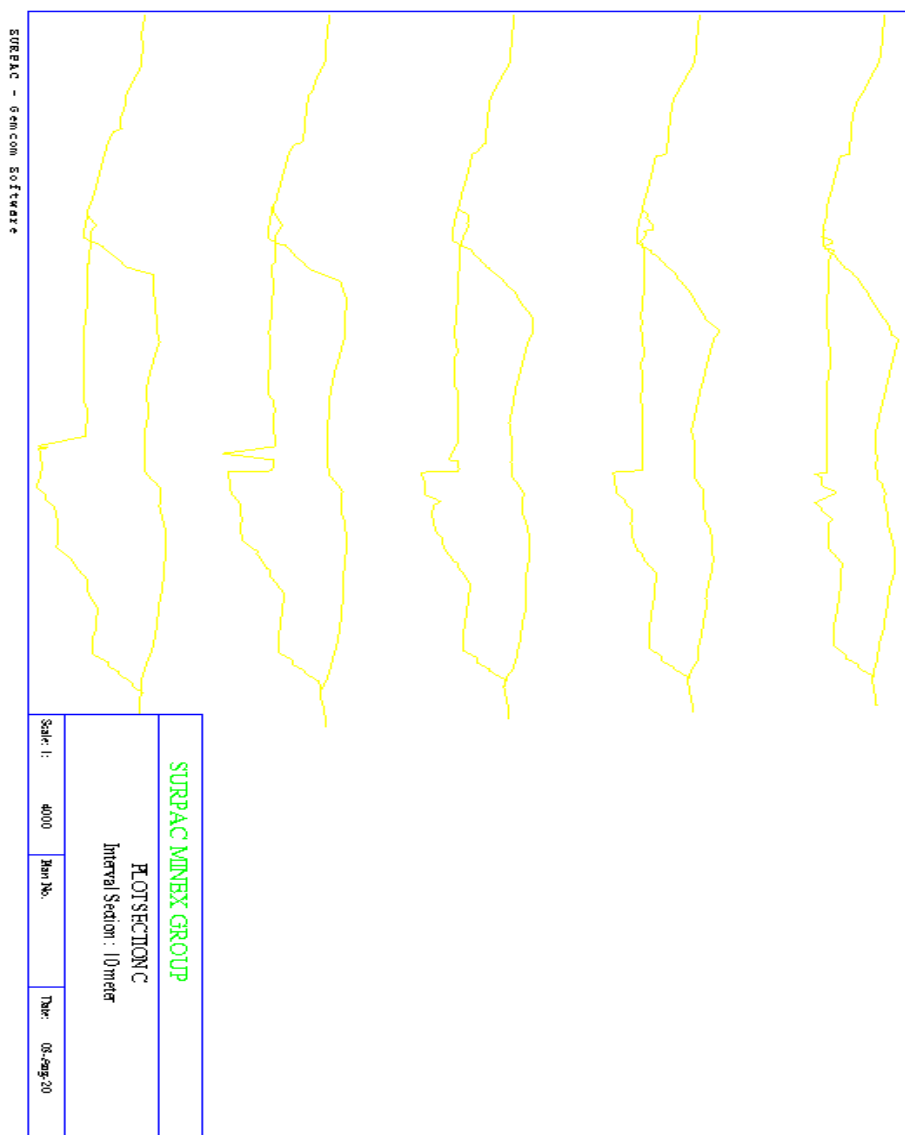
- Pit C Interval Section 10 meter (7)



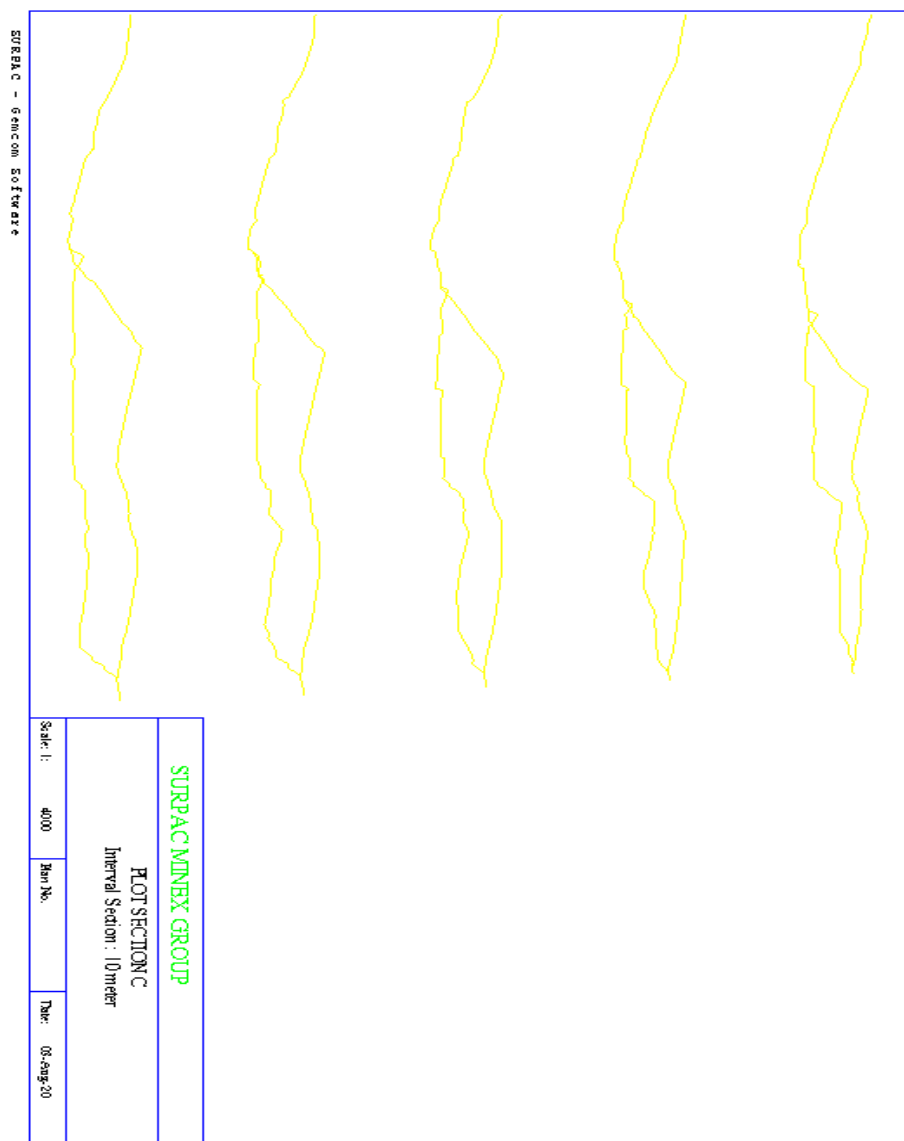
- Pit C Interval Section 10 meter (8)



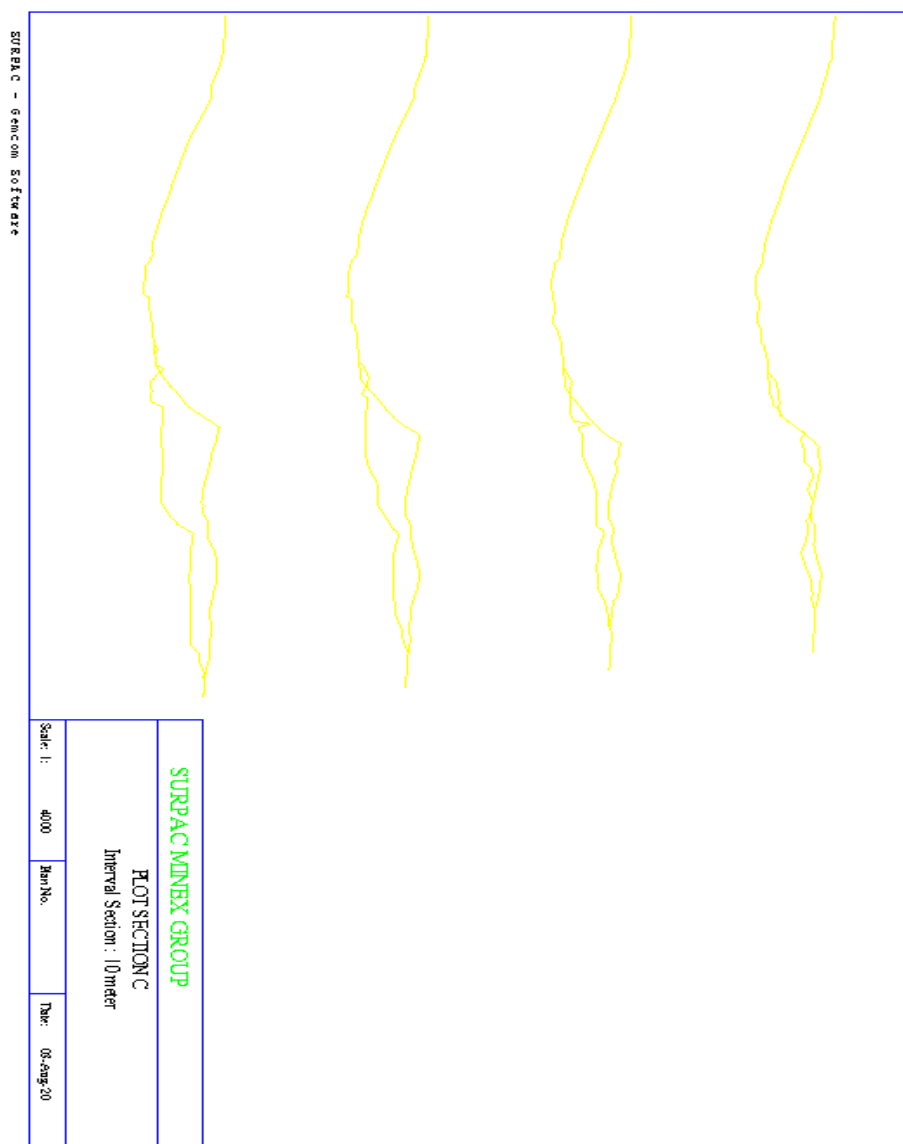
- Pit C Interval Section 10 meter (9)



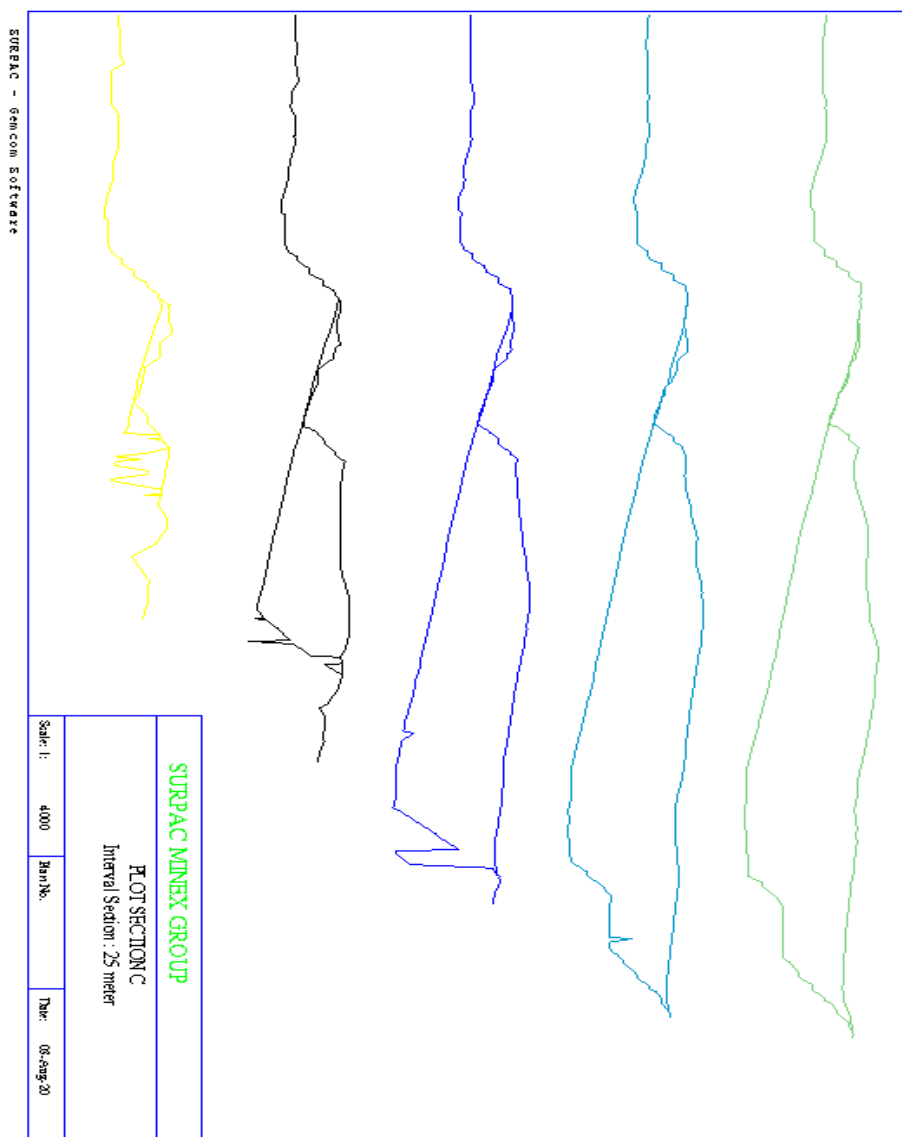
- Pit C Interval Section 10 meter (10)



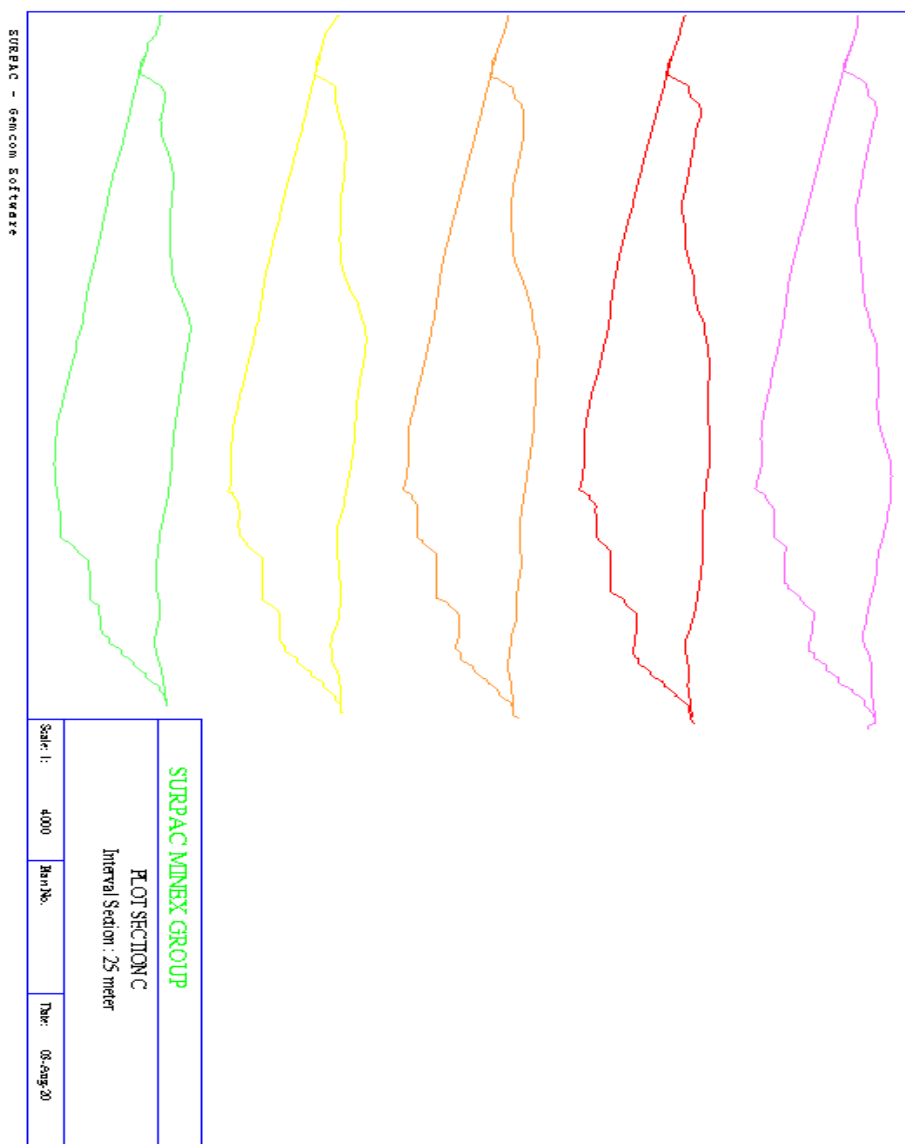
- Pit C Interval Section 10 meter (11)



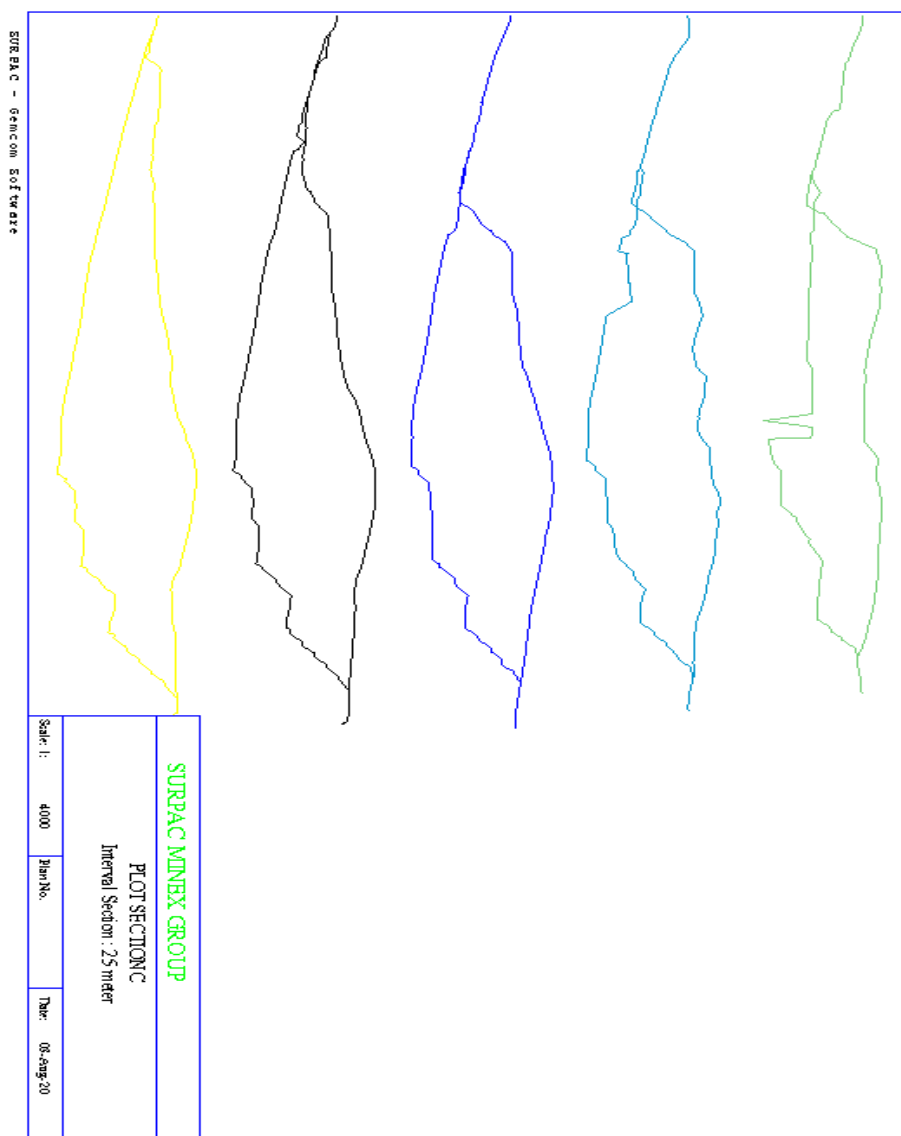
- Pit C Interval Section 25 meter (1)



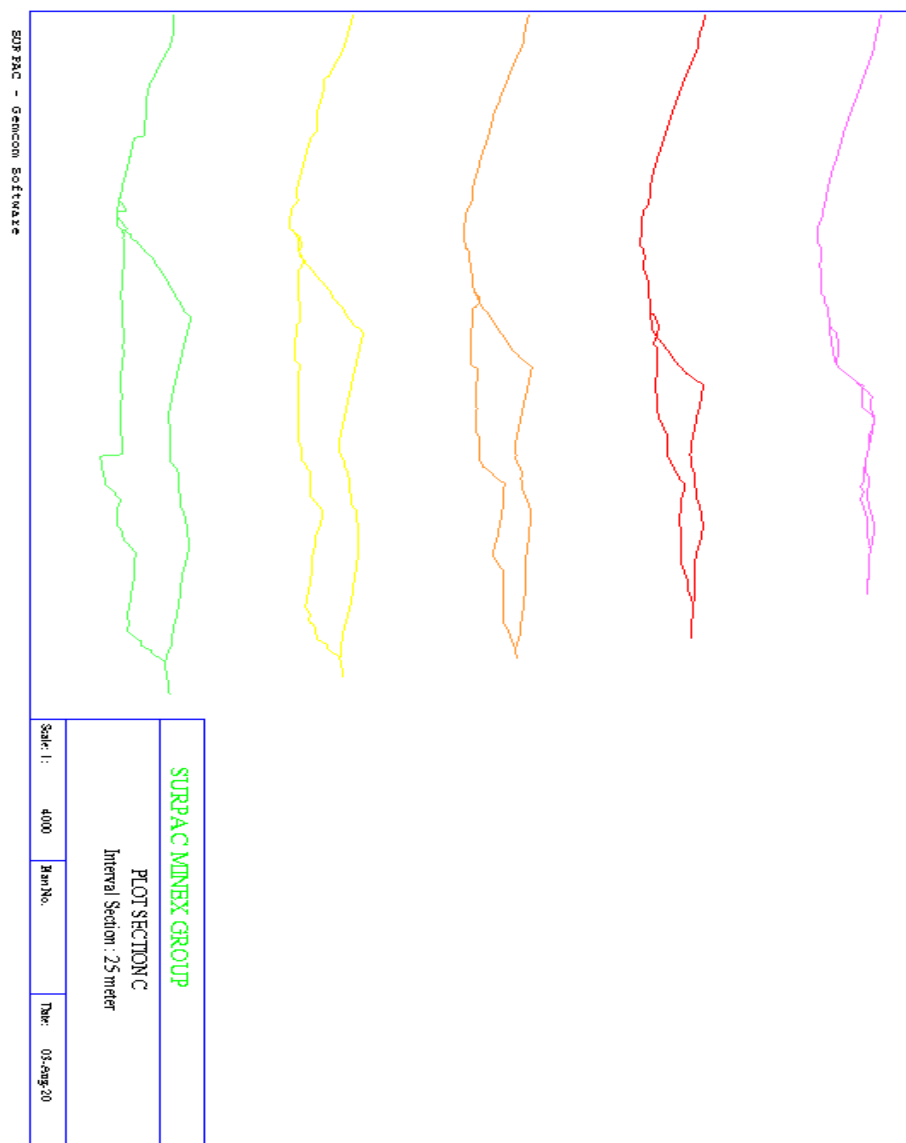
- Pit C Interval Section 25 meter (2)



- Pit C Interval Section 25 meter (3)



- Pit C Interval Section 25 meter (4)



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lamongan, 25 Desember 1997, merupakan anak ke tiga dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Cungkup Lamongan, kemudian melanjutkan ke MTs Daruttaqwa Gresik, kemudian melanjutkan ke SMAN 1 Manyar Gresik, penulis melanjutkan pendidikan S-1 di Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut

Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui SNMPTN Undangan tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 03311640000021. Selama duduk dibangku perkuliahan, penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Geomatika (HIMAGE-ITS) dengan menjabat sebagai Staff anggota divisi *Big Event* masa bakti 2017/2018, kemudian penulis pernah diamanahi sebagai ketua pelaksanaan *Geolympic* 2018, lalu mengemban amanah sebagai Ketua Departemen Keprofesian dan Akademik masa bakti 2018/2019. Penulis pernah menjalani Kerja Praktik bidang terestris di PT Anugerah Bara Kaltim. Penulis mengambil Tugas Akhir dalam bidang keahlian *Geodesy and surveying* dengan judul “Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Bersih Galian Dan Timbunan (Net Volume) Dengan Metode Trapezoidal Dan Borrow Pit Pada Perangkat Lunak Perhitungan Volume” untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik.