

## PERENCANAAN *RUNWAY END SAFETY AREA* DI *THRESHOLD 30* BANDAR UDARA TRUNOJOYO SUMENEP

Adelia Pramitasari

Jurusan Teknik Bangunan dan Landasan, Fakultas Teknik Penerbangan, Politeknik Penerbangan Surabaya  
Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236  
Email: adeliapramitasariiii@gmail.com

### Abstrak

Bandar Udara Trunojoyo yang terletak di Jl. Raya Bandara Trunojoyo No. 01, Sumenep, Jawa Timur yang memiliki fungsi penting untuk transportasi, pariwisata, ekonomi serta perdagangan. Bandar Udara Sumenep perlu memenuhi standar keselamatan penerbangan yang sesuai dengan aturan *Annex 14, ICAO (Indonesian Civil Aviation Organization)* dan KP 326 Tahun 2019. Demi terciptanya keamanan dan keselamatan penerbangan yang optimal, salah satu hal yang perlu dipenuhi adalah dengan adanya *Runway End Safety Area (RESA)* yang sesuai dengan aspek kelayakan operasional. Perencanaan ini memperhatikan penilaian kelayakan operasional seperti dimensi, kemiringan dan keadaan permukaan *RESA*. Untuk membentuk kemiringan *RESA* yang sesuai dengan peraturan yang ada, perlu menggunakan pekerjaan *cut and fill* dengan metode manual dan menggunakan *software* bernama PCLP yang didukung dengan aplikasi Microsoft Excel dan AutoCAD. Pada perencanaan *RESA threshold 30* di Bandar Udara Trunojoyo ini akan direncanakan dengan ukuran 90 x 60 meter. Serta kemiringan yang telah sesuai dengan peraturan dan memenuhi kelayakan operasional, yakni kemiringan melintang dengan persentase sebesar 2,5% dan persentase kemiringan memanjang sebesar 0,8%. Pada pekerjaan *cut and fill*, mampu didapatkan volume galian sebesar 11.077,0502 m<sup>3</sup> dengan rencana anggaran biaya sebesar Rp 1.253.562.000  
**Kata Kunci:** Bandar Udara, *Runway End Safety Area*, Keselamatan Penerbangan, Regulasi, Kemiringan.

### Abstract

*Trunojoyo Airport which is located on Jl. Raya Trunojoyo Airport No. 01, Sumenep, East Java which has important functions for transportation, tourism, economy and trade. Sumenep Airport needs to meet aviation safety standards in accordance with the rules of Annex 14, ICAO (Indonesian Civil Aviation Organization) and KP 326 of 2019. In order to create optimal flight security and safety, one of the things that needs to be fulfilled is the existence of a Runway End Safety Area (RESA) that is in accordance with aspects of operational feasibility. This plan takes into account operational feasibility assessments such as dimensions, slope and surface condition of the RESA. To form a RESA slope in accordance with existing regulations, it is necessary to use cut and fill work with the manual method and use software called PCLP which is supported by Microsoft Excel and AutoCAD applications. In planning the RESA threshold 30 at Trunojoyo Airport, it will be planned with a size of 90 x 60 meters. As well as the slope that is in accordance with regulations and meets operational feasibility, namely the transverse slope with a percentage of 2.5% and the percentage of longitudinal slope of 0.8%. In the cut and fill work, it is possible to obtain an excavation volume of 11,077,0502 m<sup>3</sup> with a planned budget of Rp 1,253,562,000  
**Keywords:** Airport, *Runway End Safety Area*, Aviation Safety, Regulation, Slope.*

## PENDAHULUAN

Menurut Annex 14, ICAO (International Civil Aviation Organization) bandar udara adalah area tertentu di daratan atau perairan (termasuk bangunan, instalasi dan peralatan) yang diperuntukkan baik secara keseluruhan atau sebagian untuk kedatangan, keberangkatan dan pergerakan pesawat. Peran bandar udara yang penting sebagai pintu gerbang untuk transportasi serta penunjang dibidang pariwisata, ekonomi maupun perdagangan membuat banyaknya pembangunan bandar udara di Indonesia. Namun beberapa bandar udara di Indonesia belum memiliki fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan yang lengkap.

Di dalam dunia penerbangan, Indonesia menjadi negara yang memiliki catatan kecelakaan yang cukup tinggi di dunia, didukung dengan adanya data investigasi kecelakaan penerbangan yang dirilis oleh KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) pada tahun 2016 menyatakan bahwa selama kurun waktu 10 tahun (2007-2016) di Indonesia terdapat insiden runway excursion sebanyak 105 kali dari total 280 kejadian dan insiden ini cenderung mengalami peningkatan setiap tahun nya.

Runway excursion menurut ICAO merupakan suatu kondisi dimana pesawat tergelincir atau keluar landas pacu pada saat lepas landas atau mendarat baik disengaja oleh pilot untuk menghindari objek atau benda dilandas pacu ataupun tidak disengaja yang dapat berakibat pada kehilangan jiwa atau kerusakan pesawat terbang . Sedangkan Federal Aviation Administration (FAA) mengartikan *runway excursion* merupakan insiden pesawat yang mengalami kejadian keluar dari landasan baik di akhir ujung landas pacu (*over run*) maupun di sisi kanan ataupun kiri landas pacu (*veer off*), yang

diakibatkan oleh kesalahan pilot, cuaca yang buruk atau kerusakan pada pesawat.

Selain *over run* dan *veer off*, *overshoot* pun menjadi salah satu penyebab terbesar kecelakaan penerbangan di Indonesia. Maka dari itu perlu adanya fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan yang mumpuni untuk mengatasinya yakni adanya *Runway End Safety Area (RESA)*.

*Runway End Safety Area (RESA)* adalah suatu daerah simetris yang merupakan perpanjangan dari garis tengah landas pacu dan membatasi bagian ujung runway strip. RESA dinilai sangat penting untuk disediakan pada setiap bandar udara guna memenuhi standar keselamatan dan keamanan penerbangan karena memiliki tujuan untuk mengurangi risiko kerusakan pesawat saat mengalami overshoot maupun overrun dan memfasilitasi pergerakan kendaraan penyelamatan dan pemadam kebakaran.

Salah satu bandar udara yang belum memiliki fasilitas keselamatan dan keamanan yang mumpuni, yakni Bandar Udara Trunojoyo, bandar udara yang terletak di Kabupaten Sumenep dan merupakan Unit Penyelenggara Bandar Udara Kelas III yang kini dibawah naungan Direktorat Jendral Perhubungan Udara Kementerian Perhubungan. Berdasarkan data umum bandar udara Trunojoyo, kini Bandar Udara Trunojoyo memiliki runway sepanjang 1600 meter dan lebar 30 meter dengan runway designation 15-30 yang mampu melayani pesawat kritis jenis ATR 72-600.

Fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan yang belum mumpuni di Bandar Udara Trunojoyo adalah *Runway End Safety Area* yang tidak memenuhi kelayakan operasional sesuai dengan peraturan

penerbangan. Ketidak layakan operasional yang ada pada *RESA* Bandar Udara Trunojoyo Sumenep sangat disayangkan karena fasilitas keselamatan ini termasuk dalam fasilitas yang direkomendasikan mengingat tingginya angka kecelakaan yang dikarenakan runway excursion maupun overshoot.

Aspek yang diperhatikan dalam penilaian kelayakan operasional *Runway End Safety Area* meliputi panjang dan lebar (dimension), kemiringan memanjang (longitudinal slope), kemiringan melintang (transverse slope), dan jenis permukaan (surface type). Semua aspek tersebut memiliki persyaratan tersendiri sesuai dengan apa yang terdapat didalam KP 326 Tahun 2019 Tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 dan Annex 14, ICAO (International Civil Aviation Organization).

Setelah diuraikan pada latar belakang di atas mengenai kondisi yang ada di Bandar Udara Trunojoyo Sumenep, terdapat beberapa masalah yang perlu untuk diselesaikan, adapun rumusan masalah yang didapat yakni :

- a) Bagaimana persyaratan *RESA* yang sesuai dengan Bandar Udara Trunojoyo Sumenep?
- b) Bagaimana tahapan perencanaan pembuatan *RESA* di Bandar Udara Trunojoyo Sumenep?
- c) Bagaimana rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan pembuatan *RESA* di Bandar Udara Trunojoyo Sumenep?

Penulisan Perencanaan Pembuatan *Runway End Safety Area* di *Threshold 30* Bandar Udara Trunojoyo Sumenep ini memiliki tujuan yakni sebagai berikut :

- a) Mampu mengetahui pentingnya keberadaan *RESA* sebagai fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan.
- b) Mampu mengetahui tahapan perencanaan pembuatan *RESA*.
- c) Dapat mengetahui rencana anggaran biaya untuk perencanaan pembuatan *RESA*.
- d) Dapat menjadi masukan untuk bandara agar mampu segera memenuhi fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan dengan menyediakan *RESA*.

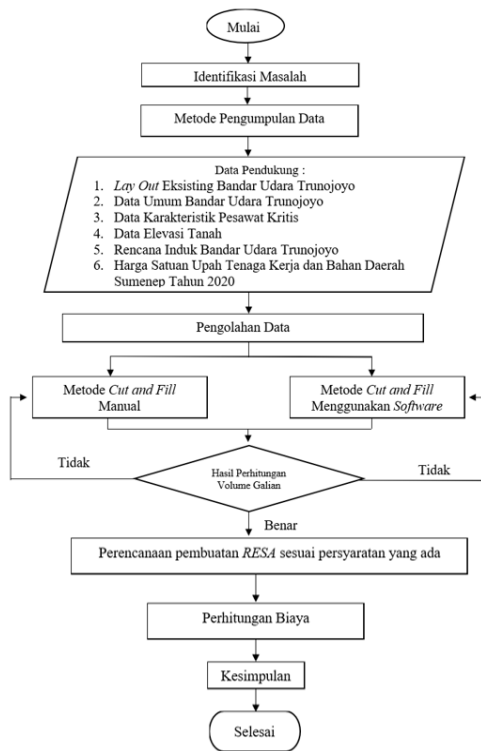
## **METODE**

Pengumpulan data yang digunakan menggunakan teknik sebagai berikut :

- a) Observasi langsung ke lokasi dan mengumpulkan data sekunder seperti lay out eksisting, data elevasi tanah, rencana induk dan data umum bandar udara.
- b) Melakukan studi kepustakaan dengan menggunakan sumber kepustakaan dan data lain yang berhubungan dengan permasalahan yang ditulis sebagai landasan teori dalam penulisan.

Di Bandar Udara Trunojoyo Sumenep, lahan untuk fasilitas *RESA* sudah tersedia namun masih belum dapat memenuhi kelayakan operasional yang sesuai dengan ICAO Annex 14 dan KP 326 Tahun 2019, beberapa aspek seperti dimensi *RESA* yang dibutuhkan, keadaan permukaan yang tidak rata, kemiringan permukaan tidak sesuai dan kondisi lapangan yang masih banyak terdapat ilalang merupakan hal yang perlu disesuaikan dengan persyaratan yang ada. Lahan yang tersedia untuk *RESA* juga masih terkendala dengan adanya pagar eksisting yang belum dibongkar tentunya hal itu mampu menghalangi adanya fasilitas *RESA* yang memenuhi syarat. Langkah-langkah yang

digunakan pada penelitian ini ditampilkan dalam flow chart berikut :



Gambar 1 Bagan Alur Perencanaan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Runway End Safety Area (RESA) Rencana

a. Analisa Kode Referensi Bandar Udara  
 Kode Referensi Bandar Udara menyediakan metode sederhana dalam menghubungkan berbagai spesifikasi mengenai karakteristik bandar udara sehingga menyediakan serangkaian fasilitas bandar udara yang cocok untuk pesawat udara yang beroperasi di bandar udara tersebut. Kode ini tidak dimaksudkan untuk digunakan dalam menentukan panjang runway atau persyaratan kekuatan perkerasan.

Kode ini terdiri dari dua elemen yang terkait dengan karakteristik dan dimensi kinerja pesawat udara. Elemen 1 adalah angka berdasarkan panjang runway untuk digunakan pesawat udara dan elemen 2

adalah kode huruf berdasarkan lebar sayap pesawat udara. Kode huruf atau angka di dalam elemen yang dipilih untuk tujuan desain terkait dengan karakteristik pesawat udara kritis untuk fasilitas yang disediakan. Bandar Udara Trunojoyo, Sumenep memiliki runway berdimensi 1600 x 30 meter dengan jenis runway instrument non-precision dan memiliki pesawat kritis yakni pesawat ATR 72-600. Berikut data karakteristik mengenai pesawat ATR 72-600 :

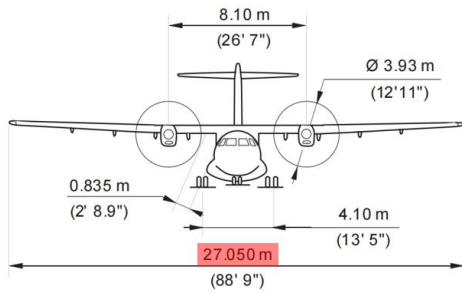
Tabel 1 ARFL ATR 72-600

JENIS PESAWAT	REF CODE	KARAKTERISTIK PESAWAT UDARA					TP (Kpa)
		ARFL (m)	Lebar sayap (m)	OMGWS (m)	Panjang (m)	MTOW (kg)	
Airbus A320	3C	2090	34.1		37.6	73500	1140
Airbus A319	3C	1520	34.1		33.8	64000	1070
CESSNA CAR-206	1A	274	10.9	2.6	8.6	1639	
DASH 6	1B	695	19.8	4.1	15.8	5670	220
CN-235-300	1C	1200	25.81	7.0	21.4	16500	
DASH 7	1C	910	28.3	7.8	24.6	19505	626
C 208	1A	274	10.9	2.6	8.6	1639	
CASSA 212-300	2B	866	20.3	3.6	16.1	8100	
Dornier 328-100	2B	1090	20.1		21.3	13.988	
Dornier 328-300	2B	1088	21		21.3	13.988	
ATR 42-500	2C	1160	24.6	4.10	22.7	18600	790
DASH 8 (300)	2C	1100	27.4	8.5	25.7	18642	805
MA 60	2C	1100	29.2		24.71	21800	
Challenger 605	3B	1780	19.61		20.85	21900	
Snort 330-200	3B	1310	22.76		17.69	10387	
ATR 72-500	3C	1220	27.0	4.10	27.2	22500	
ATR 72-600	3C	1290	27.05	4.10	27.16	22800	

Tabel 2 Code Element 1

Code Element 1	
Code number	Aeroplane reference field length
1	Kurang dari 800 m
2	800 m dan lebih tapi tidak sampai 1.200 m
3	1200 m dan lebih tapi tidak sampai 1.800 m
4	1.800 m dan lebih

Code Element 1 adalah angka berdasarkan panjang runway untuk digunakan pesawat udara. Berdasarkan dari data di Gambar 2 dapat dilihat bahwa ARFL (aeroplane reference field length) dari pesawat ATR 72-600 adalah 1290 meter, yang dimana ukuran tersebut termasuk dalam kategori code number 3.



Gambar 2 Bentang Sayap ATR 72-600

Code element 2 adalah kode huruf berdasarkan lebar sayap pesawat udara. Berdasarkan dari data di Gambar 2 dapat dilihat bahwa bentang sayap dari pesawat ATR 72-600 adalah 27,05 meter yang dimana ukuran tersebut masuk dalam code letter C.

Tabel 3 Code Element 2

Code letter	Code Element 2 Bentang sayap
A	Hingga tapi tidak sampai 15 m
B	15 m dan lebih tapi tidak sampai 24 m
C	24 m dan lebih tapi tidak sampai 36 m
D	36 m dan lebih tapi tidak sampai 52 m
E	52 m dan lebih tapi tidak sampai 65 m
F	65 m dan lebih tapi tidak sampai 80 m

Berdasarkan karakteristik pesawat kritis yang dimiliki Bandar Udara Trunojoyo Sumenep yaitu ATR 72-600, dapat disimpulkan bahwa kode referensi bandar udara Trunojoyo, Sumenep adalah 3C.

b. Analisa Dimensi *RESA* Rencana di Bandar Udara Trunojoyo Sumenep

Bandar Udara Trunojoyo Sumenep yang memiliki runway berukuran 1600 meter x 30 meter dan pesawat kritis ATR 72-600 dengan kode referensi 3C, dapat dianalisa ukuran dimensi *RESA* dari peraturan KP 326 Tahun 2019 yang tercatat sebagai berikut :

1. Panjang *RESA* harus memanjang dari bagian akhir runway strip sampai dengan jarak sekurang-kurangnya 90 meter ketika:
  - a. bernomor kode 1 atau 2 untuk instrument runway; dan
  - b. bernomor kode 3 atau 4.

2. Lebar *Runway End Safety Area (RESA)* harus sekurang-kurangnya dua kali lebar runway. Maka, dapat disimpulkan bahwa ukuran dimensi *RESA* yang sesuai dengan Bandar Udara Trunojoyo Sumenep adalah berukuran 90 meter x 60 meter.

c. Analisa Kemiringan *RESA* Rencana di Bandar Udara Trunojoyo  
 - Kemiringan Memanjang (Long Section)

Pada perencanaan kemiringan memanjang *RESA* Bandar Udara Trunojoyo akan ditentukan sebesar 0,80%, dengan menyesuaikan peraturan KP 326 Tahun 2019 yang menyatakan “Kemiringan memanjang *RESA* tidak melebihi kemiringan menurun sebesar 5 persen”.

Untuk persentase kemiringan memanjang sebesar 0,80% akan dihitung pada STA +20.000 (sebagai titik tengah dari potongan melintang), dan berdasarkan persentase kemiringan yang telah ditentukan maka mampu didapatkan total beda elevasi tanah sebesar 0,72 m dari perhitungan berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Beda elevasi tanah (m)} &= \text{Persentase slope (\%)} \times \text{Luas Area (m)} \\
 &= 0,8 \% \times 90 \text{ m (Panjang RESA)} \\
 &= 0,72 \text{ meter}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

- Kemiringan Melintang (Cross Section)

Perencanaan kemiringan melintang *RESA* Bandar Udara Trunojoyo, Sumenep akan ditentukan sebesar 2,5% , hal itu ditentukan dengan menyesuaikan peraturan KP 326 Tahun 2019 yang menyatakan “Kemiringan melintang *RESA*, baik kemiringan menurun atau menaik tidak lebih dari 5 persen” .

Dengan kemiringan melintang sebesar 2,5% akan dihitung pada (STA +20.120 – STA +20.210) dan berdasarkan persentase tersebut mampu didapatkan total beda elevasi tanah sebesar 0,75 m dari perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Beda elevasi tanah (m)} &= \text{Persentase slope (\%)} \times \text{Luas Area (m)} \\
 &= 2,5 \% \times 30 \text{ m} \\
 &= 0,75 \text{ meter}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

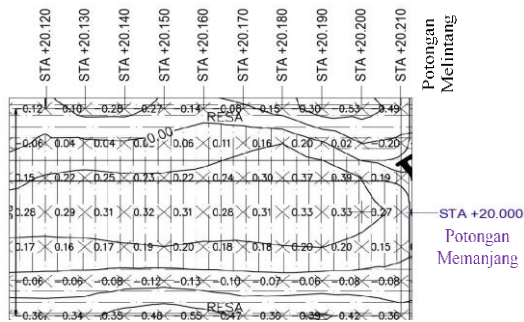


$$= 2,5\% \times 30 \text{ m ( } \frac{1}{2} \text{ lebar RESA)}$$

$$= 0,75 \text{ meter}$$

Berikut merupakan penentuan STA pada data elevasi di area *RESA Threshold 30* :

Gambar 3 Data Elevasi RESA Threshold 30



### Tahapan Cut and Fill Manual

Permukaan tanah yang naik turun membuat kemiringan tanah *RESA* di threshold 30 tidak memenuhi kelayakan operasional yang dibutuhkan, maka dari itu memerlukan galian/timbunan untuk membuat kemiringan yang sempurna untuk *RESA* threshold 30 di Bandar Udara Trunojoyo. Dengan menggunakan metode cut and fill secara manual dan menggunakan aplikasi software seperti PCLP (Plan, Cross Section, Longitudinal Profile Program), AutoCAD dan excel.

Untuk melakukan perhitungan volume galian/timbunan tanah, membutuhkan data elevasi tanah dari lahan eksisting *RESA* threshold 30 seperti yang ada di Lampiran C. Dan data yang akan ditampilkan pada pembahasan berikut akan menggunakan satuan meter dan mdpl (meter di atas permukaan laut). Titik nol dari Bandar Udara Trunojoyo terletak pada threshold 30 yang memiliki elevasi 3,048 mdpl.

#### a. Tahapan Cara Cut and Fill Manual

Berdasarkan data elevasi tanah yang didapatkan dari arsip Bandar Udara Trunojoyo, bisa dilihat bahwa jarak antar titik elevasi tanah adalah sebesar 10 meter. Untuk

menentukan elevasi rencana pada potongan melintang dan memanjang, perlu mengetahui beda elevasi tanah antar titik elevasi akibat persentase kemiringan.

#### 1. Penentuan elevasi rencana

##### -Potongan Memanjang (Long Section)

Pada potongan memanjang *RESA* di STA +20.000 yang berukuran 90 meter terdapat 10 titik elevasi tanah yang berjarak 10 meter antar titik elevasinya, didapatkan beda elevasi tanah dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Beda elevasi tanah (m)} = \text{Persentase slope (\%)} \times \text{Luas Area (m)}$$

$$= 0,8\% \times 10 \text{ m}$$

$$= 0,08 \text{ meter}$$

Berdasarkan dari perhitungan diatas maka dari tiap titik elevasi tanah *RESA* di potongan memanjang mengalami penambahan beda elevasi tanah secara kumulatif sebesar 0,08 meter seperti yang tertera pada Tabel 4. Hasil perhitungan elevasi rencana dari potongan memanjang ini guna menjadi titik tengah dari potongan melintang.

Tabel 4 Penentuan Elevasi Rencana Potongan Memanjang

POTONGAN MEMANJANG (LONG SECTION)					
STA +20.000					
titik elevasi	jarak (m)	elevasi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	elevasi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)
1	10,000	0,28	3,328	-1,05	1,998
2	10,000	0,29	3,338	-1,13	1,918
3	10,000	0,31	3,358	-1,21	1,838
4	10,000	0,32	3,368	-1,29	1,758
5	10,000	0,31	3,358	-1,37	1,678
6	10,000	0,28	3,328	-1,45	1,598
7	10,000	0,31	3,358	-1,53	1,518
8	10,000	0,33	3,378	-1,61	1,438
9	10,000	0,33	3,378	-1,69	1,358
10	10,000	0,27	3,318	-1,77	1,278

##### -Potongan Melintang (Cross Section)

Dalam potongan melintang *RESA* yang berukuran 60 meter terdapat 10 STA (STA +20.120 – STA +20.210), yang dimana pada 1 STA memiliki 7 titik elevasi tanah yang berjarak 10 meter, didapatkan beda elevasi tanah dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Beda elevasi tanah (m)} = \text{Persentase slope (\%)} \times \text{Luas Area (m)}$$

$$= 2,5\% \times 10 \text{ m}$$

= 0,25 meter

Maka pada potongan melintang, antar titik elevasi tanah pada satu STA RESA akan mengalami penambahan beda elevasi tanah secara kumulatif sebesar 0,25 meter, dengan titik elevasi ke 4 yang merupakan titik tengah dari potongan melintang menggunakan hasil dari perhitungan elevasi rencana di potongan memanjang seperti yang tertera pada Tabel 5.

Tabel 5 Penentuan Elevasi Rencana Potongan Melintang

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)					
STA +20.120					
titik elevasi	jarak (m)	elevasi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	elevasi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)
1	10,000	-0,12	2,928	-1,8	1,248
2	10,000	-0,06	2,988	-1,55	1,498
3	10,000	0,15	3,198	-1,3	1,748
4	10,000	0,28	3,328	-1,05	1,998
5	10,000	0,17	3,218	-1,3	1,748
6	10,000	-0,06	2,988	-1,55	1,498
7	10,000	-0,36	2,688	-1,8	1,248

2. Mendapatkan tinggi galian dan timbunan dari tiap titik elevasi

Berikut pada Tabel 6 merupakan salah satu data dari STA +20.120 di Potongan Melintang.

Tabel 6 Data Pada Potongan Melintang di STA +20.120

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)					
STA +20.120					
titik elevasi	jarak (m)	elevasi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	elevasi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)
1	10,000	-0,12	2,928	-1,8	1,248
2	10,000	-0,06	2,988	-1,55	1,498
3	10,000	0,15	3,198	-1,3	1,748
4	10,000	0,28	3,328	-1,05	1,998
5	10,000	0,17	3,218	-1,3	1,748
6	10,000	-0,06	2,988	-1,55	1,498
7	10,000	-0,36	2,688	-1,8	1,248

Tinggi galian didapatkan dari pengurangan manual antara elevasi eksisting dan elevasi rencana dari tiap titik elevasi seperti contoh perhitungan berikut:

-Pada STA +20.120 (Potongan Melintang) di titik elevasi ke 1

Tinggi galian = elevasi eksisting – elevasi rencana

$$= (-0,12 \text{ m}) - (-1,8 \text{ m}) = 1,680 \text{ m}$$

-Pada STA +20.120 (Potongan Melintang) di titik elevasi ke 2

Tinggi galian = elevasi eksisting – elevasi rencana

$$= (-0,06 \text{ m}) - (-1,55 \text{ m}) = 1,490 \text{ m}$$

-Pada STA +20.120 (Potongan Melintang) di titik elevasi ke 3

Tinggi galian = elevasi eksisting – elevasi rencana

$$= (0,15 \text{ m}) - (-1,3 \text{ m}) = 1,450 \text{ m}$$

-Pada STA +20.120 (Potongan Melintang) di titik elevasi ke 4

Tinggi galian = elevasi eksisting – elevasi rencana

$$= (0,28 \text{ m}) - (-1,05 \text{ m}) = 1,330 \text{ m}$$

-Pada STA +20.120 (Potongan Melintang) di titik elevasi ke 5

Tinggi galian = elevasi eksisting – elevasi rencana

$$= (0,17 \text{ m}) - (-1,3 \text{ m}) = 1,470 \text{ m}$$

-Pada STA +20.120 (Potongan Melintang) di titik elevasi ke 6

Tinggi galian = elevasi eksisting – elevasi rencana

$$= (-0,06 \text{ m}) - (-1,55 \text{ m}) = 1,490 \text{ m}$$

-Pada STA +20.120 (Potongan Melintang) di titik elevasi ke 7

Tinggi galian = elevasi eksisting – elevasi rencana

$$= (-0,36 \text{ m}) - (-1,8 \text{ m}) = 1,440 \text{ m}$$

Lalu input hasil tinggi galian dari tiap titik elevasi seperti Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Tinggi Galian Metode Manual

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)						
STA +20.120						
titik elevasi	jarak (m)	elevasi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	elevasi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)
1	10,000	-0,12	2,928	-1,8	1,248	1,680
2	10,000	-0,06	2,988	-1,55	1,498	1,490
3	10,000	0,15	3,198	-1,3	1,748	1,450
4	10,000	0,28	3,328	-1,05	1,998	1,330
5	10,000	0,17	3,218	-1,3	1,748	1,470
6	10,000	-0,06	2,988	-1,55	1,498	1,490
7	10,000	-0,36	2,688	-1,8	1,248	1,440

3. Perhitungan Luas Penampang  
Setelah data selesai ditinjau, mampu disimpulkan bahwa pada pekerjaan ini membutuhkan galian tanah (cut) dan tidak memerlukan penimbunan tanah (fill). Selanjutnya perlu dilanjutkan ke perhitungan luas penampang dengan metode trapezoidal seperti berikut:

$$A1 = ((h1+h2))/2 \times L$$

Keterangan :

$$A1 = \text{Luas Penampang}$$

$h$  = Tinggi Galian / Timbunan  
 $L$  = Jarak Antar Titik Elevasi  
 Data pada Tabel 8 adalah data potongan melintang pada STA +20.120.

Tabel 8 Potongan Melintang di STA +20.120

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)						
STA +20.120						
titik elevasi	jarak (m)	elevasi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	elevasi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)
1	10,000	-0,12	2,928	-1,8	1,248	1,680
2	10,000	-0,06	2,988	-1,55	1,498	1,490
3	10,000	0,15	3,198	-1,3	1,748	1,450
4	10,000	0,28	3,328	-1,05	1,998	1,330
5	10,000	0,17	3,218	-1,3	1,748	1,470
6	10,000	-0,06	2,988	-1,55	1,498	1,490
7	10,000	-0,36	2,688	-1,8	1,248	1,440

Berikut merupakan contoh perhitungan luas penampang pada potongan melintang di STA +20.120.

$$\begin{aligned} \text{Luas A1} &= ((h_1+h_2)/2) \cdot L \\ &= ((1,68+1,49)/2) \cdot 10 \\ &= (15,85) \cdot 10 = 15,85 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas A2} &= ((h_2+h_3)/2) \cdot L \\ &= ((1,49+1,45)/2) \cdot 10 \\ &= (1,47) \cdot 10 = 14,7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas A3} &= ((h_3+h_4)/2) \cdot L \\ &= ((1,45+1,33)/2) \cdot 10 \\ &= (1,39) \cdot 10 = 13,9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas A4} &= ((h_4+h_5)/2) \cdot L \\ &= ((1,33+1,47)/2) \cdot 10 \\ &= (1,4) \cdot 10 = 14 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas A5} &= ((h_5+h_6)/2) \cdot L \\ &= ((1,47+1,49)/2) \cdot 10 \\ &= (1,48) \cdot 10 = 14,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas A6} &= ((h_6+h_7)/2) \cdot L \\ &= ((1,49+1,44)/2) \cdot 10 \\ &= (1,465) \cdot 10 = 14,65 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan contoh perhitungan di atas maka didapatkan hasil total luas penampang di STA +20.120 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Luas Penampang di STA+20.120 (Potongan Melintang)} \\ &= 15,85 + 14,7 + 13,9 + 14 + 14,8 + 14,65 \\ &= 87,9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Lalu input hasil luas penampang tiap titik elevasi seperti Tabel 9

Tabel 9 Luas Penampang di Potongan Melintang

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA +20.120							
titik elevasi	jarak (m)	elevasi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	elevasi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,12	2,928	-1,8	1,248	1,680	15,850
2	10,000	-0,06	2,988	-1,55	1,498	1,490	14,700
3	10,000	0,15	3,198	-1,3	1,748	1,450	13,900
4	10,000	0,28	3,328	-1,05	1,998	1,330	14,000
5	10,000	0,17	3,218	-1,3	1,748	1,470	14,800
6	10,000	-0,06	2,988	-1,55	1,498	1,490	14,650
7	10,000	-0,36	2,688	-1,8	1,248	1,440	14,400

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA +20.140							
titik elevasi	jarak (m)	elevasi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	elevasi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,1	2,948	-1,88	1,168	1,780	17,250
2	10,000	0,04	3,088	-1,63	1,418	1,670	16,350
3	10,000	0,23	3,268	-1,38	1,668	1,600	15,100
4	10,000	0,29	3,338	-1,13	1,918	1,520	14,800
5	10,000	0,16	3,208	-1,38	1,668	1,540	15,550
6	10,000	-0,06	2,988	-1,63	1,418	1,570	15,550
7	10,000	-0,34	2,708	-1,88	1,168	1,540	14,400

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA 20.140							
titik elevasi	jarak (m)	tinggi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	tinggi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,28	2,768	-1,96	1,088	1,680	17,150
2	10,000	0,04	3,088	-1,71	1,338	1,750	17,300
3	10,000	0,25	3,298	-1,46	1,588	1,710	16,150
4	10,000	0,31	3,368	-1,21	1,838	1,620	15,750
5	10,000	0,17	3,218	-1,46	1,588	1,630	16,300
6	10,000	-0,080	2,968	-1,71	1,338	1,630	16,200
7	10,000	-0,350	2,698	-1,96	1,088	1,610	16,100

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA 20.150							
titik elevasi	jarak (m)	tinggi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	tinggi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,27	2,778	-2,04	1,008	1,770	17,900
2	10,000	0,02	3,068	-1,79	1,258	1,810	17,900
3	10,000	0,23	3,278	-1,54	1,508	1,770	16,900
4	10,000	0,32	3,368	-1,29	1,758	1,610	16,700
5	10,000	0,19	3,238	-1,54	1,508	1,770	17,000
6	10,000	-0,12	2,828	-1,79	1,258	1,670	16,150
7	10,000	-0,480	2,568	-2,04	1,008	1,560	15,600

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA 20.160							
titik elevasi	jarak (m)	tinggi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	tinggi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,14	2,908	-2,12	0,928	1,880	19,5
2	10,000	0,06	3,108	-1,87	1,178	1,930	18,8
3	10,000	0,22	3,268	-1,62	1,428	1,840	17,6
4	10,000	0,31	3,358	-1,37	1,678	1,690	17,5
5	10,000	0,2	3,248	-1,62	1,428	1,820	17,8
6	10,000	-0,130	2,918	-1,87	1,178	1,740	16,5
7	10,000	-0,550	2,498	-2,12	0,928	1,570	15,70

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA 20.170							
titik elevasi	jarak (m)	tinggi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	tinggi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,08	2,968	-2,2	0,848	2,120	20,9
2	10,000	0,11	3,158	-1,95	1,098	2,060	20,0
3	10,000	0,24	3,288	-1,7	1,348	1,940	18,3
4	10,000	0,28	3,328	-1,45	1,598	1,730	18,0
5	10,000	0,18	3,228	-1,7	1,348	1,880	18,6
6	10,000	-0,100	2,948	-1,95	1,098	1,850	17,9
7	10,000	-0,470	2,578	-2,2	0,848	1,730	17,30

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA 20.180							
titik elevasi	jarak (m)	tinggi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	tinggi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,15	2,898	-2,28	0,768	2,130	21,6
2	10,000	0,16	3,208	-2,03	1,018	2,190	21,3
3	10,000	0,3	3,348	-1,78	1,268	2,080	19,6
4	10,000	0,31	3,358	-1,53	1,518	1,840	19,0
5	10,000	0,18	3,228	-1,78	1,268	1,960	19,6
6	10,000	-0,070	2,978	-2,03	1,018	1,960	19,4
7	10,000	-0,360	2,688	-2,28	0,768	1,920	19,20

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA 20.160							
titik elevasi	jarak (m)	tinggi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	tinggi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,14	2,908	-2,12	0,928	1,880	19,5
2	10,000	0,06	3,108	-1,87	1,178	1,930	18,8
3	10,000	0,22	3,268	-1,62	1,428	1,840	17,6
4	10,000	0,31	3,358	-1,37	1,678	1,690	17,5
5	10,000	0,2	3,248	-1,62	1,428	1,820	17,8
6	10,000	-0,130	2,918	-1,87	1,178	1,740	16,5
7	10,000	-0,550	2,498	-2,12	0,928	1,570	15,70

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA 20.170							
titik elevasi	jarak (m)	tinggi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	tinggi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,08	2,968	-2,2	0,848	2,120	20,9
2	10,000	0,11	3,158	-1,95	1,098	2,060	20,0
3	10,000	0,24	3,288	-1,7	1,348	1,940	18,3
4	10,000	0,28	3,328	-1,45	1,598	1,730	18,0
5	10,000	0,18	3,228	-1,7	1,348	1,880	18,6
6	10,000	-0,100	2,948	-1,95	1,098	1,850	17,9
7	10,000	-0,470	2,578	-2,2	0,848	1,730	17,30

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA 20.180							
titik elevasi	jarak (m)	tinggi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	tinggi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,15	2,898	-2,28	0,768	2,130	21,6
2	10,000	0,16	3,208	-2,03	1,018	2,190	21,3
3	10,000	0,3	3,348	-1,78	1,268	2,080	19,6
4	10,000	0,31	3,358	-1,53	1,518	1,840	19,0
5	10,000	0,18	3,228	-1,78	1,268	1,960	19,6
6	10,000	-0,070	2,978	-2,03	1,018	1,960	19,4
7	10,000	-0,360	2,688	-2,28	0,768	1,920	19,20

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA 20.190							
titik elevasi	jarak (m)	tinggi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	tinggi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,23	2,838	-2,36	0,688	2,060	21,8
2	10,000	0,2	3,248	-2,11	0,938	2,310	22,7
3	10,000	0,37	3,418	-1,86	1,188	2,230	20,8
4	10,000	0,33	3,378	-1,61	1,438	1,940	20,0
5	10,000	0,2	3,248	-1,86	1,188	2,060	20,5
6	10,000	-0,06	2,968	-2,11	0,938	2,050	20,1
7	10,000	-0,39	2,658	-2,36	0,688	1,970	19,70

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA 20.200							
titik elevasi	jarak (m)	tinggi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	tinggi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,33	2,818	-2,44	0,608	1,910	20,6
2	10,000	0,02	3,068	-2,19	0,858	2,210	22,7
3	10,000	0,39	3,438	-1,94	1,108	2,330	21,7
4	10,000	0,31	3,378	-1,69	1,358	2,040	20,8
5	10,000	0,2	3,248	-1,94	1,108	2,140	21,2
6	10,000	-0,080	2,968	-2,19	0,858	2,210	20,6
7	10,000	-0,420	2,628	-2,44	0,608	2,020	20,20

POTONGAN MELINTANG (CROSS SECTION)							
STA 20.210							
titik elevasi	jarak (m)	tinggi eksisting (m)	elevasi eksisting (mdpl)	tinggi rencana (m)	elevasi rencana (mdpl)	tinggi galian metode manual (m)	luas penampang (m <sup>2</sup> )
1	10,000	-0,49	2,558	-2,52	0,528	2,030	20,5

Untuk keseluruhan total luas penampang pada tiap STA di potongan melintang dapat dilihat pada Tabel 10.



Tabel 10 Total Luas Penampang di Potongan Melintang

STA Potongan Melintang	total luas penampang metode manual (m <sup>2</sup> )
STA +20.120	87,900
STA +20.130	94,600
STA +20.140	98,850
STA +20.150	102,550
STA +20.160	107,850
STA +20.170	113,850
STA +20.180	120,550
STA +20.190	126,050
STA +20.200	127,750
STA +20.210	127,750

4. Perhitungan volume tanah manual  
 Volume tanah didapatkan dengan melakukan perhitungan total luas penampang tiap STA pada potongan melintang terdapat pada Tabel 11 dikalikan dengan jarak antar penampang seperti contoh perhitungan berikut ini :

Mengacu data pada Tabel 11 di potongan melintang, maka

- Pada STA +20.120 :  
 $Volume = 87,90 \text{ m}^2 \times 10 \text{ meter} = 879 \text{ m}^3$
- Pada STA +20.130 :  
 $Volume = 94,6 \text{ m}^2 \times 10 \text{ meter} = 946 \text{ m}^3$
- Pada STA +20.140 :  
 $Volume = 98,85 \text{ m}^2 \times 10 \text{ meter} = 988,5 \text{ m}^3$
- Pada STA +20.150 :  
 $Volume = 102,550 \text{ m}^2 \times 10 \text{ meter} = 1025,5 \text{ m}^3$
- Pada STA +20.160 :  
 $Volume = 107,850 \text{ m}^2 \times 10 \text{ meter} = 1078,5 \text{ m}^3$
- Pada STA +20.170 :  
 $Volume = 113,85 \text{ m}^2 \times 10 \text{ meter} = 1138,5 \text{ m}^3$
- Pada STA +20.180 :  
 $Volume = 120,550 \text{ m}^2 \times 10 \text{ meter} = 1205,5 \text{ m}^3$
- Pada STA +20.190 :  
 $Volume = 126,05 \text{ m}^2 \times 10 \text{ meter} = 1260,5 \text{ m}^3$

- Pada STA +20.200 :  
 $Volume = 127,750 \text{ m}^2 \times 10 \text{ meter} = 1277,5 \text{ m}^3$
- Pada STA +20.210 :  
 $Volume = 127,750 \text{ m}^2 \times 10 \text{ meter} = 1277,5 \text{ m}^3$

Untuk total volume pada tiap STA di potongan melintang terdapat pada Tabel 11

Tabel 11 Volume Galian Metode Manual

Potongan Melintang (Cross Section)	
STA Potongan Melintang	volume galian metode manual (m <sup>3</sup> )
STA +20.120	879,0000
STA +20.130	946,0000
STA +20.140	988,5000
STA +20.150	1025,5000
STA +20.160	1078,5000
STA +20.170	1138,5000
STA +20.180	1205,5000
STA +20.190	1260,5000
STA +20.200	1277,5000
STA +20.210	1277,5000

$\Sigma$ Total volume galian metode manual di potongan melintang  
 $= 879 + 946 + 988,5 + 1025,5 + 1078,5 + 1138,5 + 1205,5 + 1260,5 + 1277,5 + 1277,5 \text{ (m}^3\text{)}$   
 $= 11077,0000 \text{ m}^3$   
 Jadi, total volume galian metode manual  
 $= 11077,0000 \text{ m}^3$

### Tahapan Cut and Fill Software

Untuk menghitung volume tanah menggunakan software PCLP membutuhkan aplikasi tambahan yakni microsoft excel dan AutoCAD. Yang dimana software PCLP ini akan mengeluarkan output berupa script yang dapat menggambarkan keadaan tanah berdasarkan data elevasi tanah yang telah terolah software PCLP.

#### 1). Microsoft Excel

Buka file excel “PCLP DataCross\_Section / PCLP DataLong\_Section”. Masukkan seluruh data elevasi tanah untuk *cross section* (potongan melintang) / *long section* (potongan

memanjang), lalu input kedalam sheet “Data OGL”. Pada gambar 4 merupakan format dari file excel *Cross Section*, elevasi tanah dimasukkan pada bagian ‘Y’, untuk jarak per elevasi tanah dimasukkan pada bagian ‘X’.

No.	Name	Elev. Min	X	1	2	3	4	5	6	7
1	STA +20.120	-0.360	X	-30	-20	-10	0	10	20	30
		Datum	Y	-0.12	-0.06	0.15	0.28	0.17	-0.06	-0.36
		Datum	Remark							
		-3.000	7							
2	STA +20.130	-0.340	X	-30	-20	-10	0	10	20	30
		Datum	Y	-0.1	0.04	0.22	0.29	0.16	-0.06	-0.34
		Datum	Remark							
		-3.000	7							
3	STA +20.140	-0.350	X	-30	-20	-10	0	10	20	30
		Datum	Y	-0.28	0.04	0.25	0.31	0.17	-0.080	-0.350
		Datum	Remark							
		-3.000	7							
4	STA +20.150	-0.480	X	-30	-20	-10	0	10	20	30
		Datum	Y	-0.27	0.02	0.23	0.32	0.19	-0.120	-0.480
		Datum	Remark							
		-3.000	7							
5	STA +20.160	-0.550	X	-30	-20	-10	0	10	20	30
		Datum	Y	-0.14	0.06	0.22	0.31	0.2	-0.130	-0.550
		Datum	Remark							

Gambar 4 Tampilan Excel File Cross Section

Gambar 4 merupakan format dari file excel Long Section, elevasi tanah dimasukkan pada bagian ‘O.G.L’, untuk jarak per elevasi tanah dimasukkan pada bagian ‘Distance’. Berbeda dengan file excel pada *cross section*, dalam file excel pada *long section* ini perlu menginput titik elevasi per STA. Setelah menginput data elevasi tanah tiap STA, file excel perlu disimpan (*Save*), lalu langkah selanjutnya adalah membuka software PCLP.

No. 1	Station	Distance	Dis. Cum	Y(left)	Y(Right)	River Bed	O.G.L
1	h1	10	0	-1	-1	-1	0,28
2	h2	10	10	-1	-1	-1	0,29
3	h3	10	20	-1	-1	-1	0,31
4	h4	10	30	-1	-1	-1	0,32
5	h5	10	40	-1	-1	-1	0,31
6	h6	10	50	-1	-1	-1	0,28
7	h7	10	60	-1	-1	-1	0,31
8	h8	10	70	-1	-1	-1	0,33
9	h9	10	80	-1	-1	-1	0,33
10	h10	10	90	-1	-1	-1	0,27

Gambar 5 Tampilan Excel File Long Section

## 2). Software PCLP

### a). Buka software PCLP

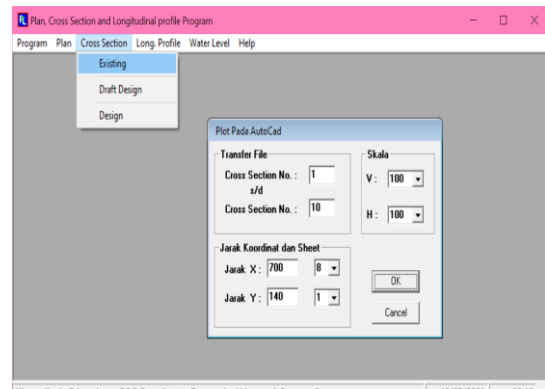
Setelah membuka software PCLP maka tampilan awal yang akan terlihat adalah seperti Gambar 6



Gambar 6 Tampilan Awal

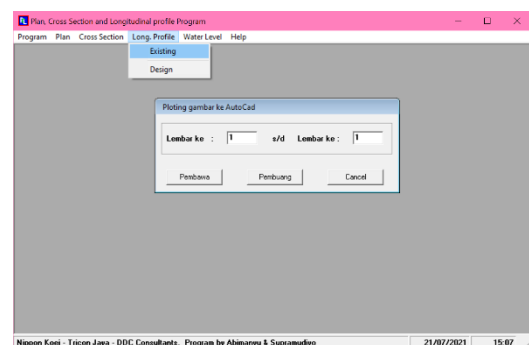
### b). Memilih menu “Cross Section” / “Long Profile”

Setelah membuka aplikasi PCLP, untuk potongan melintang pilih menu *Cross Section* – Existing - OK



Gambar 7 Tampilan PCLP Cross Section

Untuk potongan memanjang perlu memilih menu *Long Profile* - Existing – Pembawa seperti gambar 8.



Gambar 8 Tampilan PCLP Long Section

### c). Simpan file script AutoCAD

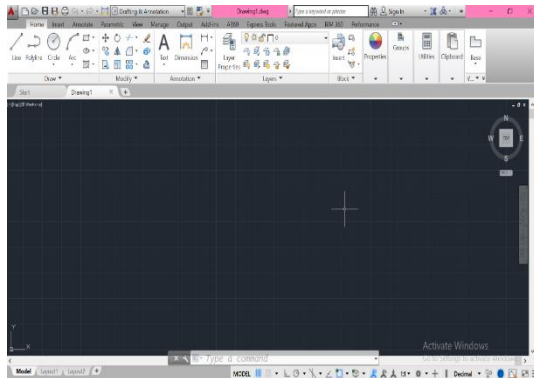
Selanjutnya akan muncul pilihan untuk menyimpan sebuah file script di folder

komputer/laptop, lalu simpan dengan memilih “Save”.

### 3. Software AutoCAD

a). Buka aplikasi

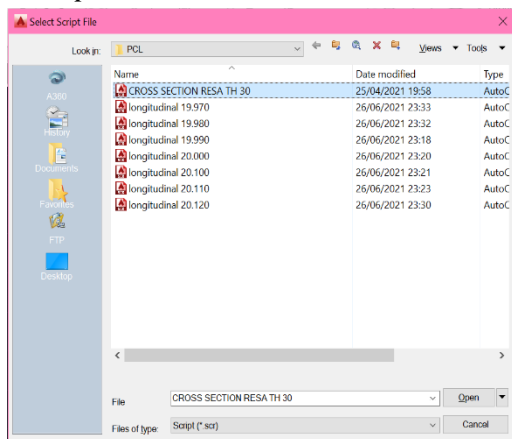
Setelah membuka aplikasi dan berada pada layar ‘new drawing’ tampilannya akan terlihat seperti Gambar 9.



Gambar 9 Tampilan New Drawing

b). Masukkan hasil output script  
 Apabila tampilan sudah berada di ‘new drawing’ yang terlihat seperti Gambar 9, selanjutnya untuk memasukkan hasil output PCLP yang berupa script, maka kita perlu ketik ‘SCR’ / ‘SCRIPT’ – Enter

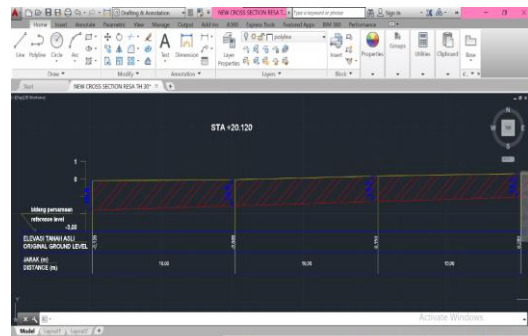
c). Memilih file script yang akan diolah  
 Setelahnya akan muncul tampilan seperti Gambar 10 untuk memilih file script yang telah simpan sebelumnya, lalu selanjutnya pilih “Open”.



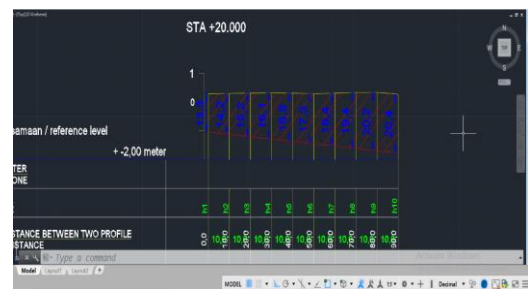
Gambar 10 Pemilihan Script

d). Setelah klik *open*, akan segera memproses data dan muncul kondisi keadaan tanah sesuai dengan data elevasi tanah yang telah di input sebelumnya

e). Data yang telah diproses pada AutoCAD akan muncul seperti Gambar 11 dan Gambar 12. Hasil tinggi galian yang ditampilkan pada hasil script ini memiliki satuan dm (desimeter) dari data yang telah diproses.

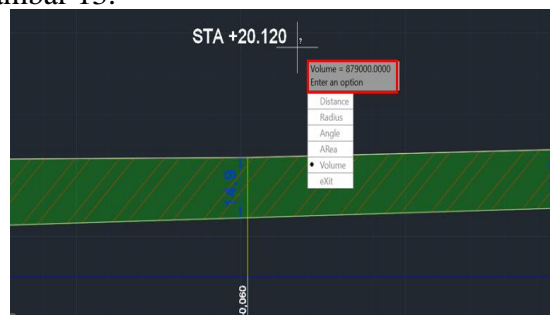


Gambar 11 Hasil PCLP Potongan Melintang STA +20.120



Gambar 12 Hasil PCLP Potongan Memanjang STA +20.000

f). Setelah mengetahui area untuk galian/timbunan di setiap STA pada potongan melintang, maka selanjutnya bisa dilanjutkan untuk pengukuran volume pada galian/timbunan, dengan memasukkan rumus “measuregeom” – “volume” – (pilih luasan area galian/timbunan) – (masukkan specify height = jarak antar penampang (dm) ) – Enter, maka hasil yang keluar seperti pada Gambar 13.



Gambar 13 Hasil Volume Metode Software  
 Gambar diatas merupakan salah satu contoh hasil volume dari metode software di

potongan melintang pada STA +20.120, dengan volume galian sebesar 879000 dm<sup>3</sup>, yang dimana hasil ini perlu diubah menjadi m<sup>3</sup>, yakni 879 m<sup>3</sup>. Begitu pula untuk STA selanjutnya di potongan melintang, lalu input hasil keseluruhan volume galian ditiap STA seperti pada Tabel 12.

Tabel 12 Volume Galian Metode Software

Potongan Melintang (Cross Section)	
STA Potongan Melintang	volume galian metode software (m3)
STA +20.120	879,0000
STA +20.130	946,0000
STA +20.140	988,5000
STA +20.150	1025,5000
STA +20.160	1078,5000
STA +20.170	1138,5000
STA +20.180	1205,5000
STA +20.190	1260,5502
STA +20.200	1277,5000
STA +20.210	1277,5000

Σ Total volume galian metode software di potongan melintang  
 = 879 + 946 + 988,5 + 1025,5 + 1078,5 + 1138,5 + 1205,50 + 1260,5502 + 1277,5 + 1277,5 (m<sup>3</sup>)  
 = 11077,0502 m<sup>3</sup>  
 Jadi, total volume galian metode software adalah 11.077,0502 m<sup>3</sup>

### Hasil Perhitungan Volume Tanah

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari volume galian metode manual dan volume galian metode software. Berikut merupakan hasilnya :

Tabel 14 Volume Galian Metode Manual dan Software

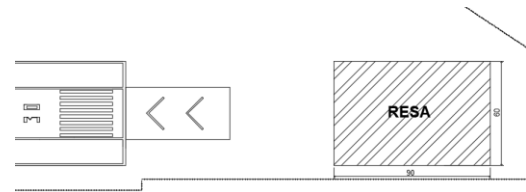
STA Potongan Melintang	volume galian metode manual (m3)	TOTAL VOL. GALIAN METODE MANUAL (m3)	STA Potongan Melintang	volume galian metode software (m3)	TOTAL VOL. GALIAN METODE SOFTWARE (m3)
STA +20.120	879,0000	11077,0502	STA +20.120	879,0000	11077,0502
STA +20.130	946,0000		STA +20.130	946,0000	
STA +20.140	988,5000		STA +20.140	988,5000	
STA +20.150	1025,5000		STA +20.150	1025,5000	
STA +20.160	1078,5000		STA +20.160	1078,5000	
STA +20.170	1138,5000		STA +20.170	1138,5000	
STA +20.180	1205,5000		STA +20.180	1205,5000	
STA +20.190	1260,5000		STA +20.190	1260,5502	
STA +20.200	1277,5000		STA +20.200	1277,5000	
STA +20.210	1277,5000		STA +20.210	1277,5000	

Dapat dilihat bahwa total volume galian metode manual memiliki total 11.077,000 m<sup>3</sup>

, sedangkan total volume galian metode software memiliki total 11.077,0502 m<sup>3</sup>.

### Perencanaan Runway End Safety Area (RESA)

1. Pekerjaan Pengukuran Area Kerja  
 Sesuai analisa RESA rencana, ukuran RESA yang dibutuhkan pada Bandar Udara Trunojoyo Sumenep dengan kode referensi bandara 3C yaitu berukuran 90 meter x 60 meter.



Gambar 14 Pengukuran Area RESA

2. Mobilisasi dan Demobilisasi Peralatan  
 Untuk pelaksanaan perencanaan RESA, perlu mendatangkan sejumlah alat berat untuk mendukung pekerjaan di lokasi. Beberapa alat berat seperti motor grader, dump truck, excavator, dan bulldozer didatangkan ke lokasi pekerjaan.

### 3. Pekerjaan Clearing

Sebelum melaksanakan perencanaan RESA, hendaknya dilakukan clearing guna membersihkan area permukaan tanah yang akan menjadi fokus kerja dari sampah, sisa tebangan pohon, semak belukar, pemindahan pagar apabila diperlukan serta tanaman lainnya yang tidak seharusnya berada di area tersebut.

### 4. Penimbunan Galian Tanah

Rencana penggalian tanah ini bertujuan untuk membentuk kemiringan RESA yang dibutuhkan oleh Bandar Udara Trunojoyo Sumenep, agar menjadi RESA yang memenuhi kelayakan operasional dengan kemiringan yang sesuai diperaturan yang ada Sesuai dengan perhitungan volume galian dan timbunan yang telah dihitung, dengan persentase kemiringan melintang sebesar

2,5% dan persentase kemiringan memanjang sebesar 0,8%. Maka volume galian yang akan direncanakan yakni sejumlah 11.077,0502 m<sup>3</sup>

### 5. Penimbunan Tanah Humus

Penimbunan tanah humus direncanakan setebal 10 cm di seluruh luasan area *RESA* yang berukuran 5400 m<sup>2</sup>, yang berguna sebagai media untuk pertumbuhan rumput.

### 6. Perkerjaan Penanaman Rumput

Penanaman rumput di area *RESA* yang seluas 5400 m<sup>2</sup> dilakukan untuk memberikan suatu lapisan rumput yang subur dan akan mempertahankan pertumbuhannya dalam setiap cuaca dan mencegah erosi dari bahan dimana ditanamkan. Jenis rumput yang akan ditanam menyesuaikan dengan kondisi lapangan, untuk lokasi Bandar Udara Trunojoyo Sumenep ini akan menggunakan rumput berjenis rumput lamur.

### Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perencanaan RAB untuk *runway end safety area (RESA)* ini didukung dengan rekap volume guna mengetahui lingkup volume pekerjaan dan perhitungan rencana anggaran biaya yang sekiranya mampu mempermudah perhitungan banyaknya biaya yang akan dibutuhkan. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) menggunakan Standar Harga Satuan Upah Tenaga Kerja dan Bahan Sumenep Tahun 2020 yang dikeluarkan Bagian Pembangunan Sekretariat Daerah Kabupaten Sumenep dan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor : 78 Tahun 2014.

Berdasarkan dari perencanaan *RESA threshold 30* yang memiliki beberapa tahapan pekerjaan, yakni pekerjaan pengukuran, pekerjaan *clearing*, pekerjaan galian tanah, penimbunan tanah humus, dan pekerjaan

penanaman rumput. Berikut estimasi rencana anggaran biaya untuk pekerjaan perencanaan *runway end safety area*.

Tabel 15 Rekap Volume

REKAP VOLUME					
Pekerjaan : PEMBUATAN RUNWAY END SAFETY AREA (RESA) TH 30					
Lokasi : BANDAR UDARA TRUNOJOYO - SUMENEP					
NO	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	KETERANGAN	
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	Pk. Pembuatan Direksi Keet	m <sup>2</sup>	45,0		
2	Pk. Mobilisasi dan Demobilisasi Peralatan	ls	1		
3	Pk. Papan Nama Proyek	Unit	1		
4	Pk. Pengukuran Sebelum dan Sesudah Pekerjaan	m <sup>2</sup>	5400,0	Panjang = 90,0 m Lebar = 60,0 m Luas = p x l = 5400 m <sup>2</sup>	
<b>II PEKERJAAN PEMBUATAN RESA TH 30</b>					
1	Pk. Clearing	m <sup>2</sup>	5400	Panjang = 90,0 m Lebar = 60,0 m Luas = p x l = 5400 m <sup>2</sup>	
2	Pk. Galian Tanah	m <sup>3</sup>	11.077,1	Volume Galian = 11.077,0502 m <sup>3</sup>	
3	Pk. Penimbunan Tanah Dengan Dump Truck	m <sup>3</sup>	11.077,1	Volume Strangin = 11.077,0502 m <sup>3</sup>	
4	Pk. Penimbunan Tanah Humus	m <sup>2</sup>	540,000	Panjang = 90,0 m Lebar = 60,0 m Tebal = 0,10 m Volume = p x l x t = 540 m <sup>3</sup>	
5	Pk. Penanaman Rumput	m <sup>2</sup>	2.700,000	Panjang = 90,0 m Lebar = 60,0 m Luas = p x l = 5400 m <sup>2</sup> Luas 1 - 2 = 2.700 m <sup>2</sup>	

Tabel 16 Rencana Anggaran Biaya

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)					
Pekerjaan : PEMBUATAN RUNWAY END SAFETY AREA (RESA) TH 30					
Lokasi : BANDAR UDARA TRUNOJOYO - SUMENEP					
No	ITEM PEKERJAAN	SATUAN	VOLUME	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH (Rp)
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>					
1	Pk. Pembuatan Direksi Keet	m <sup>2</sup>	45	1.500.257,43	71111524
2	Pk. Mobilisasi dan Demobilisasi Peralatan	ls	1	43.231.000,00	43231000
4	Pk. Papan Nama Proyek	unit	1	1.085.605,30	1085605
5	Pk. Pengukuran Sebelum dan Sesudah Pekerjaan	m <sup>2</sup>	5400	2.111,54	11402313
<b>Jumlah I</b>					<b>126830503</b>
<b>II PEKERJAAN PEMBUATAN RESA 12</b>					
1	Pk. Clearing	m <sup>2</sup>	5400	10961,0523	59189852,4
2	Pk. Galian Tanah	m <sup>3</sup>	11077,0502	10.786,64	119484130,2
3	Pekerjaan Penimbunan Tanah Dengan Dump Truck	m <sup>3</sup>	11077,0502	48.337,90	535441320,9
4	Pk. Penimbunan Tanah Humus	m <sup>2</sup>	540	457.611,00	247189940
5	Pk. Penanaman Rumput	m <sup>2</sup>	2700	41.013,50	110736450
<b>Jumlah II</b>					<b>1012771829</b>
				<b>JUMLAH (I + II)</b>	<b>Rp 1.139.602.331,91</b>
				PPN 10%	<b>Rp 113.960.233,19</b>
				<b>JUMLAH TOTAL</b>	<b>Rp 1.253.562.565,10</b>
				<b>PEMBULATAN</b>	<b>Rp 1.253.562.000,00</b>

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan teori dan pembahasan mengenai Perencanaan *Runway End Safety Area (RESA)* di Bandar Udara Trunojoyo Sumenep, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan ini, *Runway End Safety Area* Bandar Udara Trunojoyo akan direncanakan untuk memiliki kelayakan operasional yang sesuai dengan kebutuhan. *RESA* yang berdimensi 90 x 60 meter dengan perencanaan persentase kemiringan melintang sebesar 2,5% dan persentase kemiringan memanjang sebesar 0,8% telah sesuai dengan peraturan yang ada.



2. Perencanaan *Runway End Safety Area (RESA)* di Bandar Udara Trunojoyo Sumenep memiliki beberapa tahapan pekerjaan, yakni pekerjaan pengukuran, pekerjaan *clearing*, pekerjaan galian tanah, penimbunan tanah humus, dan pekerjaan penanaman rumput. Perencanaan ini guna memenuhi kelayakan operasional dari *RESA* sebagai fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan.
3. Mengacu pada hasil perhitungan volume galian yaitu sebesar 11.077,0502 m<sup>3</sup> dan tahapan pekerjaan yang akan dilakukan pada perencanaan ini, maka didapatkan kebutuhan rencana anggaran biaya sebesar Rp 1.253.562.000.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Aerodrome Manual* Bandar Udara Trunojoyo - Sumenep.
- [2] *AIP (Aeronautical Information Publication)* Bandar Udara Trunojoyo – Sumenep.
- [3] *Annex 14, ICAO (International Civil Aviation Organization) - Aerodrome Design Manual Part 1 Runways.*
- [4] Data Investigasi Kecelakaan Penerbangan Tahun 2010-2016, Jakarta : 2016.
- [5] Farikie, Achmad. (2015). Perencanaan *Runway End Safety Area* Pada Ujung *Runway 14* di Bandara Dabo Kepulauan Riau.
- [6] Frick Heinz. 2006. Ilmu dan Alat Ukur Tanah. Cetakan ke-20, Kanisius, Yogyakarta.
- [7] Indrasurya, Noor Endah. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis). Jakarta: Erlangga.
- [8] Keputusan Bupati Sumenep Nomor : 188/222/KEP/435.012/2019 Tentang Standar Harga Satuan Upah Tenaga Kerja dan Bahan Tahun Anggaran 2020.
- [9] Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : KP 14 Tahun 2021 tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara.
- [10] Tajunnisa, Yuyun. Modul Ajar Kerja Pemetaan 1. Surabaya. Program Studi Teknik Geodesi ITS.
- [11] Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : KP 326 Tahun 2019 tentang Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (*Manual Of Standard CASR Part 139*) Volume I Bandar Udara (*Aerodrome*).
- [12] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor : PM 78 Tahun 2014 tentang Standar Biaya di Lingkungan Kementerian Perhubungan.
- [13] Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor : PM 83 Tahun 2017 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (*Civil Aviation Safety Regulation Part 139*) tentang Bandar Udara (*Aerodrome*).
- [14] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan.