

# **T E S I S**

## **SIMULASI DAN EVALUASI SAAT DEBIT MAKSIMUM TERHADAP KONSTRUKSI *REVTMENT* DAN *PARAPET* SERTA TINGKAT SEDIMENTASI KANAL BANJIR TIMUR KOTA SEMARANG**

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Guna Mencapai Gelar Magister Teknik Sipil (MTS)



Oleh:

**PRASETYO BUDI CAHYONO**

**NIM: 20202000018**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
2022**

## LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

### **SIMULASI DAN EVALUASI SAAT DEBIT MAKSIMUM TERHADAP KONSTRUKSI *REKETMENT* DAN *PARAPET* SERTA TINGKAT SEDIMENTASI KANAL BANJIR TIMUR KOTA SEMARANG**

Disusun oleh:

**PRASETYO BUDI CAHYONO**

**NIM : 20202000018**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Tanggal, ...<sup>11</sup> Maret 2022

Pembimbing I,

Tanggal, ...<sup>10</sup> Maret 2022

Pembimbing II,

(Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA)

(Ir. Moh Faiqun Niam, M.T., Ph.D)

## HALAMAN PENGESAHAN TESIS

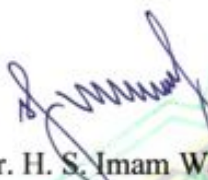
# **SIMULASI DAN EVALUASI SAAT DEBIT MAKSIMUM TERHADAP KONSTRUKSI *REVTMENT* DAN *PARAPET* SERTA TINGKAT SEDIMENTASI KANAL BANJIR TIMUR KOTA SEMARANG**

Disusun oleh :  
**PRASETYO BUDI CAHYONO**  
NIM: 20202000018

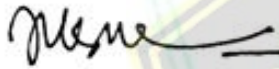
Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal 24 Maret 2022

Tim Penguji

1. Ketua

  
(Prof. Dr. Ir. H. S. Imam Wahyudi, DEA)

2. Anggota

  
(Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si.)

3. Anggota

  
(Dr. Hj. Hermin Poedjiastoeti, S.Si., M.Si.)

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.)

Semarang, 24 Maret 2022

Ketua Program Studi,

  
**Prof. Ir. H. S. Imam Wahyudi, DEA**  
NIK. 210291014

Dekan Fakultas Teknik,

  
**Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph. D**  
NIK. 210293018

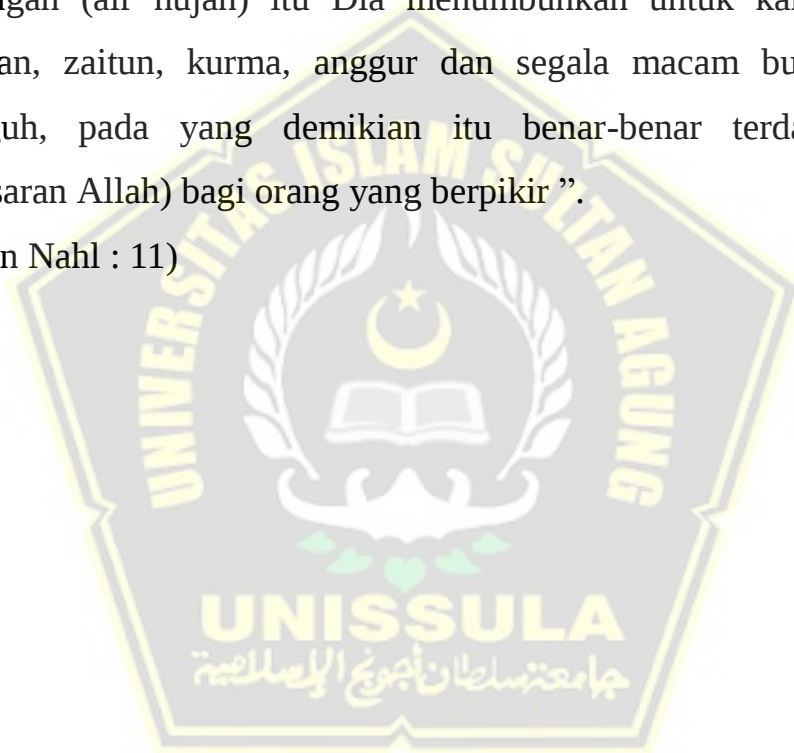
## MOTTO

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ

كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾

“ Dengan (air hujan) itu Dia menumbuhkan untuk kamu tanam-tanaman, zaitun, kurma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berpikir ”.

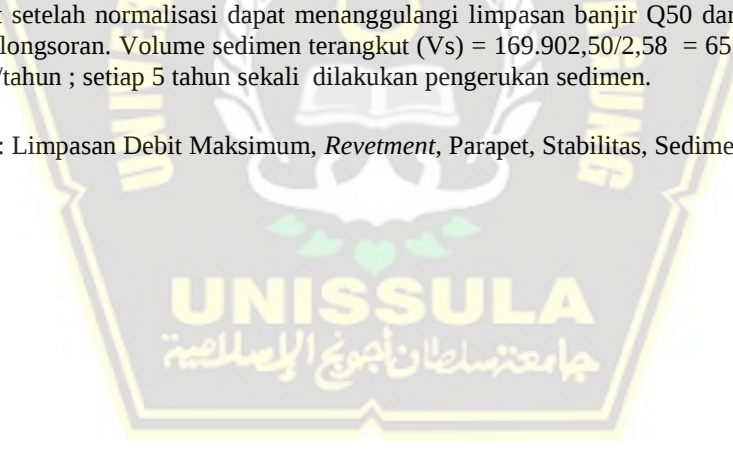
(QS An Nahl : 11)



## ABSTRAK

Normalisasi Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan rekayasa Infrastruktur Sumber Daya Air (SDA) yang dikembangkan dalam bidang pengendalian air yang bersifat merusak dalam satu alur sungai yang berhubungan dengan konstruksi revetment dan parapet. Penelitian ini bertujuan menganalisis data hidrologi dan limpasan saat Debit Maksimum (Q50, Q100) di alur sungai, menilai (*assessment*) tingkat kerusakan dan kestabilan konstruksi *Revetment dan Parapet* serta tingkat sedimentasi saat debit maksimum. Penelitian berupa simulasi yang dievaluasi dengan pengamatan dan pencatatan tingkat elevasi banjir saat debit maksimum di Q50 dan Q100 terhadap limpasan air yang melewati top elevasi parapet dan mengevaluasi stabilitas revetment dan parapet serta tingkat sedimentasi dari simulasi dengan analisis program Hec-ras, Plaxis 8.6 dan Microsoft Excel 2010. Metode penelitian yang dilakukan adalah studi kasus dengan analisa kuantitatif terhadap semua data yang ada mulai dari data topografi, hidrologi dan geoteknik mekanika tanah. Penelitian diawali analisa curah hujan hingga didapat debit banjir maksimum dari Polygon Theiseen Data Curah hujan 3 stasiun yang mencakup DAS Kanal Banjir Timur diarah hulu. Langkah selanjutnya dilakukan analisa *cross section* sungai dengan mengambil titik sample lokasi penelitian yang dimulai dari Jembatan Citarum Semarang sampai kearah muara sungai. Data pengukuran existing yang ada kemudian diinput dan diolah dengan analisa program *hec-ras*. Dari urutan Log Pearson Type III dan kalibrasi pendekatan data BBWS Pemali Juana diperoleh angka Debit Maksimum 418,17 m<sup>3</sup>/det, (Q50) 462,52 m<sup>3</sup>/detik, (Q100) debit andalan sebesar 0,39 m<sup>3</sup>/s. *Catchment Area* = 310 km<sup>2</sup> = 63.725,87 m<sup>3</sup>/tahun; Luas hidrolis (A) sebelum normalisasi 45m<sup>2</sup> dan sesudah normalisasi 112m<sup>2</sup>. Elevasi Q50 sebelum normalisasi +4,4m (melimpas) dan setelah normalisasi +3,54m. Sedang Q100 sebelum normalisasi +4,84 ; setelah normalisasi +3,89m, sehingga tidak melimpas. Kontrol Stabilitas Struktur Revetmen terhadap Deformasi: dengan program Plaxis 8.6 sebesar 19,21 mm ; program Excel 33,15 mm, terhadap Tegangan Efektif: Plaxis 63,32 KN/m<sup>2</sup> ; Excel 78,90 KN/ m<sup>2</sup>. Faktor Keamanan (SF): Plaxis 2,59 > 1,2 ; Excel 0,439 < 0,48. Sehingga aman terhadap kelongsoran (*sliding*). Sedang untuk Stabilitas Struktur Parapet terhadap Deformasi: Plaxis 10,00 mm ; Excel 28,70 mm, Tegangan Efektif: Plaxis 162,88 KN/ m<sup>2</sup> ; Excel 67,938 KN/ m<sup>2</sup>. Faktor Keamanan (SF): Plaxis 4,56 > 1,2 ; Excel 2,09 > 1,5. Sehingga aman terhadap kelongsoran. Dari hasil simulasi dan evaluasi dapat disimpulkan bahwa revetment dan parapet setelah normalisasi dapat menanggulangi limpasan banjir Q50 dan Q 100 dan aman terhadap kelongsoran. Volume sedimen terangkut (Vs) = 169.902,50/2,58 = 65.853,68 m<sup>3</sup>/th SY= 5,30 ton/ha/tahun ; setiap 5 tahun sekali dilakukan pengerukan sedimen.

Kata Kunci: Limpasan Debit Maksimum, *Revetment*, Parapet, Stabilitas, Sedimentasi.



## ABSTRACT

Watershed Normalization (DAS) is an engineering of Water Resources Infrastructure (SDA) developed in the field of controlling destructive water in one river channel related to revetment and parapet construction. This study aims to analyze hydrological data and runoff at Maximum Discharge (Q50, Q100) in the river channel, to assess the level of damage and stability of the Revetment and Parapet construction and the sedimentation rate at maximum discharge. The research is in the form of a simulation that is evaluated by observing and recording the level of flood elevation at the maximum discharge in Q50 and Q100 on water runoff that passes through the top elevation of the parapet and evaluating the stability of the revetment and parapet as well as the sedimentation rate from the simulation with analysis of the hec-ras program, plaxis 8.6 and Microsoft excel. 2010. The research method used is a case study with quantitative analysis of all available data ranging from topographic data, hydrology and geotechnical soil mechanics. The study begins with an analysis of rainfall until the maximum flood discharge is obtained from Polygon Theiseen Rainfall Data for 3 stations covering the East Flood Canal Watershed in the upstream direction. The next step is to analyze the cross section of the river by taking sample points from the research location starting from the Citarum Semarang Bridge to the river mouth. The existing measurement data is then inputted and processed by analysis of the hec-ras program. From the Log Pearson Type III sequence and the calibration of the Pemali Juana BBWS data approach, the maximum discharge rate is 418.17 m<sup>3</sup>/s, (Q50) 462.52 m<sup>3</sup>/s, (Q100) the reliable discharge is 0.39 m<sup>3</sup>/s. Catchment Area = 310 km<sup>2</sup> = 63,725.87 m<sup>3</sup>/year; The hydraulic area (A) before normalization is 45m<sup>2</sup> and after normalization is 112m<sup>2</sup>. Q50 elevation before normalization +4.4m (overpass) and after normalization +3.54m. Medium Q100 before normalization +4.84 ; after normalizing +3.89m, so it doesn't run over. Revetment Structure Stabilization Control against Deformation: with the Plaxis 8.6 program of 19.21 mm ; Excel 33.15 mm, against Effective Stress: Plaxis 63.32 KN/m<sup>2</sup> ; Excel 78,90 KN/m<sup>2</sup>. Safety Factor (SF): Plaxis 2.59 > 1.2 ; Excel 0.439 < 0.48. So it is safe against sliding (sliding). Medium for Parapet Structure Stability against Deformation: Plaxis 10.00 mm ; Excel 28.70 mm, Effective Stress: Plaxis 162.88 KN/ m<sup>2</sup> ; Excel 67,938 KN/m<sup>2</sup>. Safety Factor (SF): Plaxis 4.56 > 1.2 ; Excel 2.09 > 1.5. So it is safe against landslides. From the simulation and evaluation results, it can be concluded that the revetment and parapet after normalization can overcome flood runoff Q50 and Q 100 and are safe against landslides. Transported sediment volume (Vs) = 169.902.50/2.58 = 65.853.68 m<sup>3</sup>/year SY= 5.30 tons/ha/year ; Every 5 years, sediment dredging is carried out.

Keywords: Maximum Discharge Runoff, Revetment, Parapet, Stability, Sedimentation.



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **PRASETYO BUDI CAHYONO**

NIM : **20202000018**

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

**SIMULASI DAN EVALUASI SAAT DEBIT MAKSIMUM TERHADAP  
KONSTRUKSI *REVETMENT* DAN *PARAPET* SERTA TINGKAT  
SEDIMENTASI KANAL BANJIR TIMUR KOTA SEMARANG**

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 11 Maret 2022



(Prasetyo Budi Cahyono)

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas rahmat dan karunia-Nya serta sholawat dan salam bagi junjungan kita Nabi Muhammad *Shallallahu Alaihi Wa Salam* sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul: “SIMULASI DAN EVALUASI SAAT DEBIT MAKSIMUM TERHADAP KONSTRUKSI *REVETMENT* DAN *PARAPET* SERTA TINGKAT SEDIMENTASI KANAL BANJIR TIMUR KOTA SEMARANG” tepat waktu.

Penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan Magister Teknik (MT) pada Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis mendapatkan bimbingan, bantuan dan dorongan serta masukan dari berbagai pihak. Sebagai rasa hormat pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis sampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi tingginya kepada :

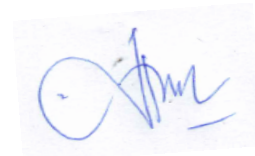
1. Prof. Dr. Gunarto, S.H., M.Hum., Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D., Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Prof. Dr. Ir. H. Slamet Imam Wahyudi, DEA, selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang dan Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan masukan dan saran yang sangat bermanfaat guna penyempurnaan tesis ini.
4. Ir. Moh. Faiqun Niam, M.T., Ph.D, selaku Sekretaris Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang dan Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan perhatian, arahan, nasehat dan bimbingannya dalam penyusunan tesis ini.
5. Dani Prasetyo, ST, MT, selaku Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) Proyek Kanal Banjir Timur Kota Semarang (Tahun Anggaran 2017-2019), BBWS

Pemali Juana atas dukungan akses data sekunder dan primer yang diberikan.

6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil serta Bapak dan Ibu Dosen Penguji Proposal, Seminar dan Sidang Tesis Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan koreksi-koreksi perbaikan dan bantuan selama menyelesaikan tahapan dalam menempuh pendidikan Magister Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
7. Kedua Orang Tua Dan Kedua Mertua tersayang yang telah memberikan doa dan restunya hingga terselesaikannya tesis ini.
8. Istri dan anak-anak tercinta atas doa, kasih sayang dan dukungannya selama ini.
9. Segenap karyawan bagian administrasi Program Pasca Sarjana Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan bantuan, perhatian dan kemudahan selama menjalani studi dan selama penyusunan tesis ini.
10. Pihak pihak lain yang ikut serta memberikan bantuan dan dorongan, baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu .

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharap kritik dan saran demi kesempurnaan penyusunan tesis ini.

Semarang, 11 Maret 2022



( Prasetyo BC )

## DAFTAR ISI

### HALAMAN

|                                                     |              |
|-----------------------------------------------------|--------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN TESIS .....</b>                |              |
| <b>MOTTO .....</b>                                  | <b>i</b>     |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                | <b>ii</b>    |
| <b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>              | <b>iv</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                          | <b>v</b>     |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                              | <b>vii</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                           | <b>xi</b>    |
| <b>DAFTAR RUMUS .....</b>                           | <b>xii</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                           | <b>xiii</b>  |
| <br><b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>                   | <br><b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang.....                             | 1            |
| 1.2 Perumusan Permasalahan .....                    | 3            |
| 1.3 Pembatasan Permasalahan.....                    | 3            |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                          | 3            |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                         | 4            |
| 1.6 Keaslian Penelitian .....                       | 4            |
| <br><b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>              | <br><b>5</b> |
| 2.1 Tinjauan Umum.....                              | 5            |
| 2.1.1 Tinjauan BBWS Pemali Juana .....              | 5            |
| 2.1.2 Tinjauan Umum Sistem Kanal Banjir .....       | 6            |
| 2.1.3 Tinjauan Geoteknik dan Mekanika Tanah.....    | 10           |
| 2.1.4 Tinjauan Struktur Pondasi .....               | 10           |
| 2.2 Kanal Banjir Timur Kota Semarang .....          | 12           |
| 2.2.1 Lokasi .....                                  | 12           |
| 2.2.2 Bagian-Bagian Kanal Banjir Timur.....         | 15           |
| 2.2.3 Manfaat Kanal Banjir Timur Kota Semarang..... | 17           |
| 2.2.4 Data Debit Rencana .....                      | 17           |

|              |                                                                                                        |           |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.5        | Data Analisis Debit Banjir.....                                                                        | 18        |
| 2.2.6        | Ketersediaan Air Sungai .....                                                                          | 18        |
| 2.3          | Pedoman Penilaian Kondisi Bangunan Air (Revetment Parapet) ..                                          | 19        |
| 2.3.1        | Gaya Akibat Berat Sendiri Revetment dan Parapet .....                                                  | 19        |
| 2.3.2        | Gaya Gempa .....                                                                                       | 19        |
| 2.3.3        | Tekanan <i>Hidrostatik</i> .....                                                                       | 20        |
| 2.4          | Pedoman Penilaian Kondisi Terhadap Sedimentasi.....                                                    | 21        |
| 2.4.1        | Tinjauan Sedimentasi.....                                                                              | 21        |
| 2.4.2        | Mekanisme Angkutan Sedimen.....                                                                        | 23        |
| 2.4.3        | Pengukuran bedload terhadap suspended load .....                                                       | 23        |
| 2.4.4        | Pengukuran Sedimen Sampel Air (suspensi).....                                                          | 24        |
| 2.4.5        | Satuan Pengukuran Sedimentasi di Lapangan.....                                                         | 25        |
| 2.4.6        | Perhitungan Hasil Sedimentasi .....                                                                    | 25        |
| 2.4.7        | Perhitungan Konsentrasi Sedimen (Cs) .....                                                             | 26        |
| 2.4.8        | Perhitungan Debit Suspensi (Qs).....                                                                   | 26        |
| 2.5          | Tinjauan Simulasi HEC RAS.....                                                                         | 26        |
| 2.5.1        | Persamaan Energi .....                                                                                 | 27        |
| 2.5.2        | Kehilangan Tinggi Energi.....                                                                          | 27        |
| 2.5.3        | Kapasitas Angkut Tampang.....                                                                          | 27        |
| 2.6          | Pemodelan Stabilitas (Revetment dan Parapet) dengan Program<br>Plaxis .....                            | 28        |
| 2.7          | Penelitian Sejenis Terdahulu.....                                                                      | 28        |
| <b>BAB 3</b> | <b>METODE PENELITIAN .....</b>                                                                         | <b>32</b> |
| 3.1          | Bentuk Penelitian .....                                                                                | 32        |
| 3.2          | Lokasi Penelitian.....                                                                                 | 33        |
| 3.2.1        | Antara Jembatan Citarum dan Jembatan Pasar Waru.....                                                   | 35        |
| 3.2.2        | Antara Jembatan Pasar Waru dan Jembatan Arteri .....                                                   | 35        |
| 3.3          | Alur Penelitian .....                                                                                  | 36        |
| 3.4          | Langkah dan Metode Penelitian Analisis Kuantitatif .....                                               | 36        |
| 3.4.1        | Variabel Faktor Proses Evaluasi dan Simulasi Kestabilan<br>Struktur <i>Revetment dan Parapet</i> ..... | 38        |

|              |                                                                                                                            |           |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.2        | Variabel Awal Analisa Hidrologi, Hidrolika, Sedimentasi dan Stabilitas Kondisi Revetment dan Parapet <i>Existing</i> ..... | 38        |
| 3.4.3        | Metode Pengumpulan Data.....                                                                                               | 39        |
| 3.4.4        | Metode Pengolahan Data.....                                                                                                | 40        |
| 3.4.5        | Metode Analisis Data .....                                                                                                 | 40        |
| 3.5          | Simulasi dan Evaluasi Revetment, Parapet dan Sedimentasi .....                                                             | 43        |
| 3.5.1        | Penilaian Kondisi Stabilitas Revetment dan Parapet.....                                                                    | 43        |
| 3.5.2        | Penilaian Kondisi Sedimentasi Sungai .....                                                                                 | 44        |
| 3.5.3        | Metode Penilaian Simulasi Pada Saat Debit Maksimum Terhadap Struktur Revetment dan Parapet.....                            | 47        |
| <b>BAB 4</b> | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                                                                          | <b>56</b> |
| 4.1          | Kondisi Existing.....                                                                                                      | 56        |
| 4.1.1        | Kondisi Sungai Kanal Banjir Timur Kota Semarang .....                                                                      | 56        |
| 4.1.2        | Hasil Penelitian.....                                                                                                      | 59        |
| 4.2          | Analisa Hidrologi.....                                                                                                     | 60        |
| 4.2.1        | Data Curah Hujan .....                                                                                                     | 60        |
| 4.2.2        | Analisa Debit Rencana .....                                                                                                | 65        |
| 4.3          | Analisa Hidrolika .....                                                                                                    | 71        |
| 4.3.1        | Data Pasang Surut .....                                                                                                    | 71        |
| 4.3.2        | Analisa HEC-RAS .....                                                                                                      | 72        |
| 4.4          | Analisa Stabilitas .....                                                                                                   | 81        |
| 4.4.1        | Analisa Stabilitas Konstruksi Revetment.....                                                                               | 82        |
| 4.4.2        | Analisa Stabilitas Konstruksi <i>Parapet</i> .....                                                                         | 96        |
| 4.4.3        | Evaluasi Stabilitas Struktur Tanggul Revetment dan Parapet dengan Program Analisa Komputer (Excel dan Plaxis 8.6).....     | 110       |
| 4.5          | Perhitungan Angka Sedimentasi .....                                                                                        | 111       |
| 4.5.1        | Pola Penyebaran Sedimen .....                                                                                              | 112       |
| 4.5.2        | Pengujian Contoh Sedimen .....                                                                                             | 112       |
| 4.5.3        | Debit Sedimen .....                                                                                                        | 113       |

|              |                                                                            |            |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.6          | Dokumentasi Lapangan dan Matriks Tingkat Kerusakan Kanal Banjir Timur..... | 117        |
| 4.6.1        | Dokumentasi Observasi Lapangan .....                                       | 117        |
| 4.6.2        | Matrik Kondisi Sedimentasi setiap STA Penelitian .....                     | 123        |
| <b>BAB 5</b> | <b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                          | <b>126</b> |
| 5.1          | Kesimpulan .....                                                           | 126        |
| 5.2          | Saran... ..                                                                | 128        |
|              | <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                                | <b>129</b> |

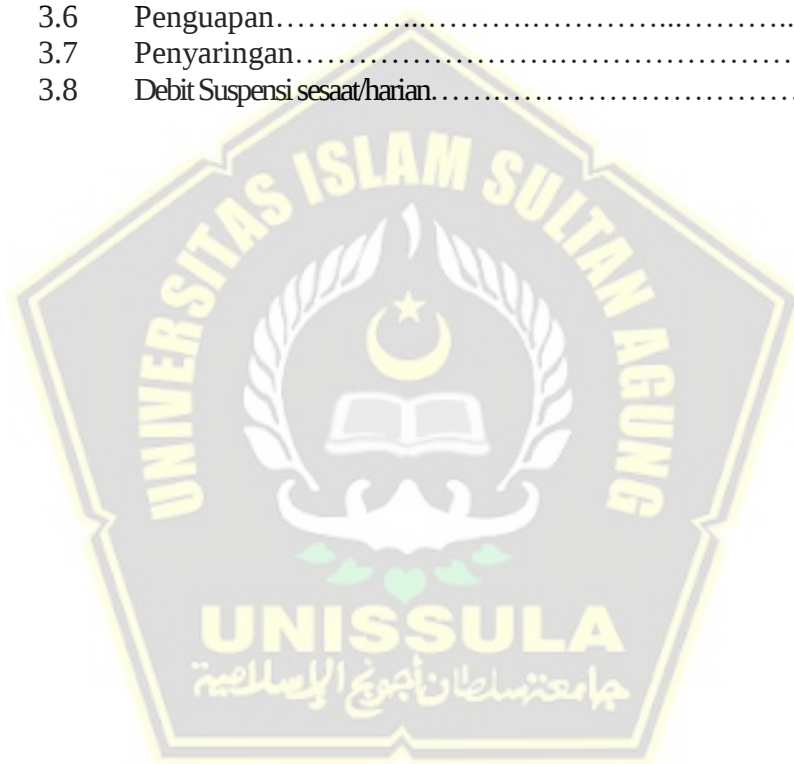


## DAFTAR TABEL/GRAFIK

|            | Halaman                                                                                                |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tabel 2.1  | Kapasitas Existing Debit Rencana Sistem Drainase Semarang Timur ..... 17                               |
| Tabel 2.2  | Koefisien Tarzaghi..... 21                                                                             |
| Tabel 2.3  | Persentase Bedload terhadap Suspendload ..... 23                                                       |
| Tabel 2.4  | Penelitian Terkait..... 29                                                                             |
| Tabel 3.1  | Hasil Analisa Simulasi Program Plaxis 8.6 dan Excel ..... 44                                           |
| Tabel 3.2  | Rencana Hasil Analisa 1 ..... 54                                                                       |
| Tabel 3.3  | Rencana Hasil Analisa 2 ..... 55                                                                       |
| Tabel 3.4  | Rencana Hasil Analisa 3 ..... 55                                                                       |
| Tabel 4.1  | Luas Pengaruh Stasiun Hujan terhadap DAS Kanal Banjir Timur ..... 63                                   |
| Tabel 4.2  | Luas Pengaruh Stasiun Hujan terhadap DAS Penggaron ..... 63                                            |
| Tabel 4.3  | Rekapitulasi Polygon Thiessen Max Tahunan Curah Hujan Rata rata..... 64                                |
| Tabel 4.4  | Periode Kala Ulang Curah Hujan ..... 65                                                                |
| Tabel 4.5  | Log Pearson III Curah hujan rencana ..... 67                                                           |
| Tabel 4.6  | DAS KBT Debit Banjir Rencana..... 69                                                                   |
| Tabel 4.7  | DAS Penggaron masuk KBT Debit Banjir Rencana ..... 69                                                  |
| Tabel 4.8  | Debit Banjir Rencana..... 70                                                                           |
| Tabel 4.9  | Pasang Surut BMKG Semarang 2015 ..... 71                                                               |
| Tabel 4.10 | HEC Ras Q50 Kondisi Sebelum dan Sesudah Nomalisasi..... 79                                             |
| Tabel 4.11 | HEC Ras Q100 Kondisi Sebelum dan Sesudah Nomalisasi..... 79                                            |
| Tabel 4.12 | Hasil Analisa Luas Penampang Hidrolis Sungai dan Elevasi Muka Air pada Debit Banjir Q50 – Q100..... 80 |
| Tabel 4.13 | Data Parameter Mekanika Tanah (Revetment) ..... 87                                                     |
| Tabel 4.14 | Gaya & momen yang terjadi..... 97                                                                      |
| Tabel 4.15 | Koefisien daya dukung Terzaghi ..... 99                                                                |
| Tabel 4.16 | Parameter Tanah <i>Input</i> Plaxis (Parapet)..... 102                                                 |
| Tabel 4.17 | Hasil Analisa Simulasi Program Plaxis 8.6 dan Excel..... 110                                           |
| Tabel 4.18 | Sampel Sedimen..... 113                                                                                |

## DAFTAR RUMUS

|                                                             | Halaman |
|-------------------------------------------------------------|---------|
| Rumus 2.1 Gaya Gempa.....                                   | 19      |
| Rumus 2.2 Besaran Gaya Gempa di lokasi pekerjaan.....       | 20      |
| Rumus 2.3 Gaya Tekan Hidrostatik.....                       | 20      |
| Rumus 2.4 Analisa terhadap guling.....                      | 20      |
| Rumus 2.5 Analisa terhadap Geser.....                       | 20      |
| Rumus 2.6 Analisa Bearing Capacity (Daya dukung tanah)..... | 20      |
| Rumus 2.7 Analisa pembanding Tarzaghi.....                  | 20      |
| Rumus 3.1 Metode Thiessen.....                              | 45      |
| Rumus 3.2 Metode Gumbel.....                                | 45      |
| Rumus 3.3 Metode Log Pearson III.....                       | 45      |
| Rumus 3.4 Metode Rasional.....                              | 46      |
| Rumus 3.5 Debit sedimen.....                                | 46      |
| Rumus 3.6 Penguapan.....                                    | 46      |
| Rumus 3.7 Penyaringan.....                                  | 46      |
| Rumus 3.8 Debit Suspensi sesaat/harian.....                 | 46      |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                              | Halaman |
|------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Gambar 2.1 Pondasi Plat Setempat .....                                       | 11      |
| Gambar 2.2 Kanal Banjir Timur Arah Jembatan Majapahit.....                   | 13      |
| Gambar 2.3 Tinjauan Lokasi.....                                              | 13      |
| Gambar 2.4 Skala Prioritas Pembangunan Kanal Banjir Timur Kota Semarang..... | 14      |
| Gambar 2.5 Lokasi Pekerjaan Pembangunan Kanal Banjir Timur Tahap 1.....      | 14      |
| Gambar 2.6 Pembagian Paket Pekerjaan Tahap 1 .....                           | 15      |
| Gambar 2.7 Desain Parapet.....                                               | 15      |
| Gambar 2.8 Detail Bantaran Sungai .....                                      | 16      |
| Gambar 2.9 Desain Revetment .....                                            | 16      |
| Gambar 2.10 Ketersediaan Air Sungai Q 90% .....                              | 18      |
| Gambar 2.11 Struktur Revetment .....                                         | 19      |
| Gambar 2.12 Sedimentasi Sungai .....                                         | 21      |
| Gambar 2.13 Proses Erosi Sedimentasi.....                                    | 22      |
| Gambar 2.14 Pengukuran di Lapangan .....                                     | 24      |
| Gambar 2.15 Penyebaran Konsentrasi Sedimen di Dasar Sungai .....             | 24      |
| Gambar 2.16 Pengambilan Sample Secara Langsung.....                          | 24      |
| Gambar 2.17 Suspended Sedimen Sampler US DH-48 .....                         | 25      |
| Gambar 2.18 Diagram Persamaan Energi .....                                   | 27      |
| Gambar 2.19 Pembagian Tampang keperluan hitungan kapasitas angkut.....       | 27      |
| Gambar 3.1 Lokasi Kanal Banjir Timur Kota Semarang.....                      | 33      |
| Gambar 3.2 Lokasi Penelitian dari Jembatan Citarum – Jembatan Arteri....     | 34      |
| Gambar 3.3 Awal Titik Lokasi Penelitian Jembatan Citarum.....                | 35      |
| Gambar 3.4 Akhir Titik Lokasi Penelitian Jembatan Arteri .....               | 35      |
| Gambar 3.5 Bagan Alir Tahapan Penelitian .....                               | 37      |
| Gambar 3.6 Kerangka Tahapan Analisa.....                                     | 41      |
| Gambar 3.7 Pilihan Menu Awal HEC RAS.....                                    | 48      |
| Gambar 3.8 Geometri Saluran .....                                            | 48      |
| Gambar 3.9 New Cross Section .....                                           | 49      |
| Gambar 3.10 Option Aliran Permanen .....                                     | 49      |
| Gambar 3.11 Option Steady Flow .....                                         | 49      |
| Gambar 3.12 Running Program .....                                            | 49      |
| Gambar 3.13 Tampilan Setelah Running.....                                    | 50      |
| Gambar 3.15 Tampilan 3D Cross Section .....                                  | 50      |
| Gambar 3.16 Tampak Atas Geometri .....                                       | 50      |
| Gambar 3.17 Cross Section Sta B0 Q100 th.....                                | 51      |
| Gambar 3.18 Cross Section Sta B400 Q50 th .....                              | 51      |
| Gambar 3.19 Tampilan 3D beberapa Cross Section .....                         | 52      |
| Gambar 3.20 Tampang Memanjang Model .....                                    | 53      |
| Gambar 3.21 Cross Section Aliran Normal .....                                | 53      |
| Gambar 4.1 Lokasi Penelitian, Ruas Jembatan Citarum.....                     | 57      |
| Gambar 4.2 Lokasi Penelitian, Ruas Jembatan Arteri .....                     | 57      |
| Gambar 4.3 Pintu Bendung Pucang Gading Arah KBT .....                        | 58      |
| Gambar 4.4 Bendung Pucang Gading Arah Kali Babon .....                       | 58      |

|        |      |                                                                        |     |
|--------|------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar | 4.5  | Bendung Pucang Gading Arah Dombo Sayung.....                           | 58  |
| Gambar | 4.6  | Sketsa penampang melintang Sungai Kanal Banjir Timur .....             | 59  |
| Gambar | 4.7  | Stasiun Hujan Bendung Pucang Gading.....                               | 60  |
| Gambar | 4.8  | Pembagian Luasan Area Stasiun Hujan .....                              | 62  |
| Gambar | 4.9  | Alur distribusi debit dari Bendung Pucang Gading .....                 | 66  |
| Gambar | 4.10 | Grafik Debit Andalam Sungai Bulan Mei 0,39 m <sup>3</sup> /detik ..... | 70  |
| Gambar | 4.11 | Profil Muka Air Q50 th dan Pasang Maksimal .....                       | 72  |
| Gambar | 4.12 | Profil Muka Air Qandalan dan Surut Minimal .....                       | 72  |
| Gambar | 4.13 | Area STA 3+600 .....                                                   | 73  |
| Gambar | 4.14 | Q50 Sebelum & Setelah Normalisasi di STA 3+600.....                    | 73  |
| Gambar | 4.15 | Q100 Sebelum & Setelah Normalisasi di STA 3+600.....                   | 74  |
| Gambar | 4.16 | Area STA 3+200 .....                                                   | 74  |
| Gambar | 4.17 | Q50 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 3+200 .....                 | 75  |
| Gambar | 4.18 | Q100 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 3+200 .....                | 75  |
| Gambar | 4.19 | Area STA 2+750 .....                                                   | 76  |
| Gambar | 4.20 | Q50 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 2+750 .....                 | 76  |
| Gambar | 4.21 | Q100 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 2+750 .....                | 77  |
| Gambar | 4.22 | Area STA 2+550 .....                                                   | 77  |
| Gambar | 4.23 | Q50 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 2+550 .....                 | 78  |
| Gambar | 4.24 | Q100 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 2+550 .....                | 78  |
| Gambar | 4.25 | Diagram tekanan hidrostatik Revetment .....                            | 82  |
| Gambar | 4.26 | Tekanan Tanah Revetment.....                                           | 83  |
| Gambar | 4.27 | Potongan Melintang Revetment.....                                      | 85  |
| Gambar | 4.28 | Pemodelan Potongan Melintang Revetment .....                           | 86  |
| Gambar | 4.29 | Input properties tanah lapis 1 dan 2 .....                             | 87  |
| Gambar | 4.30 | Input properties tanah lapis 3 – 6 .....                               | 88  |
| Gambar | 4.31 | Input material bangunan.....                                           | 89  |
| Gambar | 4.32 | Kondisi Batas Jepit Standar dan Kondisi Batas .....                    | 90  |
| Gambar | 4.33 | Jaring-Jaring Elemen.....                                              | 90  |
| Gambar | 4.34 | Tahapan Analisis Perhitungan Program Plaxis .....                      | 91  |
| Gambar | 4.35 | Jaring elemen tanah tanggul.....                                       | 91  |
| Gambar | 4.36 | Faktor keamanan saat kondisi existing .....                            | 92  |
| Gambar | 4.37 | Pemodelan Saat Muka Air rendah.....                                    | 92  |
| Gambar | 4.38 | Jaring elemen saat muka air rendah .....                               | 92  |
| Gambar | 4.39 | Deformasi saat muka air rendah.....                                    | 93  |
| Gambar | 4.40 | Tegangan efektif saat muka air rendah .....                            | 93  |
| Gambar | 4.41 | Sebaran tegangan efektif didalam tanah saat muka air rendah ..         | 93  |
| Gambar | 4.42 | Potensi Longsor saat muka air rendah.....                              | 94  |
| Gambar | 4.43 | Pemodelan Saat Muka Air Banjir.....                                    | 94  |
| Gambar | 4.44 | Jaring elemen saat muka air banjir.....                                | 94  |
| Gambar | 4.45 | Deformasi saat muka air banjir .....                                   | 95  |
| Gambar | 4.46 | Tegangan efektif saat muka air banjir.....                             | 95  |
| Gambar | 4.47 | Sebaran tegangan efektif didalam tanah saat muka air banjir...         | 95  |
| Gambar | 4.48 | Potensi Longsor saat muka air banjir .....                             | 96  |
| Gambar | 4.49 | Diagram Tekanan Tanah .....                                            | 97  |
| Gambar | 4.50 | Potongan melintang Parapet.....                                        | 101 |
| Gambar | 4.51 | Pemodelan Potongan Melintang Plaxis.....                               | 101 |
| Gambar | 4.52 | Input properties tanah lapis 1 dan 2 .....                             | 102 |

|        |      |                                                               |     |
|--------|------|---------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar | 4.53 | Input properties tanah lapis 3 – 6.....                       | 103 |
| Gambar | 4.54 | Input material bangunan.....                                  | 104 |
| Gambar | 4.55 | Kondisi Batas Jepit Standar dan Kondisi Batas .....           | 104 |
| Gambar | 4.56 | Jaring-Jaring Elemen.....                                     | 105 |
| Gambar | 4.57 | Tahapan Analisis Perhitungan Program Plaxis .....             | 106 |
| Gambar | 4.58 | Pemodelan Saat Muka Air rendah.....                           | 106 |
| Gambar | 4.59 | Jaring elemen saat muka air rendah .....                      | 106 |
| Gambar | 4.60 | Deformasi saat muka air rendah.....                           | 107 |
| Gambar | 4.61 | Tegangan efektif saat muka air rendah .....                   | 107 |
| Gambar | 4.62 | Sebaran tegangan efektif didalam tanah saat muka air rendah   | 107 |
| Gambar | 4.63 | Potensi Longsor saat muka air rendah .....                    | 108 |
| Gambar | 4.64 | Pemodelan Saat Muka Air Banjir .....                          | 108 |
| Gambar | 4.65 | Jaring elemen saat muka air banjir.....                       | 108 |
| Gambar | 4.66 | Deformasi saat muka air banjir .....                          | 109 |
| Gambar | 4.67 | Tegangan efektif saat muka air banjir.....                    | 109 |
| Gambar | 4.68 | Sebaran tegangan efektif didalam tanah saat muka air banjir.. | 109 |
| Gambar | 4.69 | Potensi Longsor saat muka air banjir .....                    | 110 |
| Gambar | 4.70 | Input data sedimen .....                                      | 113 |
| Gambar | 4.71 | Hasil analisa pada STA 3+600.....                             | 115 |
| Gambar | 4.72 | Tampilan hasil Analisa pada STA 3+200 .....                   | 115 |
| Gambar | 4.73 | Tampilan hasil Analisa pada STA 2+750 .....                   | 116 |
| Gambar | 4.74 | Tampilan hasil Analisa pada STA 2+550 .....                   | 116 |
| Gambar | 4.75 | Gambar area sedimentasi STA 3+600 .....                       | 117 |
| Gambar | 4.76 | Struktur Revetment STA 3+600 dalam kondisi baik... ..         | 117 |
| Gambar | 4.77 | Cross section STA 3+600 .....                                 | 118 |
| Gambar | 4.78 | Area Sedimentasi STA 3+200.....                               | 118 |
| Gambar | 4.79 | Revetmen & Sedimentasi STA 3+200 .....                        | 119 |
| Gambar | 4.80 | Cross section STA 3+200 .....                                 | 119 |
| Gambar | 4.81 | Area Sedimentasi STA 2+750.....                               | 120 |
| Gambar | 4.82 | Struktur Revetment STA 2+750 .....                            | 120 |
| Gambar | 4.83 | Cross section STA 2+750 .....                                 | 121 |
| Gambar | 4.84 | Area Sedimentasi STA 2+550.....                               | 121 |
| Gambar | 4.85 | Struktur Revetment STA 2+550 .....                            | 121 |
| Gambar | 4.86 | Cross section STA 2+550 .....                                 | 122 |
| Gambar | 4.87 | Parapet sepanjang STA 3+600 hingga STA 2+550 .....            | 122 |
| Gambar | 4.88 | Parapet sepanjang STA 3+600 hingga STA 2+550 .....            | 122 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan dalam segala bidang saat ini digalakkan oleh Pemerintah dalam program yang dijabarkan dalam setiap bidang Kementrian. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sebagai ujung tombak pembangunan infrastruktur. Salah satu bidang adalah di bidang Sumber Daya Air. Bidang SDA ini seperti yang diamanatkan dalam Undang Undang adalah dalam pengendalian daya rusak air dalam potensi banjir yang diwujudkan dalam normalisasi sungai, Pemanfaatan SDA dalam irigasi dan pengairan, air tanah air baku serta konservasi Sumber Daya Air.

Terkait dengan normalisasi sungai khususnya di Kanal banjir Timur Semarang terdapat 2 unsur yang menopang struktur bangunan air yang dapat dipilah dalam 2 golongan meliputi: *Revetment Embankment (Revetment Bantaran)*; berupa bangunan *Revetment* dan *Support Construction; Retaining Wall* bangunan berupa struktur Parapet. Fungsi *Revetment* digunakan untuk melindungi sungai langsung dari arus air sungai yang menggerus badan sungai serta memperkuat struktur badan sungai agar tidak terjadi pengikisan yang diakibatkan aliran sungai yang mempunyai debit aliran yang besar. Sedangkan untuk struktur parapet sendiri mempunyai fungsi utama sebagai penahan air yang diakibatkan debit banjir sungai yang melimpas, sehingga parapet ini dapat meningkatkan kapasitas pengaliran penampang sungai pada arah vertikal tanpa perlu mengeruk dasar sungai.

Tahapan perencanaan dilanjutkan pelaksanaan kegiatan Normalisasi Sungai diiringi dengan Teknologi Pelaksanaan Rekayasa Pelaksanaan Konstruksi adalah terfokus pada Rekayasa pengembangan terkait Hidrologi/Hidrolika, pengembangan rekayasa geoteknik; Pengembangan Teknologi terkait bangunan konstruksi *Revetment* dan Parapet, konstruksi ini biasanya terletak di wilayah alur sungai dimana dibutuhkan relevansi antara

Debit Maksimum pada Q50 maupun Q100 yang diperhitungkan bisa terjadi yang terkait kondisi lebar dan luasan hidrolis penampang sungai mulai dari hulu yang melebar di bagian hilir nya. Perhitungan elevasi tertinggi yang nantinya tercatat dalam suatu tampungan air pada morfologi sungai yang berpengaruh pada struktur revetment dan parapetnya.

Dalam suatu struktur bangunan termasuk dalam struktur perkuatan sungai, perilaku tanah dasar dan penggolongan geologi memegang peranan penting. Terutama di daerah muara sungai yang dominan di lempung (silt) bercampur dengan pasir dan pecahan kulit kerrang pada kedalaman sampai dengan 12m. Sedangkan tanah keras didapatkan pada kedalaman 40 meter. .

Analisa struktur dengan kondisi geoteknik di atas disimpulkan dengan pemilihan struktur ke dalam 2 jenis: *Revetment Embankment (Revetment Bantaran)*; berupa bangunan *Revetment* dan *Support Construction; Retaining Wall* bangunan berupa struktur Parapet.

Posisi Geografis Kota Semarang yang memiliki dua kedudukan dimana ada posisi kota yang memiliki posisi elevasi lebih tinggi (Kota atas) serta elevasi lebih rendah (Kota Bawah). Sesuai dengan hukum alam terkait aliran air maka kota bawah sering mengalami bencana banjir. Kondisi ini diperparah dengan turunnya permukaan tanah di kota bawah yang mengakibatkan terjadinya rob dari arah laut. Salah satu kegiatan diarea bawah adalah dengan normalisasi sungai Kanal Banjir Timur di sebelah timur Kota Semarang ; dimulai dari sisi jembatan Majapahit sampai dengan arah muara sepanjang 6.700 meter.

Penelitian ini mengambil salah satu obyek pada Proyek Normalisasi Sungai Pengendalian Banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang terkait simulasi dan evaluasi untuk menilai struktur bangunan revetment dan parapet yang dipengaruhi oleh hidrologi dan perilaku tanah dasarnya. Pentingnya penelitian ini terkait dalam evaluasi konstruksi dalam fungsinya. Hasil penelitian ini bisa menjadi saran pelaksanaan untuk tipikal di lokasi lain agar lebih baik dan bisa berjalan lancar dari pelaksanaan yang ada di Kanal Banjir Timur Semarang.

Judul yang diambil terkait penelitian diatas: “SIMULASI DAN EVALUASI SAAT DEBIT MAKSIMUM TERHADAP KONSTRUKSI *REVTMENT* DAN *PARAPET* SERTA TINGKAT SEDIMENTASI KANAL BANJIR TIMUR KOTA SEMARANG“

## **1.2 Perumusan Permasalahan :**

Dalam penelitian ini dapat dirumuskan masalah nya :

- 1) Bagaimanakah kondisi tingkat kerusakan dan kestabilan konstruksi *Revetment dan Parapet* saat debit maksimum pada Kanal Banjir Timur Kota Semarang?
- 2) Bagaimana kondisi tingkat sedimentasi saat debit maksimum pada Kanal Banjir Timur Kota Semarang?

## **1.3 Pembatasan Permasalahan**

Dalam masalah ini dapat dibatasi pada :

- 1) Pembahasan terkait penelitian terbatas pada struktur bangunan Kanal Banjir Timur Kota Semarang.
- 2) Struktur bangunan yang akan dievaluasi adalah *Revetment dan Parapet* serta Tingkat Sedimentasi pada Kanal Banjir Timur Kota Semarang.
- 3) Area *Revetment dan Parapet* serta Tingkat Sedimentasi terletak di 2 (dua) ruas kanal sepanjang antara Jembatan Citarum hingga Jembatan Pasarwaru dan sepanjang Jembatan Pasarwaru hingga Jembatan Pantura pada ruas Kanal Banjir Timur Kota Semarang.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang hendak diambil:

- 1) Menganalisis data hidrologi dan limpasan saat Debit Maksimum
- 2) Menilai (*assessment*) tingkat kerusakan dan kestabilan konstruksi *Revetment dan Parapet* saat debit maksimum pada Kanal Banjir Timur Kota Semarang

- 3) Menilai (*assessment*) tingkat sedimentasi saat debit maksimum pada Kanal Banjir Timur Kota Semarang

### **1.5 Manfaat Penelitian:**

Harapan dari penelitian bermanfaat untuk :

- 1) Mendapatkan hasil kesimpulan berupa usulan program dalam penataan sistem dan penanganan terkait stabilitas dan sedimentasi Revetment dan Parapet.
- 2) Dihasilkan sebuah benchmark dalam penanganan terkait hidrolika sungai dalam hal Debit Sungai yang berhadapan langsung dengan Revetment dan Parapet.
- 3) Sumbang saran kepada pemangku wilayah dalam hal ini Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juwana dalam hal pembangunan serta Operasi Pemeliharaan rutin dan berkala.
- 4) Menambah wawasan dan pengetahuan masyarakat dan akademisi dalam penelitian selanjutnya.

### **1.6 Keaslian Penelitian**

Penelitian yang mempunyai tema di atas belum pernah dilakukan sehingga penulis mengambil tema tersebut. Penelitian ini adalah asli dan merupakan gagasan, rumusan dan penelitian penulis yang pernah terlibat langsung sebagai *Team Leader* Konsultan Supervisi pada Pekerjaan Supervisi Pengendalian Kanal Banjir Timur Kota Semarang Tahun Anggaran 2017-2019.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Dasar dalam penulisan ilmiah yang terkait tinjauan pustaka ini memegang peranan penting dalam memahami serta menganalisa suatu permasalahan. Dalam tinjauan secara umum dapat dijabarkan kedalam beberapa hal sebagai berikut:

##### **2.1.1 Tinjauan Terkait Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juwana.**

Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juwana (BBWS Pemali Juwana) merupakan pelaksana teknis lapangan terkait bidang Sumber Daya Air sebagai kepanjangan tangan Kementerian PUPR di pusat. Berdomisili di Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah. Wilayah yang menjadi tanggung jawab dengan luasan dari jalur Pantai Utara Bagian Barat sampai dengan Pantura Timur melebar ke selatan mulai dari Kali Pemali Comal sampai dengan Kali Juwana yang dikenal dengan JRATUNSELUNA. Sedangkan Daerah Aliran Sungai (DAS) meliputi Jragung, Tuntang, Serang Lusi, Juwana melintas di 10 Kabupaten Kota di Provinsi Jawa Tengah. Mempunyai luasan 14.000 Km<sup>2</sup> atau 1,4 Juta Hektar (Ha)

Pembentukan BBWS Pemali Juwana ini memiliki Dasar Hukum Peraturan Menteri PU No. 12/PRT/M/2006 tentang Organisasi dan Tata Tertib (BBWS) yang ada di Indonesia. Tugas Fungsi nya adalah :

1. Tingkat pekerjaan mulai dari perencanaan, pelaksanaan supervise, dan Operasi Pemeliharaan.
2. Fungsi Pengendalian Konservasi Sumber Daya Air.
3. Mengendalikan daya rusak air pada wilayah sungai.
4. Pembangunan dan pendayagunaan SDA .

### 2.1.2 Tinjauan Umum Sistem Kanal Banjir

Kanal merupakan suatu bangunan penghubung dari suatu system dari arah hulu ke hilir seperti yang digambarkan dalam siklus hidrologi.. Selain sungai yang bersifat alami juga ada sungai yang direkayasa oleh manusia berupa Bangunan Kanal Banjir. Pemahaman yang perlu diperhatikan terkait Sistem Sungai adalah sebagai berikut :

1. **Palung Sungai** adalah: alur terdalam dalam badan **sungai**, sebagai aliran air utama. Merupakan bagian sungai yang secara topografi lebih rendah dan merupakan area basah dan terlewati oleh aliran dengan intensitas kejadian tertentu kecuali kejadian banjir.
2. **Revetment** adalah: bangunan di sepanjang alur sungai atau pantai yang dibuat terutama untuk mencegah longsor serta melindungi pergeseran garis sepanjang aliran sungai dan pantai karena erosi ataupun abrasi.
3. **Parapet** adalah: dinding penahan limpasan air disisi luar bantaran.
4. **Bantaran sungai** adalah: ruang diantara tepian palung sungai dan bagian dalam dari tanggul.
5. **Sempadan Sungai** adalah: garis maya di kiri dan kanan **palung sungai** yang ditetapkan sebagai batas perlindungan **sungai**.

Bahan konstruksi kanal banjir ini bisa dari berbagai jenis mulai dari pasangan batu, beton dan teknologi yang baru berupa bahan Precast. Secara umum dapat dijabarkan sebagai berikut:

- 1) Pengertian Sistem Drainase Secara Umum

Air (SDA) adalah pengendalian daya rusak air baik yang ada dalam suatu sistem Daerah Aliran Sungai maupun dalam Sistem Drainase Perkotaan. Sistem drainase secara umum dapat dijabarkan sebagai usaha untuk mengalirkan, menguras, membuang dan mengalihkan air. Selain itu dapat didefinisikan juga sebagai system bangunan air yang difungsikan mengurangi kelebihan air dari suatu lahan sehingga fungsi dari lahan setelah kering dapat dipakai

secara optimal. Fungsi yang lain juga bisa untuk kontrol kualitas tanah terkait sanitasi (*Suripin 2004*).

Drainase adalah fasilitas dasar yang direncanakan sebagai system untuk memenuhi kebutuhan dan merupakan komponen penting dalam merencanakan suatu system infrastruktur kota. Selain itu Drainase dapat berupa lengkungan saluran air di permukaan maupun di bawah tanah dimana terbentuknya bisa alami atau buatan manusia. Pada konteks di lapangan dapat berupa parit di permukaan maupun gorong gorong di bawah permukaan ; dimana keduanya berfungsi untuk mencegah terjadinya banjir maupun suplai irigasi dan air baku (*A Kusumajaya, 2015*).

Terkait suatu sistem bahwa air hujan yang jatuh ke daratan perlu untuk dialirkan dengan membuat suatu saluran. Untuk yang di permukaan tanah dialirkan ke saluran yang lebih besar sedangkan yang lebih kecil seperti saluran rumah tangga digabungkan dengan sistem infrastruktur lainnya. Dan dikembangkan untuk limbah cair melalui sistem pengolahan (*Kodoatie, 2003*).

## 2) Kanal Banjir Timur Sebagai Satu Kesatuan Sistem Polder

Melanjutkan dari sistem drainase perkotaan ini dapat dikhususkan lagi dalam suatu sistem. Dimana sistem yang diambil adalah sistem Polder. Untuk Sistem Polder ini diambil literasi dari *Imam dan Henny (2014)*, dimana sistem drainase polder adalah sekumpulan dataran rendah yang membentuk kesatuan hidrologis artifisial yang dikelilingi oleh tanggul (*dijk/dike*).

Pada daerah polder, air buangan (air kotor dan air hujan) dikumpulkan disuatu badan air (sungai, situ) lalu dipompakan ke sungai atau kanal yang langsung bermuara ke laut. Polder juga bisa diartikan sebagai tanah yang direklamasi, artinya semula basah dikeringkan.

*Imam dan Henny (2014)* berpendapat bahwa konsep di dalam sistem drainase polder meliputi :

### 1. Tanggul

Bangunan merupakan batas yang mengelilingi badan air pada wilayah tertentu dengan elevasi yang lebih tinggi dari elevasi sekitar bertujuan melindungi dari limpasan air dari luar kawasan. Jenis jenis tanggul antara lain :

- a. Tanggul Alamiah: Sudah terbentuk secara alamiah dari bentukan tanah dengan sendirinya.
- b. Tanggul Timbunan: Sengaja dibuat dengan menimbun tanah atau matrial lainnya di pinggiran wilayah.
- c. Tanggul Beton; Sengaja dibangun dengan campuran beton agar berdiri dengan kokoh dan kuat.
- d. Tanggu Infrastruktur; Struktur yang didesain dan dibangun secara kuat dalam periode waktu lama dengan perbaikan dan pemeliharaan secara berkesinambungan.

### 2. Kolam Retensi

Merupakan cekungan kolam yang menampung air didalamnya, tergantung dari jenis bahan pelapis dinding dasar kolam. Kolam Retensi terbagi atas:

- a. Kolam Alami: Berupa cekungan lahan resapan yang sudah ada secara alami dan dapat dimanfaatkan dalam kondisi asli atau penyesuaian.
- b. Kolam Non Alami: Didesain dan dibuat dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang direncanakan.

### 3. Pompa

Pompa Drainase Perkotaan (Stormwater Pumping) umum dipakai membantu mengalirkan aliran dari satu bidang ke bidang yang lebih tinggi. Pengoperasian pompanya lebih ditentukan kondisi Muka Air di tampungan yang disebabkan hujan atau buangan domestik. Model Pengoperasian:

- a. Sistem Pompa dari Polder ke Laut, dengan kondisi muka air di laut lebih tinggi :

b. Pemompaan Ke Kanal

Sistem pompa ke badan air penerima berupa kanal atau sungai secara prosedur operasional *prototype* dengan prosedur operasional pemompaan ke laut. Namun harus memperhatikan posisi stasiun pompa terhadap tanggul dan ketinggian tanggul terhadap muka air banjir di kanal maupun muka air laut pasang.

3) Persyaratan dan Perencanaan

Tata urutan dasar perencanaan konstruksi bangunan air (SNI 03-2401-1991 Tata Cara Perencanaan Umum Drainase Sungai) dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Persyaratan Normalisasi Kanal Banjir :

1. Aliran Sungainya Sub Kritik
2. Sedimentasinya tidak berat
3. Sedimen angkut tidak kasar
4. Tidak mengangkut sampah besar dan keras ; limbah kimia.
5. Pembentuk konstruksi dari beton atau pasangan batu.

b. Perencanaan Kanal Banjir

Perencanaan Kanal Banjir (Pd T-09-2004-A Perencanaan Kanal Banjir) dengan ketentuan:

- 1) Memenuhi ketentuan Analisa *hidraulik*
- 2) Kanal Banjir Secara struktur memenuhi syarat:
  - a) Konstruksi revetment serta parapet kuat dan memenuhi tinjauan kestabilan guling, geser dan daya dukung tanah.
  - b) Kanal Banjir didesign sebagai fungsi pengendalian banjir.

c. Komponen Bangunan Kanal Banjir.

Secara teknis dapat disebutkan dalam beberapa bagian:

- 1) Parapet
- 2) Bantaran sungai

- 3) Revetment.
- 4) Tetrapod
- 5) Instalasi pemompaan air banjir
- 6) Dan lain-lain

### 2.1.3 Tinjauan Terkait Geoteknik dan Mekanika Tanah

Kegiatan yang dikerjakan:

- 1) Data Sekunder (SNI 03-2401-1991 Tata Cara Perencanaan umum Drainase)
  - a) Topografi terkait survey pengukuran
  - b) Hidrologi terkait data curah hujan
  - c) Geoteknik terkait geologi mekanika tanah
- 2) Pengumpulan data primer (*PT-02 Persyaratan Teknis - Bagian Pengukuran, tahun 1986 tentang Persyaratan Teknis Pengukuran*)
  - a) Peta sistem sungai.
  - b) Pengukuran situasi sungai .
  - c) Data Mektan (Bor, testpit, SPT)
- 3) Penelitian Laboratorium Mektan( *Erizal, Dr,Ir., 2018*)
  - a) *Properties Index*: Berat Isi dan Jenis, Kadar Air, Gradasi Butiran, Batas Plastisitas.
  - b) *Properties Engineering*: *Direct Shear, Consolidation, Permeability, compaction test.*

### 2.1.4 Tinjauan Struktur Pondasi

Struktur ini salah satu bagian dasar dan menelapak langsung dengan tanah. Fungsi utamanya untuk menanggung beban struktur di atasnya. Analisa terkait dimensi maupun mekanis perlu dilakukan (*Das, Braja, M 1995*). Dasar perencanaan pondasi meliputi: Jenis, kekuatan dan daya dukung tanah di bawahnya.

Tanah stabil dengan daya dukung baik akan didapatkan pondasi sederhana. Untuk tanah labil maka akan lebih kompleks. Selain itu penurunan termasuk defleksi/lendutan juga dipertimbangkan.

Ada dua macam penurunan :

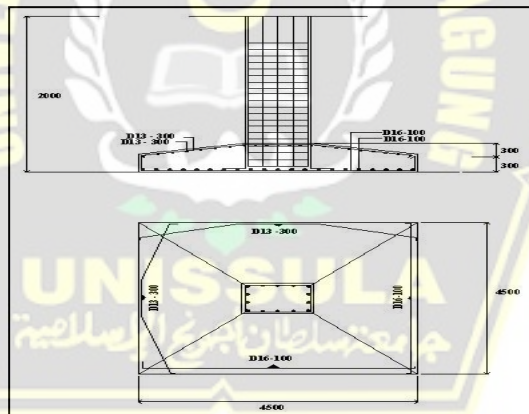
- 1) Secara Total (pondasi turun bersama)
- 2) Secara Diferensial (sebagian turun, bermasalah di pondasi).

Kapasitas Dukung Pondasi (*Roosseno 1989*), dengan kombinasi:

- 1) Gaya gesek tanah (friction)
- 2) Kekuatan tanah ujung pondasi.
- 3) Jenis pondasinya.

Struktur komposisi dalam tanah dan perubahan sulit diprediksi maka perlu pembatasan beban yang boleh bekerja dan besarnya sepertiga dari beban designnya. Beban yang ditanggung pondasi meliputi beban horizontal/geser, akibat tekanan tanah. Selain itu Beban mati meliputi berat sendiri, Beban hidup (orang) air hujan/salju, Gaya akibat gempa, Gaya Angkat (uplift) akibat Momen, Torsi Puntir. Secara garis besar pondasi dibagi menjadi dua jenis:

- 1) Struktur dangkal
  - a. Menerus: menyambung seperti pondasi batu belah
  - b. Setempat: titik plat telapak kolom beton



Gambar 2.1. Telapak Plat Setempat  
(Sumber : *Roosseno 1989*)

- c. Struktur Sarang Laba Laba  
Posisi saling mengikat dan terhubung di tanah lunak.

- 2) Struktur Dalam

Struktur dalam (lebih dari 3m) daya dukungnya dipengaruhi oleh beban struktur dan kondisi tanahnya (*Roosseno 1989*).

Dijumpai pada pondasi tiang pancang, sheet pile, caisson, sumuran, borepile. Tujuannya untuk meneruskan beban atas ke lapisan lebih dalam sampai dengan tanah keras.

## **2.2 Kanal Banjir Timur Kota Semarang**

Sungai buatan ini dikenal dengan Kanal Banjir Timur Kota Semarang. Kota Semarang merupakan bagian dari sub system bagian drainase Semarang bagian timur. Bendung Pucang Gading merupakan hulu dari sungai Kanal Banjir Timur. Selain itu Bendung Pucang Gading terkumpul 3 sistem drainase meliputi ; Kali Babon, Kali Onggorawe dan sistem Banjir Kanal Timur. Kanal ini memang disiapkan oleh Pemerintah Kolonial Belanda untuk mengatasi banjir dari Kota Semarang bagian atas. Kanal ini mengapit wilayah Kota Semarang dengan Kanal Banjir Barat; selain berfungsi untuk ujung saluran kota, di Bendung Plered masih difungsikan untuk penggelontoran kota. Untuk sistem Semarang bagian timur menyambung dengan polder Muktiharjo dan polder Rusun Kaligawe untuk mengurangi genangan di wilayah Semarang bagian timur.

Semua system itu dialirkan ke kanal banjir timur dengan system pompa seperti diadopsi pada sistem polder yaitu antara lain:

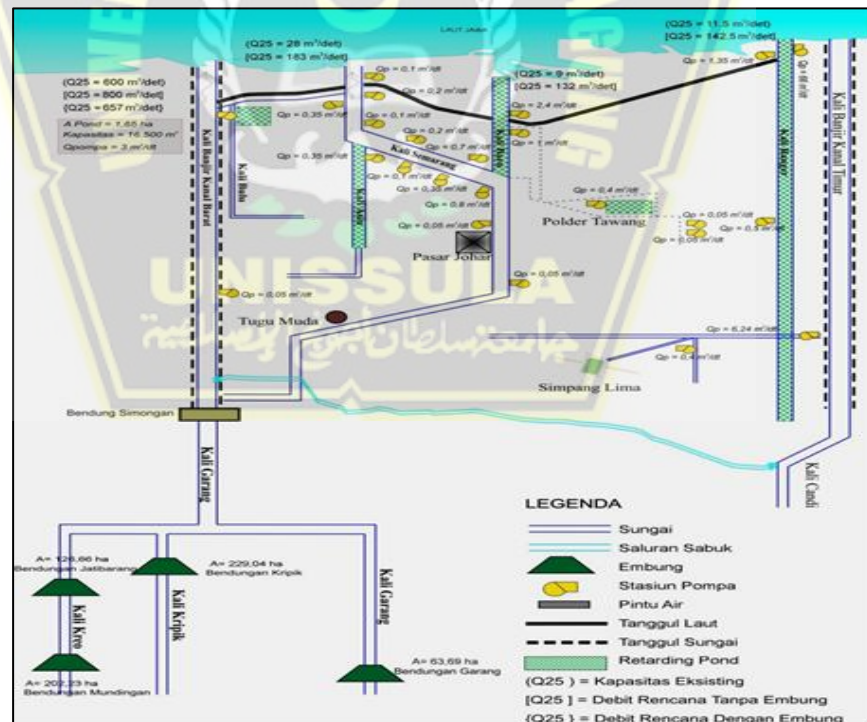
1. Pompa Banjir Kartini; untuk mengurangi retensi banjir wilayah Simpang Lima dan sekitarnya
2. Pompa Banjir Kandang Kebo; untuk mengurangi retensi banjir di wilayah Jalan Gajah dan Masjid Agung Jawa Tengah dan sekitarnya
3. Pompa Banjir Pasar Waru: menyambung dengan kolam retensi Rusun Kaligawe dan Polder Muktiharjo; untuk mengurangi banjir di sekitar daerah di Kaligawe Muktiharjo dan genangan di jalan tol.
4. Pompa Banjir Tambak Lorok: untuk mengurangi banjir di wilayah tambak lorok tanjung mas dan sekitarnya.
5. Saluran inlet dari seluruh daerah dilengkapi dengan system pintu air.

### 2.2.1 Lokasi

Lokasi wilayah studi adalah di Kanal Banjir Timur Kota Semarang yang letak geografinya ada diantara garis  $06^{\circ} 50'$  sampai dengan  $07^{\circ} 10''$  LS dan garis  $109^{\circ} 35' - 110^{\circ} 50'$  BT. Masuk dalam wilayah Kecamatan Semarang Timur, Kecamatan Semarang Utara, Kecamatan Semarang Tengah dan Kecamatan Gayamsari Kota Semarang.



Gambar 2.2. Kanal Banjir Timur Arah Jembatan Majapahit



Gambar 2.3. Tinjauan lokasi  
Sumber: Data DED Drainase Kota Semarang; 2016

Pembangunan Kanal Banjir Timur Kota Semarang yang sudah dilaksanakan saat ini adalah Tahap 1 (satu), dari 2 (dua) tahap :

| SKALA PRIORITAS           |                         |                                   |                                                                                                                                                      |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | MUARA – JEMB. MAJAPAHIT | JEMB. MAJAPAHIT BD. PUCANG GADING | CATATAN                                                                                                                                              |
| Debit Rencana             | 260 m3/dtk              | 260 m3/dtk                        | Sama2 perlu penanganan                                                                                                                               |
| Panjang sungai            | 6,7 Km                  | 7,9 Km                            | Sama2 perlu penanganan                                                                                                                               |
| Perkiraan Biaya           | 550                     | 1043                              | Dana tersedia 600 (SBSN)                                                                                                                             |
| Relokasi Rumah            | 2754                    | 310                               | Walaupun lebih banyak rumah pada areal tahap I Muara – Jembatan Majapahit, proses relokasi rumah sudah mulai dilakukan oleh Pemerintah Kota Semarang |
| Pembebasan Tanah          | 0 (Tanah Negara )       | 131.426                           | Pada areal tahap I Muara – Jembatan Majapahit tidak ada pembebasan tanah (tanah Negara)                                                              |
| Terjadinya bencana banjir | ada                     | Tidak ada                         | Lihat gambar berikut                                                                                                                                 |
| KESIMPULAN                | LEBIH PRIORITAS         | TAHAP SELANJUTNYA                 |                                                                                                                                                      |

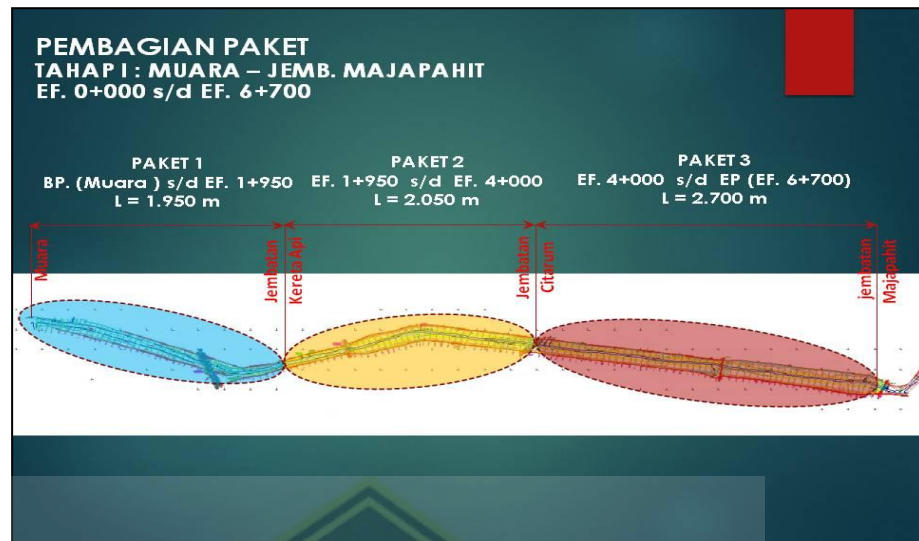
Gambar 2.4. Skala Prioritas Pembangunan Kanal Banjir Timur Kota Semarang  
Sumber : DED Normalisasi KBT Semarang , 2015

Berdasarkan skala prioritas tersebut Pelaksanaan Pembangunan Kanal Banjir Timur Kota Semarang Tahap 1 (satu) dimulai dari Jembatan Majapahit hingga Muara sepanjang 6,7 km yang terbagi atas 3 paket pekerjaan sebagaimana dibawah ini:



Gambar 2.5. Lokasi Pekerjaan Pembangunan

Kanal Banjir Timur Kota Semarang Tahap 1  
Sumber : DED Normalisasi KBT Semarang , 2015



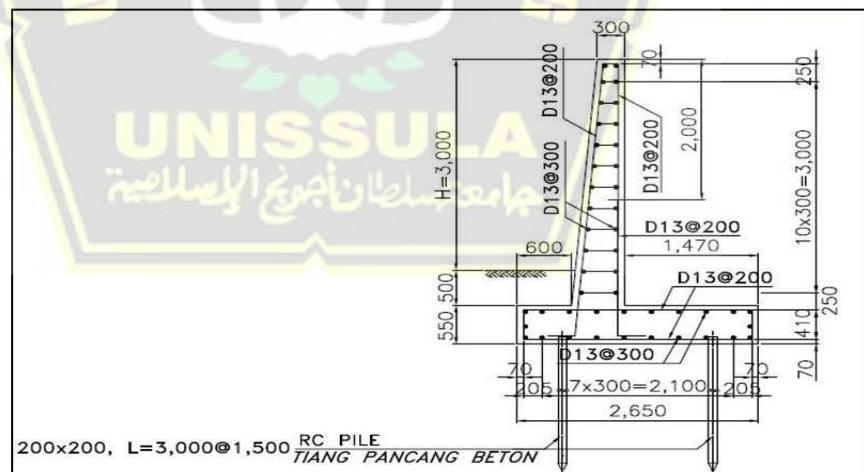
Gambar 2.6. Pembagian Paket Pekerjaan Tahap 1

## 2.2.2 Bagian-Bagian Kanal Banjir Timur

Struktur sungainya terdiri atas :

### 1) Dinding Parapet

Tubuh bangunan retaining wall difungsikan untuk menahan luapan air banjir dari sungai kearah luar yang membahayakan lingkungan.

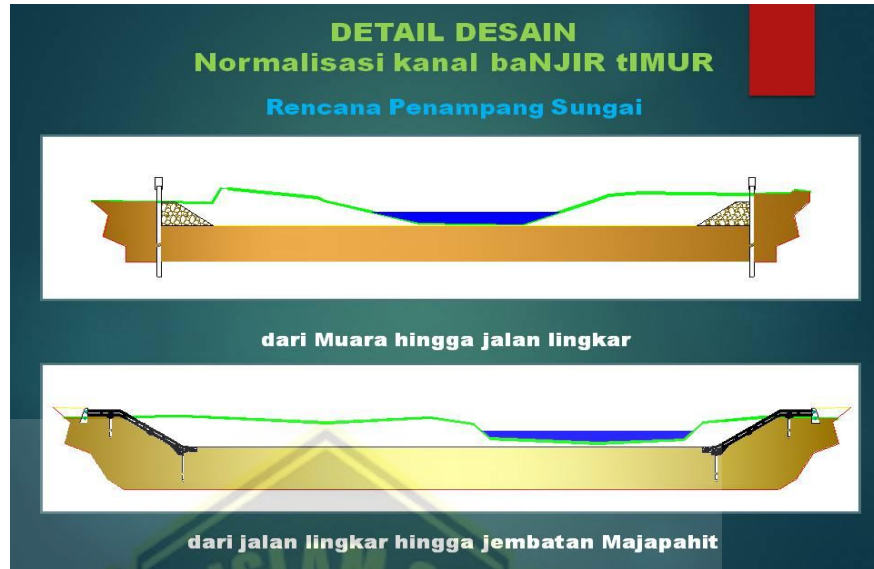


Gambar 2.7. Desain Parapet

Sumber : DED Normalisasi KBT Semarang, 2015

## 2) Bantaran Sungai

Struktur yang mendukung luasan hidrolis sungai dalam rangka untuk memperbesar tampungan kapasitas sungai.

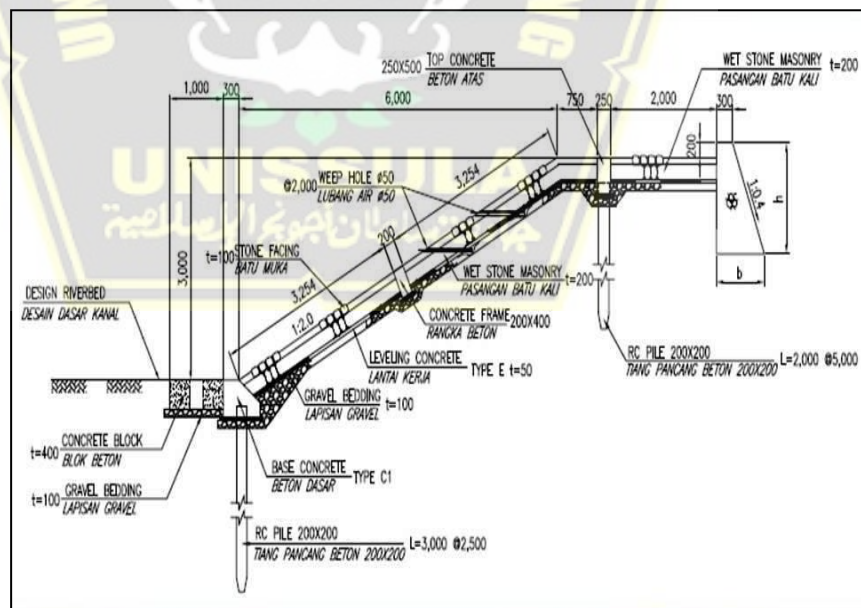


Gambar 2.8. Detail Bantaran Sungai

Sumber : DED Normalisasi KBT Semarang, 2015

## 3) Revetment

Digunakan untuk mengatasi kelongsoran pada tebing sungai



Gambar 2.9. Desain Revetment

Sumber : DED Normalisasi KBT Semarang, 2015

### 2.2.3 Manfaat Kanal Banjir Timur Kota Semarang

Kanal Banjir Timur bermanfaat untuk :

- Mencegah terjadinya banjir dan Rob
- Menerima tampungan inlet air dari saluran dan retarding pond disekeliling
- Mengalirkan air ke arah hilir di laut Jawa

### 2.2.4 Data Debit Rencana

Pada analisis debit banjir rencana perlu pemahaman tentang curah hujan harian. Curah hujan harian adalah: hujan yang terjadi dan tercatat pada stasiun pengamatan curah hujan setiap hari (24 jam). Data curah hujan harian biasanya dipakai untuk perhitungan Debit Banjir Rencana, simulasi kebutuhan air tanaman, simulasi operasi waduk.

Pendekatan terhadap distribusi terdekad di DAS Tuntang Dan DAS Jebor dengan Metode Log Pearson III didapatkan curah hujan rencana

Tabel 2.1. Kapasitas Eksisting Debit Rencana  
Sistem Drainase Semarang Timur

| No | Segmen Saluran     | Luas DAS (ha) | Kapasitas Eksisting ( $m^3/dt$ ) | Debit Rencana ( $m^3/dt$ ) |                      | Keterangan      |
|----|--------------------|---------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------|
|    |                    |               |                                  | Tanpa kolam /embung        | Dengan kolam /embung |                 |
| 1  | Banjir kanal Timur | 20004,5       | 600                              | 800                        | 657                  | Q <sub>25</sub> |
| 2  | Kali Bulu          | 93,57         | 4                                | 18                         | 18                   | Q <sub>25</sub> |
| 3  | Kali Asin          | 281,35        | 5                                | 72                         | 72                   | Q <sub>25</sub> |
| 4  | Kali Semarang      | 576,28        | 28                               | 183                        | 183                  | Q <sub>25</sub> |
| 5  | Kali Baru          | 185,55        | 9                                | 132                        | 132                  | Q <sub>25</sub> |
| 6  | Kali Bandarharjo   | 302,07        | 9                                | 10                         | 10                   | Q <sub>25</sub> |
| 7  | Kali Simpanglima   | 340,3         | 5                                | 156                        | 156                  | Q <sub>25</sub> |
| 8  | Kali Banger        | 523,79        | 11                               | 142                        | 142                  | Q <sub>25</sub> |

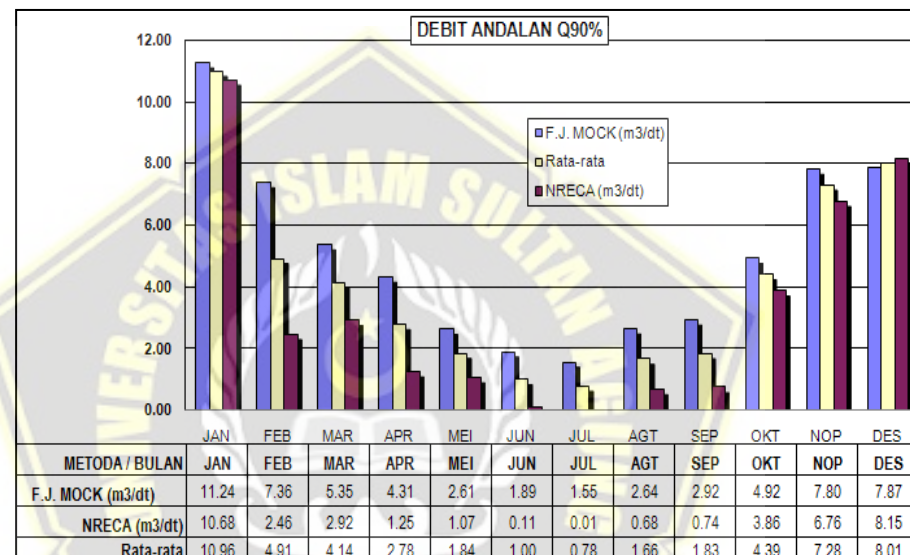
Sumber: DED Drainase Kota Semarang 2016

### 2.2.5 Data Analisis Debit Banjir

Data debit banjir (SNI03-2415-1991) Metode perhitungan Debit Banjir) Tidak didapatkan data AWLR (Automatic Water Level Record) , perhitungan debit banjir dengan simulasi hujan limpasan ( Rainfall Run Off) dengan periode ulang Q50th dan Q100th Metode HSS Snyder dan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.

### 2.2.6 Ketersediaan Air Sungai (Debit Andalan)

Dari data Analisa Pola PSDA untuk debit andalan DAS nya didapatkan :



Gambar 2.10. Ketersediaan Air Sungai Q 90%  
Sumber : Pola SDA BBWS Pemali Juwana 2010

### 2.3 Pedoman Penilaian Kondisi Bangunan Air (Revetment Parapet)

Berdasarkan Kriteria Perencanaan SNI 03-1724-1989 Standart Tata Cara Perencanaan Hidrologi dan Hidrolika Bangunan Sungai



Gambar 2.11. Struktur Revetment  
Sumber: Pelaksanaan Konstruksi Normalisasi KBT, 2019

Berdasarkan *Erizal, 2018*, gaya yang bekerja pada struktur pondasi bangunan yang berhubungan langsung tanah gaya gaya yang dipakai dalam perhitungan stabilitas adalah:

#### 2.3.1 Gaya Akibat Berat Sendiri Revetment dan Parapet

Aksi yang timbul dari berat sendiri bangunan, arah nya vertikal dengan garis kerja melewati titik berat konstruksi dengan berat jenis tergantung dari bahan yang dipakai :

- a. Konstruksi Pasangan Batu : 22 KN/m<sup>3</sup> = 2200 KG/m<sup>3</sup>
- b. Bahan Beton Bertulang : 24 KN/m<sup>3</sup> = 2400 KG/m<sup>3</sup>

Revetment dan Parapet menggunakan bahan beton bertulang.

#### 2.3.2 Gaya Gempa

Reaksi akibat Gempa yang mempengaruhi stabilitas, arah nya horizontal terhadap guling nya konstruksi :

$$E = WBS * \alpha \dots\dots\dots ( 2.1 )$$

Dimana :

E = Reaksi Akibat Gempa (Equivalen)

$\alpha$  = Angka Koefisien Gempa Daerah Jawa Tengah 0,15

WBS = Berat Sendiri Bangunan

Besaran Gaya Gempa di Lokasi Pekerjaan

$$\begin{aligned} E &= WBS * \alpha \dots\dots\dots ( 2.2 ) \\ &= (224,37) * (0,15) \\ &= 33,65 \text{ KN} \end{aligned}$$

### 2.3.3 Tekanan Hidrostatik

Reaksi dari adanya air dengan ketinggian sama dengan tinggi bangunannya ditambah  $\frac{1}{2}$  pondasi.

$$L_h = (\gamma_w * h^2) / 2 \dots\dots\dots ( 2.3 )$$

Dengan :

$L_h$  = Reaksi yang terletak pada  $\frac{2}{3}$  kedalaman bangunan

$\gamma_w$  = Berat Jenis Air 9,8 KN/m<sup>3</sup>

H = Kedalaman air

Perhitungan stabilitas *Revetment dan Parapet* analisa Guling, Geser dan daya dukung tanah

1) Analisa terhadap guling

$$F_x = \frac{\sum MT}{\sum MG} > 1,20 \dots\dots\dots ( 2.4 )$$

2) Analisa terhadap Geser

$$F_x = \frac{\sum RV * \tan \phi}{\sum RH} > 1,00 \dots\dots\dots ( 2.5 )$$

3) Analisa Bearing Capacity (Daya dukung tanah)

$$\sigma = \frac{\sum R_v}{L} * ( 1 \pm 6e/L ) < \sigma \text{ ijin} \dots\dots\dots ( 2.6 )$$

4) Stabilitas Rumus Terzaghi (Daya Dukung Tanah)

Analisa pembandingan Terzaghi (*Terzaghi, K and Peck, RB. (1948)*)

$$q_{ult} = C.N_c + \gamma.H.N_q + 0,4.B.\gamma.N_\gamma \dots\dots\dots ( 2.7 )$$

Nilai  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_r$  berdasar table:

Tabel 2.2. Koefisien Terzaghi

| $\phi$ | $N_c$ | $N_q$ | $N_r$ |
|--------|-------|-------|-------|
| 0      | 5,7   | 1,0   | 0,0   |
| 5      | 7,3   | 1,6   | 0,5   |
| 10     | 9,6   | 2,7   | 1,2   |
| 15     | 12,9  | 4,4   | 2,5   |
| 20     | 17,7  | 7,4   | 5,0   |
| 25     | 25,1  | 12,7  | 9,7   |
| 30     | 37,2  | 22,5  | 19,7  |
| 35     | 57,8  | 41,4  | 42,4  |
| 40     | 95,7  | 81,3  | 100,4 |

Sumber: Karl Henz Terzhagi

## 2.4 Pedoman Penilaian Kondisi Terhadap Sedimentasi

Berdasarkan Kriteria Perencanaan (SNI No. 03-6737-2002 tentang metode pengambilan sample dan penghitungan awal laju sedimentasi di sungai)

### 2.4.1 Tinjauan Sedimentasi

Permasalahan yang sering dihadapi dalam tinjauan Hidrologi dalam suatu Daerah Aliran Sungai adalah :

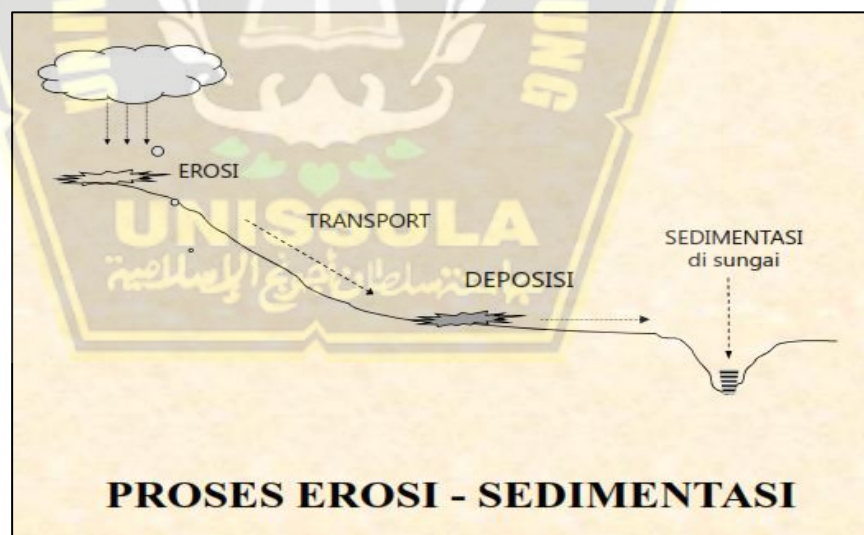
- Kelebihan debit air dengan fenomena banjir dan kekurangan dengan fenomena kekeringan
- Sedimentasi material dialur sungai (sedimentasi)
- Kualitas air baik yang terkait dengan air baku maupun irigasi
- Penurunan muka air tanah



Gambar 2.12. Sedimentasi Sungai

Dalam setiap tahapan rekayasa sipil terkait hidrologi sedimentasi, ditentukan metode perhitungan dari data debit dan kandungan sedimen. Dalam hidrologi terdapat pengertian yang sering dijumpai dalam studi literatur maupun pengamatan di lapangan, yaitu:

- 1) Sedimen: endapan material di sungai/waduk berupa partikel tanah hasil erosi yang terangkut bersama aliran air.
- 2) Sedimentasi: proses pengendapan partikel tanah hasil erosi yang tersuspensi di dalam air dan diangkut aliran air dari hulu ke hilir dengan kecepatan aliran menurun.
- 3) Hasil Sedimen/Sediment Yield: besarnya sedimen erosi pada Daerah Tangkapan Air (DTA) diukur pada tempat dan waktu tertentu dalam bentuk Muatan Sedimen Terlarut (Suspended Sediment Load)
- 4) Laju Sedimentasi: Jumlah hasil sedimen dibagi satuan luas DTA/DAS persatuan waktu (ton/Ha/tahun atau mm/tahun). Sedimentasi dari hasil hitungan atau kondisi lapangan dapat digunakan sebagai salah satu indikator kesehatan DAS dari aspek tata guna air.



Gambar 2.13. Proses Erosi Sedimentasi  
Sumber: Laporan DED KBT Semarang, 2015

Laju Sedimentasi DAS dipengaruhi :

- 1) Intensitas dan jumlah hujan
- 2) Susunan Geologi dan Type tanah ; formasi penutupan tanah
- 3) Keadaan drainase alami: Ukuran, arah, kerapatan, jaringan bentuk, gradien muka bumi. Aliran Permukaan (Run Off); Jenis dan karakteristik sedimen: ukuran butir, susunan butiran
- 4) Jenis Karakteristik hidrolika saluran (sungai)

#### 2.4.2 Mekanisme Angkutan Sedimen

Mekanisme angkutan sedimen dibedakan:

- 1) Asal Sumber
  - a) Bed Material Load: Muatan Material Dasar: Suspended Load + Bed load.
  - b) Wash Load: Muatan Bilas.
- 2) Mekanisme pengangkutan:
  - a) Suspended load: Muatan Sedimen layang
  - b) Bed Load: Muatan Sedimen Dasar

#### 2.4.3 Pengukuran bedload terhadap suspended load

Pengukuran dilakukan pada suspensi di sungai dengan menganalisis presentase antara bedload dan suspendedload dapat diterangkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 2.3. Prosentase Bedload terhadap Suspenload

| <i>Persentase bedload terhadap suspended load</i> |           |                                                    |                     |          |
|---------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------|---------------------|----------|
| 1.                                                | < 1000    | Pasir ( <i>sand</i> )                              | Pasir: 20-50 %      | 25 – 150 |
| 2.                                                | 1000-7500 | Pasir                                              | Pasir: 20-50 %      | 10 – 35  |
| 3.                                                | > 7500    | Pasir                                              | Pasir: 20-50 %      | 5        |
| 4.                                                | Berapapun | Padatan lempung ( <i>clay</i> ), kerikil, dan batu | Pasir: sedikit-25 % | 5 – 15   |
| 5.                                                | Berapapun | Lempung ( <i>clay</i> ) dan debu ( <i>silt</i> )   | Pasir: 0 %          | < 2      |

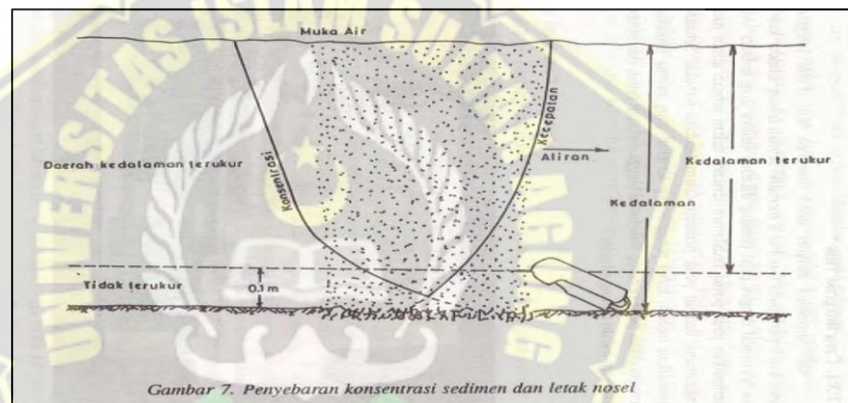
Sumber: Suripin, Sistem Drainase Perkotaan, 2004

#### 2.4.4 Pengukuran Sedimen Sample Air (suspense)



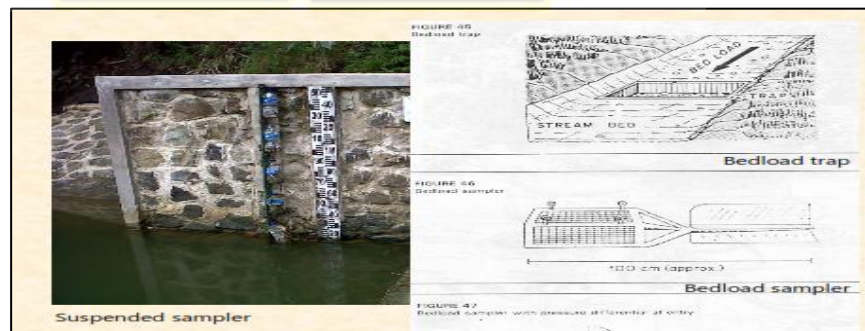
Gambar 2.14. Pengukuran di lapangan  
Sumber: Suripin, Sistem Drainase Perkotaan, 2004

1. Alat: Botol sampel ukuran +/- 500 melayang dipasang pada suspended sampler Type US DH48, US DH49, USD-74 atau USP-61 + nosel tutup botol.



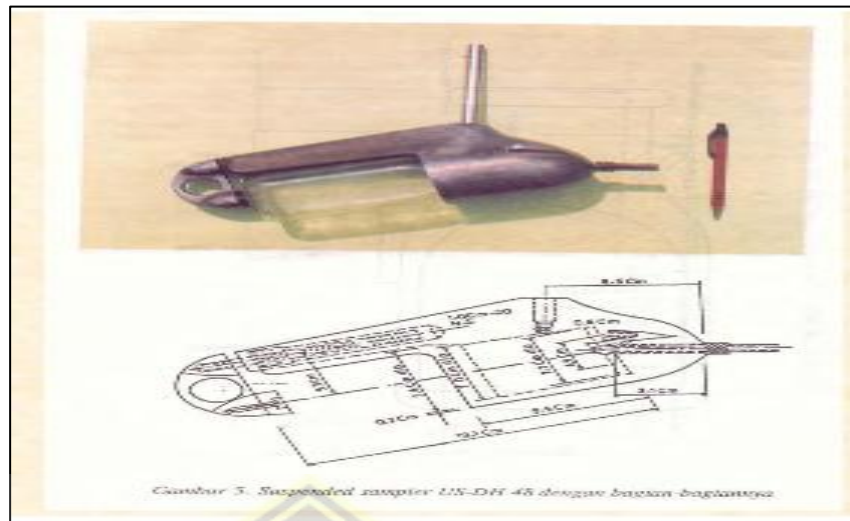
Gambar 2.15. Penyebaran Kosentrasi Sedimen di Dasar Sungai  
Sumber: Suripin, Sistem Drainase Perkotaan, 2004

2. Metode pengambilan: Integrasi titik, kedalaman



Gambar 2.16. Pengambilan Sample secara langsung  
Sumber: Suripin, Sistem Drainase Perkotaan, 2004

3. Jumlah frekuensi ambil sampel suspense representative (sifat banjir, hidrograf/waktu climb dan resesi, kemarau/hujan).



Gambar 2.17. Suspended Sedimen Sampler US DH-48  
Sumber: Suripin, Sistem Drainase Perkotaan, 2004

#### 2.4.5 Satuan Pengukuran Sedimentasi di Lapangan

Dalam Pengukuran hasil di lapangan satuan yang digunakan untuk analisa adalah :

- 1) Sedimen terangkut aliran konsentrasinya: mg/l, g/m<sup>3</sup>, %, ppm
- 2) Ukuran butir: mm ; %
- 3) Hasil sedimen: m<sup>3</sup>, ton, mm
- 4) Laju sedimentasi: m/th, ton/th, mm/th.

#### 2.4.6 Perhitungan Hasil Sedimentasi.

Pengertian dalam Hitungan Hasil Sedimentasi :

1. Debit/Q: Volume air mengalir per satuan waktu: m<sup>3</sup>/detik.
2. Konsentrasi Sedimen/Cs: Kandungan sedimen: Jumlah sedimen tersuspensi per volume air.
3. Data Cs dari sample laboratorium diketahui konsentrasi sedimen (mg/ltr; PPm).
4. Debit Sedimen (Qs) ; Debit (Qm<sup>3</sup>/dt) X Cs (mg/l)

#### 2.4.7 Perhitungan Konsentrasi Sedimen (Cs)

Perhitungan konsentrasi sedimen:

1. Metode Penguapan:

Sedimen Terkonsentrasi (Cs):  $(b-a)/\text{Vol Air .mg/l}$

2. Metode Penyaringan:

Sedimen terkonsentrasi (Cs):  $(b-a)/\text{Vol Air ..mg/l}$

a : berat gelas ukur/kertas saring kosong

b : berat gelas ukur/kertas saring isi

#### 2.4.8 Perhitungan Debit Suspensi (Qs)

1) Hitungan debit suspensi sesaat/harian

$Q_{si} = C_{si} \times Q_i \text{ kg/dtk , ton/hari}$

2) Hitungan lengkung debit suspensi diambil dari berbagai sample air variasi Tinggi Muka Air (TMA) dan debit serta waktu tertentu.

### 2.5 Tinjauan Simulasi Hec-Ras

Aplikasi Hec Ras merupakan aplikasi freeware yang dikeluarkan oleh Engineering Center US Army. Dimana aplikasi ini menitikberatkan pada Analisa Hidraulika pada sebuah sungai. Dengan analisis ini dapat diketahui elevasi muka air pada penampang saluran saat debit air melalui saluran tersebut. Analisis aliran nya Steady, Unsteady dan Sediment Transport.

Langkah dalam pembangunan model hidrolis nya adalah :

1. Start Program Hec Ras
2. Memasukkan nama proyek
3. Input data geometri
4. Input data debit
5. Running program

#### Persamaan Analisa Hidrolika Hec Ras

Persamaan hidrolika Hec-Ras membagi aliran dalam 2 katagori yaitu aliran permanen dan tidak permanen. Untuk permanen memakai persamaan energi, tidak permanen dengan persamaan kekekalan massa dan momentum.

### 2.5.1 Persamaan Energi

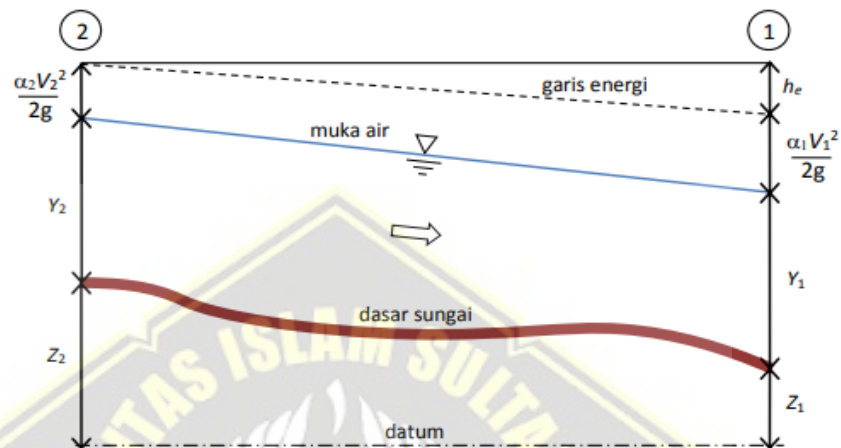
Perhitungan aliran permanen dari profil muka air sepanjang alur penampang lintang nya.dihitung dengan persamaan energi

$Y_1, Y_2$  = Kedalaman aliran

$Z_1, Z_2$  = Elevasi dasar saluran

$V_1, V_2$  = Kecepatan rata rata (Debit/Luas Penampang Basah)

$g$  = percepatan gravitasi ;  $h_e$  = Kehilangan tinggi energi



Gambar 2.18. Diagram Persamaan Energi

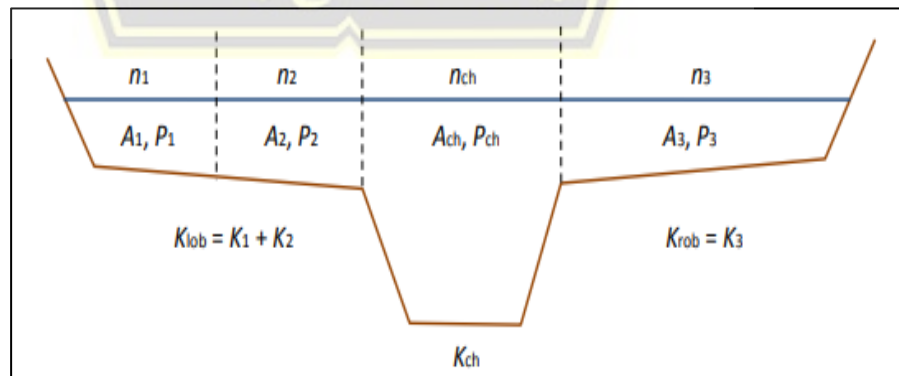
Sumber: Hydrology Engineering Center, US Army 2002

### 2.5.2 Kehilangan Tinggi Energi

Diantara dua tampang lintang, berupa kehilangan energi karena gesekan dan karena perubahan tampang.

### 2.5.3 Kapasitas Angkut Tampang

Dikelompokkan dalam bantaran kiri, alur utama dan bantaran kanan



Gambar 2.19. Pembagian Tampang Kapasitas Angkut

Sumber : Sumber : Hydrology Engineering Center, US Army 2002

## **2.6. Pemodelan Stabilitas (Revetment dan Parapet) dengan Program Plaxis**

Pada penelitian ini selain menggunakan excel dalam Analisa data stabilitas konstruksi ; program plaxis bertujuan :

1. Analisa deformasi geoteknik
2. Model 2 dan 3 dimensi

## **2.7 Penelitian Sejenis Terdahulu**

Untuk memastikan keaslian tema penelitian, penulis mencari beberapa karya ilmiah penelitian yang telah dipublikasikan sebagai pembanding. Beberapa Judul Penelitian yang berkaitan dengan Kanal Banjir Timur Kota Semarang yang penulis temukan diantaranya adalah:

- 1) Permodelan Banjir di Sub DAS Kanal Banjir Timur Semarang
- 2) Penataan Kanal Banjir Timur Kota Semarang
- 3) Perencanaan Bangunan Penahan Sedimen (Check Dam II) di Daerah Aliran Sungai Ciliman Desa Leuwikopo Kec, Gunung Kencana Kabupaten Lebak
- 4) Laporan Penanganan Banjir di Sungai Kanal Banjir Timur Kota Semarang
- 5) Analisis Banjir Berbasis Sistem Informasi Geografis

Tabel 2.4. Penelitian Terkait

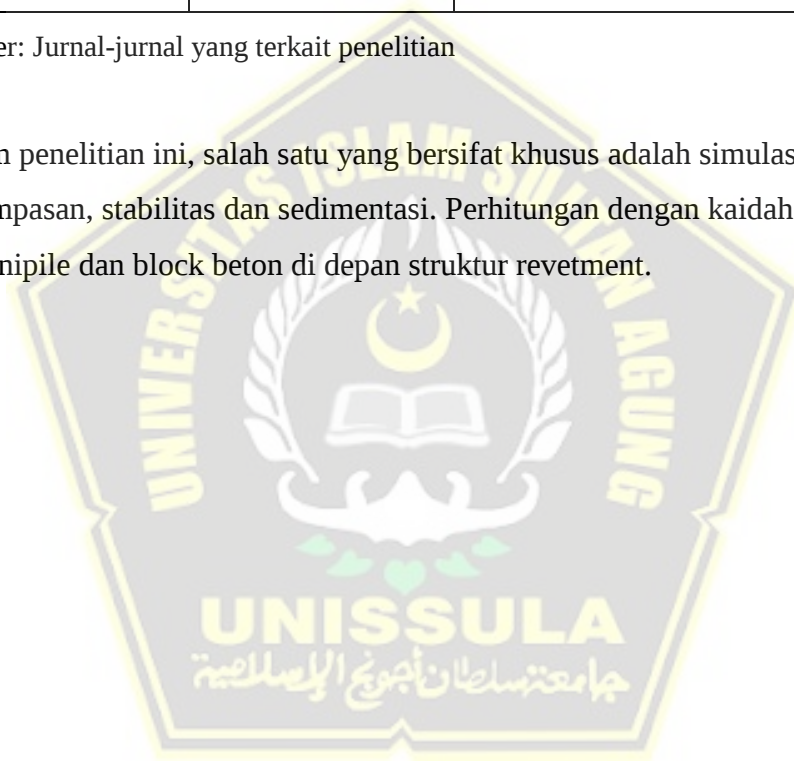
| No | Judul                                                | Peneliti                                                                                                                    | Tujuan                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Hasil                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Permodelan Banjir Di DAS Kanal Banjir Timur Semarang | Aprinato, Widhi Kurniawan ; Sanjoto, Tjatusungkono Budi ; Tjahjono, Heri ; Jurnal Unnes Geo Image 8(2) (2019)               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengetahui hasil Model Genangan di Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Banjir Kanal Timur Kota Semarang</li> <li>2. Mengidentifikasi daerah rawan banjir berdasarkan permodelan di Banjir Kanal Timur Semarang pada periode ulang Q2,5,10,25,50,100,200</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sungai mengalami luapan dari periode ulang 2th hingga 200<sup>th</sup></li> <li>2. Volume debit puncak 202,32 m<sup>3</sup>/detik pada periode ulang 2th dan 283,15 m<sup>3</sup>/detik pada periode ulang 200th</li> <li>3. Simulasi aliran tak permanen menunjukkan luapan sungai Banjir Kanal Timur terjadi di 8 Kelurahan yang berada di Sepanjang Sungai Utama; Dimana Kelurahan Terboyo Kulon memiliki tingkat kerawanan banjir terluas dengan sebaran 112 Ha dan Kelurahan Tanjung Mas 107 Ha ditambah dengan kondisi terjadinya pasang surut air laut.</li> </ol> |
| 2. | Penataan Banjir Kana Timur Semarang                  | Krisna, Adijaya ; Wisnu, Pranoto ; Suripin ; Budieny, Hari : jurnal Karya Undip Teknik Sipil Vol 4 no,4 th 2015 hal 313-323 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rancangan Desain Rencana Penataan KBT sesuai konsep Restorasi Sungai</li> </ol>                                                                                                                                                                               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Debit banjir Rencana Q50 sebesar 518,29 m<sup>3</sup>/detik</li> <li>2. Karena tidak mampu menampung debit Q50 maka untuk BKT Sta 0 sd Sta 137 dilakukan perubahan design Lebar Sungai hulu awal 21,2m jadi 23 m ; tengah 35,7m jadi 40m hilir 55,4m jadi 60m.</li> <li>3. Sempadan dan Bantaran Kanal Banjir Timur ditingkatkan menjadi Ruang Terbuka Hijau yang difungsikan untuk taman dan sarana olahraga</li> </ol>                                                                                                                                                  |

| No | Judul                                                                                                                                  | Peneliti                                                                                                                                    | Tujuan                                                                                                                                                                                                                                                                      | Hasil                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3  | Perencanaan Bangunan Penahan Sedimen (Check Dam II) di Daerah Aliran Sungai Ciliman Desa Leuwikopo Kec, Gunung Kencana Kabupaten Lebak | Handayani, Wawan ; Ansor, Gunawan ; Ridho, Muhammad Taufik :<br>Jurnal karya Teknik Sipil Universitas Banten Feb 2019 ;<br>P ISSN 2656=0844 | 1. Menganalisis Tingkat efektifitas Chekdam dalam kapasitas Debit Banjir Q 25 dan Q50 dalam pencegahan banjir di Daerah Aliran Sungai<br>2. Tingkat degradasi sungai akibat sedimentasi yang mempengaruhi stabilitas                                                        | 1. Debit Banjir Rencana Q50th didapatkan angka 413,537 m <sup>3</sup> detik sedangkan untuk Q25th adalah sebesar 383,379 m <sup>3</sup> /detik<br>2. Dimensi Cekdam dengan debit terencana terdapat lebar mercu 19 meter dengan tinggi jagaan 1,2 m , elevasi lantai muka -4,60 m elevasi dasar kolam olah 3,07 m<br>3. Perhitungan stabilitas dari tekanan tanah pasif (Pp) = 33,279 ton |
| 4. | Laporan Penanganan Banjir di Sungai Banjir Kanal Timur Semarang                                                                        | Triatmodjo, Bambang ;<br>Repository, Hidrology Report, Jurnal Perpustakaan Universitas Gadjah Mada th 2018                                  | 1. Mengetahui daerah rawan limpasan banjir Sungai Kanal Banjir Timur<br>2. Mengetahui aliran dan kapasitas Sungai Kanal Banjir Timur Semarang<br>3. Apakah penelitian yang dilakukan th 2003 sungai Banjir Kanal Timur semarang masih mampu menampung debit maksimal di Q25 | 1. Hasil Simulasi Q25 debit Max 387,93m <sup>3</sup> /dtk terjadi limpasan di beberapa STA.<br>2. Kecepatan max di RS 129 sd 84 pas di RS 103 sebesar 3,57 m/dtk.<br>3. pada Q25 tidak melimpas, Q30 limpasan di RS 101, Pada Q40 limpasan di RS 112, Q50 limpasan di RS 117, Q75limpasan di RS 129, Q 100 limpasan di RS126<br>4. Rawan limpasan banjir di hilir dan tengah sungai       |

| No | Judul                                                                                                                                   | Peneliti                                                                                   | Tujuan                                                                                                                                                            | Hasil                                                                                                                                             |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. | Analisis Area Luapan Banjir akibat kenaikan Debit Air Berbasis Sistem Informasi Geografis (Study Kasus DAS Banjir Kanal Timur Semarang) | Mia, Anggorowati ; Arief, Laila Nugraha ; Arwan, Wijaya Putra : Teknik Geodesi Undip ,2014 | 1.Mengetahui akibat land subsidence pada tingakt Rob di Muara Kanal Banjir Timur Semarang<br>2, Mengetahui kondisi Debit air pada saat hujan dan berakibat banjir | 1.Luapan banjir terbesar di Kelurahan Terboyo Kulon seluas 119,153 Ha pada Q 25<br>2. Area tata guna terluas akibat banjir pada tambak 221,116 Ha |

Sumber: Jurnal-jurnal yang terkait penelitian

Dalam penelitian ini, salah satu yang bersifat khusus adalah simulasi secara simultan dengan perhitungan simulasi titik beratkan pada debit limpasan, stabilitas dan sedimentasi. Perhitungan dengan kaidah rumus analisa teknik. Selain itu perbaikan tanah dasar dengan perkuatan minipile dan block beton di depan struktur revetment.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Bentuk Penelitian**

Dalam hal metode yang diambil adalah berupa study berdasarkan kondisi lapangan, yaitu tentang “Simulasi dan Evaluasi Debit Maksimum terhadap Konstruksi *Revetment* Bantaran dan *Parapet* Kanal Banjir Timur Kota Semarang” pada tingkat kestabilan konstruksi revetment dan parapet yang berfungsi untuk menahan air pada elevasi banjir Q50 agar tidak melimpas ke permukiman warga.

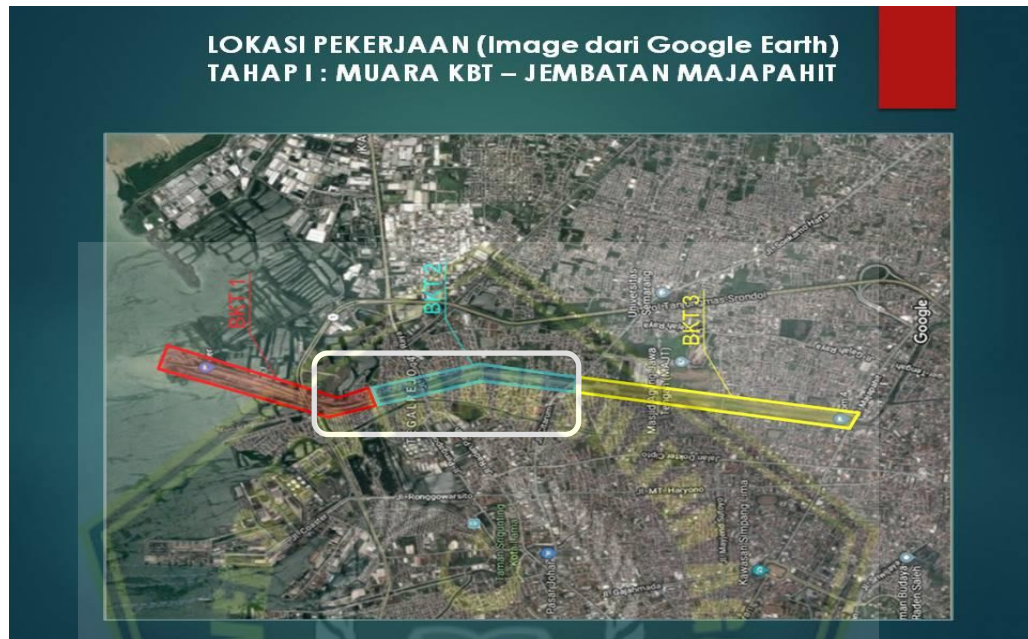
Menuurut (*indriantoro dan Supomo, 2000*) penelitian study kasus bertujuan menyelidiki secara mendalam tentang subyek tertentu untuk memberikan gambaran yang lengkap mengenai subyek tertentu.

Penelitian ini mengambil metode pendekatan Analisis Kuantitatif ; menurut (*Sigit 2001*) metode yang dirancang untuk mengumpulkan berbagai informasi tentang keadaan kondisi yang sedang terjadi. Informasi data dari hasil laboratorium sebagai implementasi metode tersebut selain sumber data yang lain untuk menjawab pertanyaan yang menyangkut keadaan waktu yang sedang berjalan.

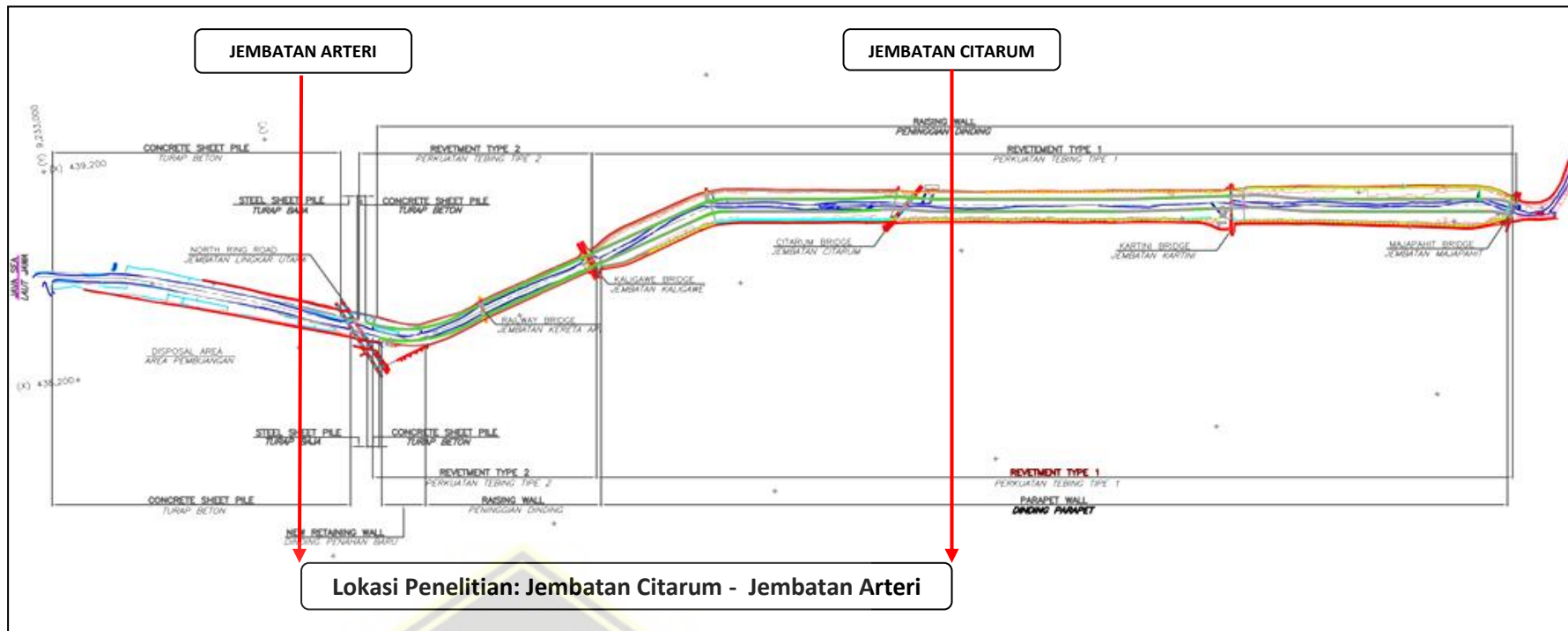
Ditilik dari tujuannya, merupakan Study Korelasional untuk mengetahui adanya hubungan antara debit banjir maksimum Q50 pada limpasan banjir di tanggul parapet normalisasi. Selain itu pengaruhnya juga pada stabilitas dan tingkat sedimentasinya.

### 3.2 Lokasi Penelitian

Program ini diambil pada lokasi Proyek Normalisasi Sungai Kanal Banjir Timur Semarang, yang meliputi wilayah Semarang Timur, Gayamsari, Semarang Tengah dan Utara Kota Semarang. Sepanjang 6,7 KM dari jembatan Majapahit sampai dengan Muara Sungai.



Gambar 3.1. Lokasi Kanal Banjir Timur Kota Semarang (Garis Putih)  
*Sumber: data dokumentasi proyek 2018*



**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
2022

**JUDUL TESIS :**  
SIMULASI DAN EVALUASI SAAT DEBIT MAKSIMUM TERHADAP KONSTRUKSI REVETMENT DAN PARAPET SERTA TINGKAT SEDIMENTASI KANAL BANJIR TIMUR KOTA SEMARANG

**PETA TRASE KANAL BANJIR TIMUR KOTA SEMARANG**

| LEGEND |                         |
|--------|-------------------------|
|        | EARTH                   |
|        | ROCK                    |
|        | EMBANKMENT / CUT SLOPE  |
|        | SLOPE WITH REVETMENT    |
|        | FLOW DIRECTION          |
|        | WET STONE MASONRY       |
|        | COBBLE STONE OR GRAVEL  |
|        | CONCRETE                |
|        | BLOCK OR CONCRETE BLOCK |
|        | WATER SURFACE           |

**Lokasi Penelitian : Jembatan Citarum – Jembatan**

**SUMBER : DED PROYEK KANAL BANJIR TIMUR**

Gambar 3.2. Lokasi Penelitian dari Jembatan Citarum – Jembatan Arteri

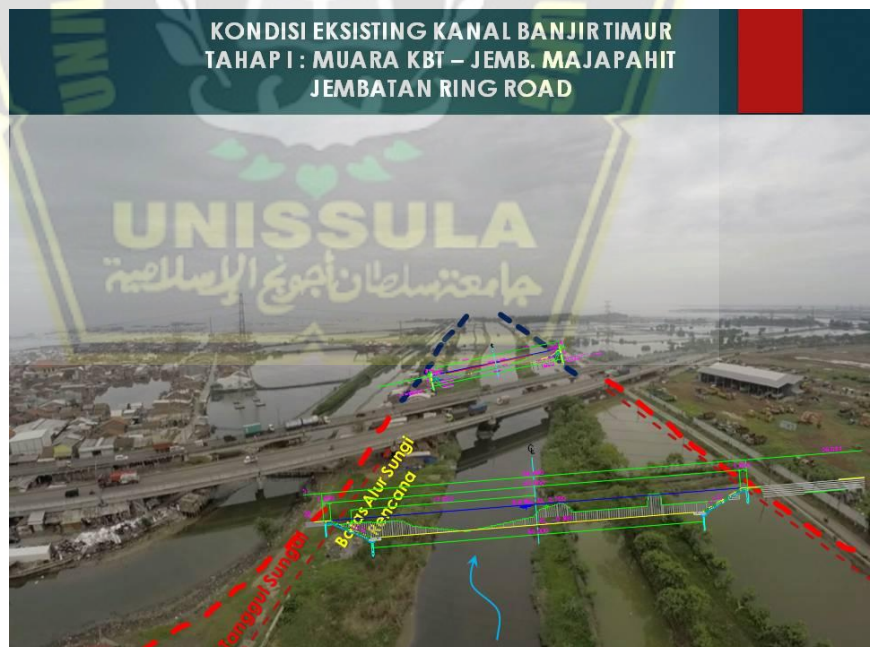
Batasan lokasi penelitian meliputi:

3.2.1 Antara Jembatan Citarum dan Jembatan Pasar Waru



Gambar 3.3. Awal Titik Lokasi Penelitian Jembatan Citarum  
Sumber: data dokumentasi proyek 2018

3.2.2 Antara Jembatan Pasar Waru dan Jembatan Arteri



Gambar 3.4. Akhir Titik Lokasi Penelitian Jembatan Arteri  
Sumber: data dokumentasi proyek 2018

### 3.3 Alur Penelitian

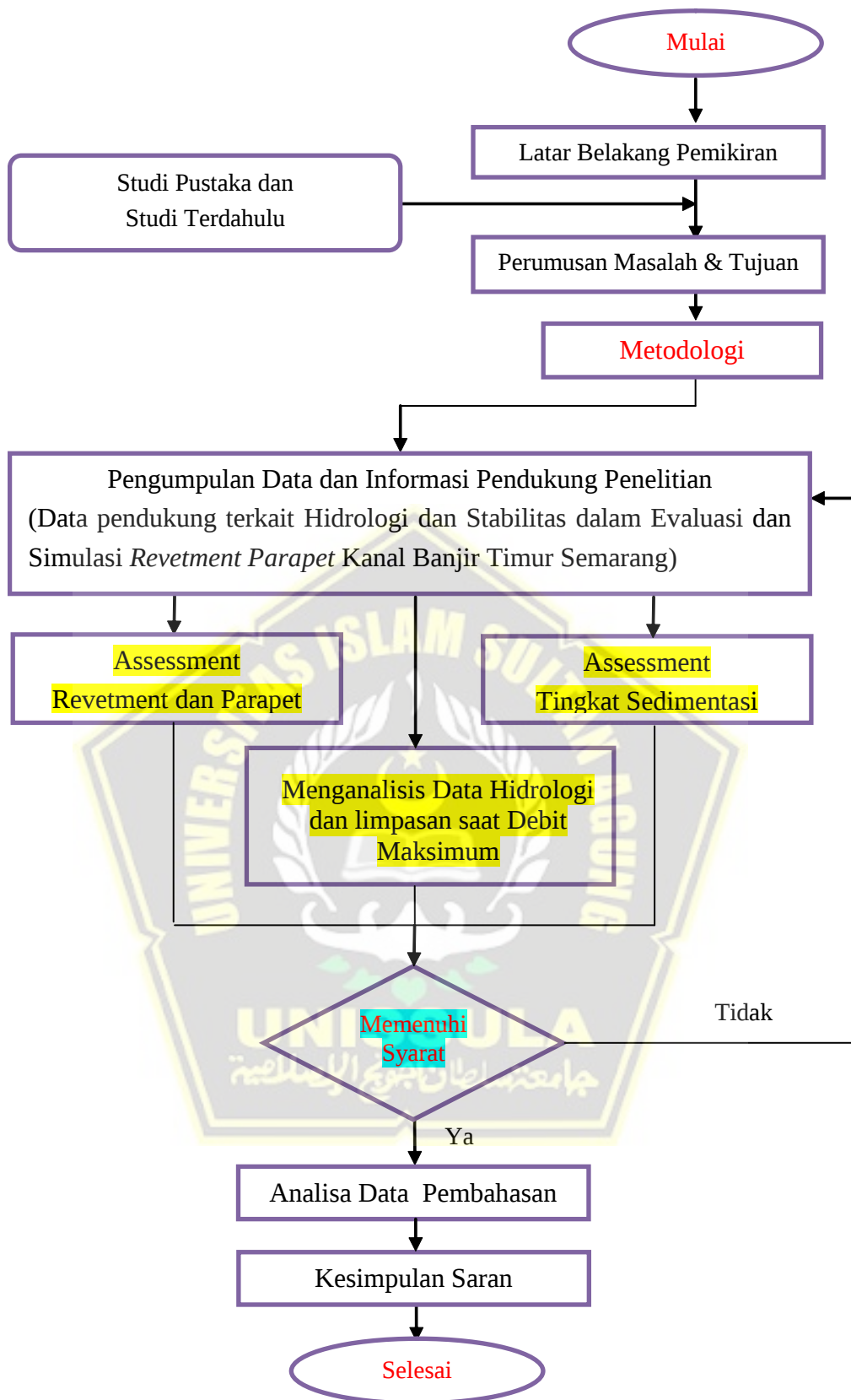
Merupakan tahapan penelitian untuk mengetahui pengaruh debit banjir terhadap tingkat limpasan banjir, kestabilan konstruksi dan tingkat sedimentasi. Dirumuskan dalam alur sebagai berikut:

- 1) Mengetahui faktor yang mempengaruhi kinerja revetment parapet terhadap limpasan debit banjir, stabilitas dan sedimentasinya.
- 2) Menerapkan metode penelitian yang tepat untuk menjawab permasalahan.
- 3) Melakukan pengumpulan dari sumber asli, diskusi dengan pihak berkompeten. Data sekunder dari referensi jurnal, penelitian terdahulu, buku, data dari instansi terkait.

### 3.4 Langkah Metode Penelitian Analisa Kuantitatif

Dengan metode ini bertujuan untuk menggambarkan, menjelaskan atau meringkaskan berbagai kondisi, situasi, fenomena, berdasar kejadian apa ada nya diungkapkan dalam data documenter (*Burhan Bungin 2014*).





Gambar 3.5. Bagan Alir Tahapan Penelitian

### **3.4.1 Variabel Faktor Proses Evaluasi dan Simulasi Kestabilan Struktur *Revetment* dan *Parapet***

Penelitian Analisa Kuantitatif ini dengan mengambil lokasi Pekerjaan Pembangunan Kanal Banjir Timur Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah. Sebagian besar pekerjaan *Retaining Wall* dari konstruksi beton bertulang dan pekerjaan tanah. *Revetment* dan *Parapet* berupa *Retaining Wall* pada *existing* di evaluasi terhadap kapasitas hidrologi dan hidrolika debit terhadap kapasitas tampungan. Baik yang terkait dengan debit banjir maksimum Q50, Q 100; sedimentasi di bantaran sungai serta kestabilan *revetment* dan *Parapet*. Faktor pengaruh nya ada 2 baik external maupun internal. Dapat diuraikan :

#### **1. External Factor ( dari luar )**

Berasal dari luar dan diamati langsung :

- a. Curah hujan
- b. Debit Banjir dan kecepatan sediment transport
- c. Tekanan *Hidrostatic*; *Hidrologi dan Hidrolika Sungai*
- d. Sedimentasi di Bantaran Sungai

#### **2. Internal Factor ( dari dalam )**

- a. Geologi lahan dan mekanika tanah asli.
- b. Topografi dan susunan tanah.
- c. Metode galian dan timbunan dan sedimentasi tanah setempat
- d. Telapak pondasi dalam dimensi *revetment* dan *parapet*

### **3.4.2 Variabel Awal Analisa Hidrologi, Hidrolika, Sedimentasi dan Stabilitas Kondisi *Revetment* dan *Parapet Existing***

- 1) Pengaruh Curah Hujan Dan Debit Banjir pada kondisi *existing* mula mula dan setelah di normalisasi
- 2) Ketinggian Elevasi Sungai secara morfologis untuk tampungan sungai dalam pengendalian banjir pada saat sebelum dan sesudah normalisasi

- 3) Tingkat kecepatan sedimen transport dan volume sampai dengan saat normalisasi yang harus dipindahkan
- 4) Dimensi struktur untuk kestabilan konstruksi Revetment dan parapet

### 3.4.3 Metode Pengumpulan Data

Merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu (Sugiyono, 2014). Bertujuan untuk pengumpulan data lapangan :

#### 1) Metode Dokumentasi

Berupa bahan tertulis ataupun film documenter digunakan untuk keperluan penelitian (Moloeng 2012). Dari sudy terdahulu dan pelaksanaan konstruksi untuk simulasi dan evaluasi terkait hidrologi, hidrolika, sedimentasi dan stabilitas struktur Revetment dan Parapet konstruksi *Retaining Wall* tersebut pada Pelaksanaan Pekerjaan Normalisasi Sungai Kanal Banjir Timur Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah pada Satuan Kerja Penngembangan Jaringan Sumber Daya Air (PJSA) BBWS Pemali Juana.

#### 2) Observasi

Kegiatan keseharian dengan panca indra sebagai alat bantu utama ; untuk menggunakannya dalam mencapai tujuan (Bungin, 2014 ).

Teknik pengumpulan data mempunyai ciri spesifik berupa wawancara dan kuisioner tidak terbatas pada orang tetapi pengamatan di obyek alam (Sugiyono, 2014).

Dilanjutkan dengan pengelompokan data :

##### a. Data Sekunder

1. Survey Topografi.
2. Hidrologi Curah Hujan
3. Geoteknik Mekanika tanah
4. Data Tingkat Sedimentasi di Sungai

b. Data Primer

- 1) Geospasial sistem sungai
- 2) Survey detail struktur sungai
- 3) Geologi teknik
- 4) Pengamatan Sedimentasi

c. Pelaksanaan Uji Laboratorium :

Mekanika Tanah

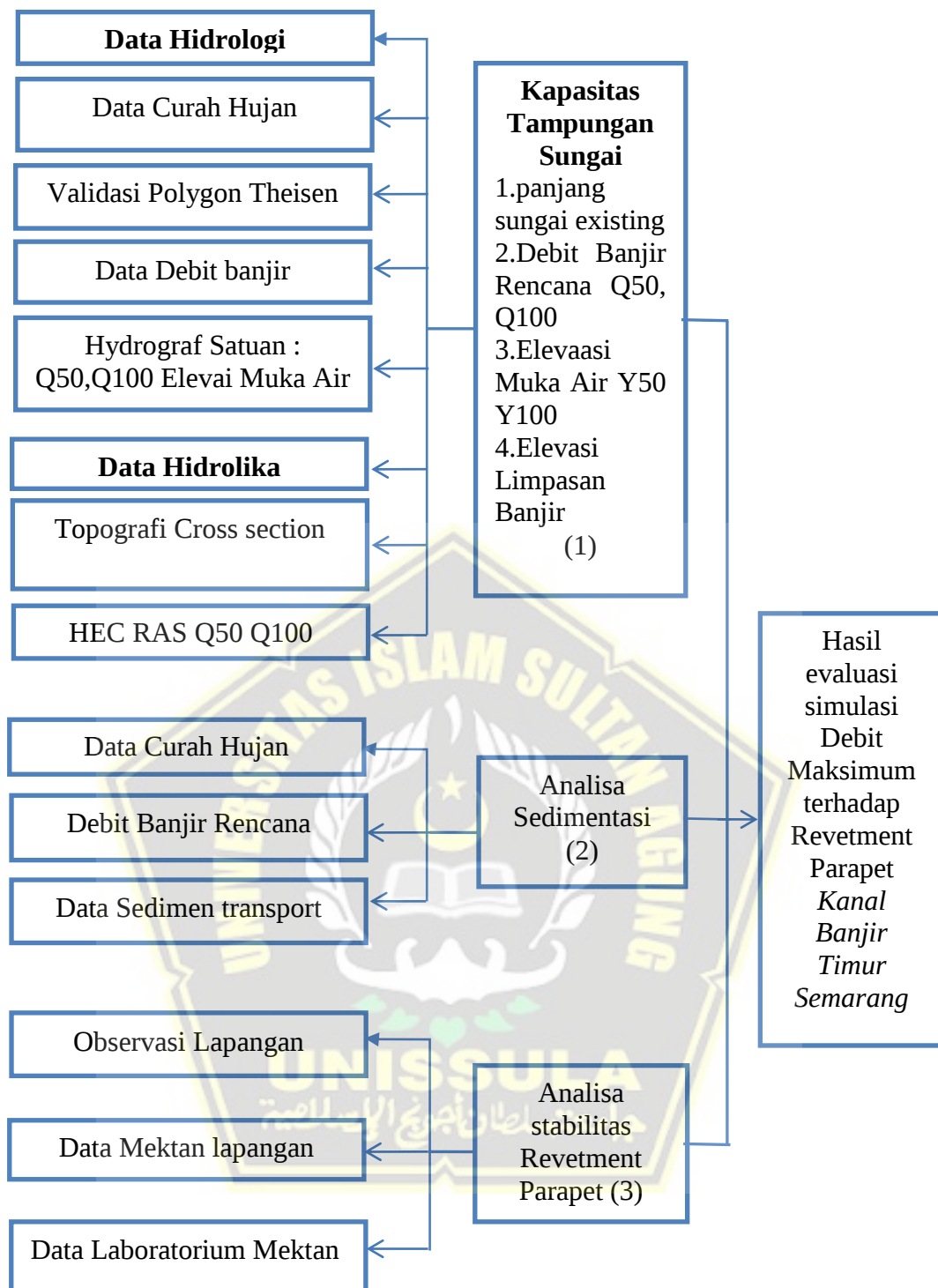
- 1) *Properties Index* : Berat Isi, Berat Jenis, Kadar Air, Gradasi butiran, index plastisitas.
- 2) *Properties Engineering* : Direct Shear Test, Konsolidasi, permeabilitas, kepadatan

#### 3.4.4 Metode Pengolahan Data

Kegiatan lanjutan melalui tahapan editing (pengelompokan data), coding (klarifikasi data), tabulating/pengolahan data (Bungin, 2014).

#### 3.4.5 Metode Analisis Data

Tahapan setelah analisa untuk mendapatkan kesimpulan data dengan dijabarkan:



Gambar 3.6. Kerangka Tahapan Analisa  
Sumber: hasil analisa

### **1. Analisis Data Secara Kuantitatif**

Pelaksanaan Proses Analisa, pengembangan disesuaikan ketepatan waktu, pembentukan teamwork untuk diskusi monitoring, penggabungan data riset lapangan, identifikasi masalah, menentukan tujuan dan strategi masalah (*Bungin 2014*)

### **2. Pendekatan Penelitian (Eksperimen)**

Terbagi dalam 2 tahap :

#### **1) Eksperimen Laboratorium .**

Metode penelitian dalam analisa hasil yang akurat berdasarkan hubungan sebab akibat dengan tata cara :

- a) Kalibrasi Standart Kerja Alat
- b) Pengamatan secara akurat dan tepat
- c) Hasil yang sesuai dengan tujuan

#### **2) Field Experiment**

Dilakukan di lokasi proyek pengamatan sample atau pengambilan sample pengolahan data.

### **3. Analisa Data Kuantitatif**

Konsep data setelah dikelompokkan untuk dianalisa :

#### **1) Hidrologi**

Mempengaruhi kinerja yang berpengaruh pada konstruksi

- a. Data Curah Hujan
- b. Debit Banjir Rencana
- c. Sedimentasi

d. Tekanan *Hidrostatic* ;

e. Morfologi Sungai

f. Volume Debit Sungai

#### **2) Data Hidrolika**

Dimensi data yang berpengaruh terhadap kinerja struktur :

- a. Lebar Alur Tampungan Sungai
- b. Tinggi Elevasi Sungai

- c. Optimasi Ukuran Morfologi
- d. Elevasi Muka Air Banjir
- e. Dimensi Saluran
- 3) *Data Geoteknik dan Mekanika Tanah*  
Pondasi perkuatan untuk revetment dan parapet
  - a. Perhitungan pembebanan dan Kondisi Geologi
  - b. Perhitungan daya dukung tanah berdasarkan data boor tanah
  - c. Perhitungan stabilitas pondasi berdasarkan olah data laboratorium
- 4) *Data Analisa Stabilitas*
  - a. Data sejarah geologi setempat dalam daya dukung struktur revetment parapet
  - b. Analisa Daya Dukung Tanah
  - c. Analisa Properties dan Engineering tanah

#### **4. Variabel Operasional**

Dijelaskan terkait pengertian data beban, dimensi dan analisis.

### **3.5 Simulasi dan Evaluasi Revetment, Parapet dan Sedimentasi**

Dalam penilaian simulasi ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

#### **3.5.1 Penilaian Kondisi Stabilitas Revetment dan Parapet**

Perhitungan daya dukung stabilitas Revetment dan Parapet Ditinjau dari:

- 1) Deformasi
- 2) Tegangan Efektif
- 3) Faktor Keamanan

Tabel 3.1. Rencana Hasil Analisa Simulasi Program Plaxis dan Excel

| No | Uraian                | Plaxis 8.6 | Manual Excel | Ket |
|----|-----------------------|------------|--------------|-----|
| 1  | <b>Revetment</b>      |            |              |     |
|    | 1. Deformasi          |            |              |     |
|    | 2. Efektif Stress     |            |              |     |
|    | 3. Safety faktor      |            |              |     |
|    | 4. Keamanan Longsoran |            |              |     |
| 2  | <b>Parapet Beton</b>  |            |              |     |
|    | 1. Deformasi          |            |              |     |
|    | 2. Efektif Stress     |            |              |     |
|    | 3. Safety Faktor      |            |              |     |
|    | 4. Keamanan Longsoran |            |              |     |

### 3.5.2 Penilaian Kondisi Sedimentasi Sungai

Pelaksanaan simulasi dan evaluasi terkait dengan tingkat sedimentasi yang terjadi pada alur aliran sungai Kanal Banjir Timur Semarang :

1. Pengukuran data cross melintang sungai pada kondisi existing akan diketahui tingkat sedimentasi sungai
2. Pengukuran data cross melintang sungai pada saat sedimentasi telah dikeruk/Diangkat
3. Pada kondisi hidrolis sungai pada waktu sebelum dan sesudah normalisasi dengan keberadaan timbunan sedimen ini dilakukan Analisa hec ras untuk mengetahui tingkat elevasi banjir.
4. Dengan Analisa hec ras dan perpaduan Analisa data tataguna lahan di hulu DAS akan diketahui tingkat sedimentasi di aliran sungai

5. Tingkat sedimentasi dihitung juga berdasarkan analisis saringan/hydrometer terhadap butiran sedimen yang ada di alur sungai, dimana akan dihasilkan data tingkat sedimentasi pada waktu tertentu dan dilakukan pengerukan.

Dalam perhitungan sedimentasi sungai ini ada dalam tahapan Analisa hidrologi yang menyangkut hubungan antara curah hujan dan aliran debit air di sungai dan tingkat sedimentasi:

### 1) Perhitungan Hidrologi

#### 1. Perhitungan curah hujan rencana

##### a) Metode Thiessen

$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum P_1 A_1}{\sum A_1} \dots \dots \dots (3.1)$$

##### b) Metode Gumbel

$$X = X + S \cdot K_t \dots \dots \dots (3.2)$$

##### c) Methode Log Pearson III

##### d) Methode Log Normal

##### e) Methode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

##### f) Methode Rasional

##### Metode Log Pearson III

$$\log X_t = \log X + K \cdot S_t \dots \dots \dots (3.3)$$

##### Metode Log Normal Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

$$Y_T = Y + K_T \cdot S$$

$$Q_{maks} = \frac{1/3,6 \cdot AR_0}{0,3 T_p + T_{0,3}}$$

$$T_p = T_g + 0,8 T_r$$

$$T_{0,3} = \alpha T_g$$

$$T_g = 0,4 + 0,058 L \text{ untuk } L > 15 \text{ Km}$$

$$T_g = 0,21 L^{0,17} \text{ untuk } L > 15 \text{ Km}$$

Metode Rasional

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(3.4)$$

$$R = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{T_c} \right)^{2/3}$$

$$T_c = L/W$$

$$W = 72 [ H/L ]^{0,6}$$

2. Perhitungan debit rencana ( q 25 q50 q100 )

- a) Methode Rasional
- b) Methode HSS NAKAYASU

2) **Hitungan Hasil Sedimentasi**

Perhitungan didasarkan :

- a) Debit  $Q = m^3/detik$
- b)  $C_s =$  Konsentrasi sedimen mg/liter; part per million ppm
- c) Debit sedimen ( $Q_s$ ) =  $Q \times C_s \dots\dots\dots(3.5)$

3) **Hitungan Konsentrasi Sedimen ( $C_s$ )**

Dengan metode :

- a. Penguapan :  
 $C_s = (b-a)/vol \text{ air (mg/liter)} \dots\dots\dots(3.6)$

- b. Penyaringan  
Konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) =  $(b-a)/vol. \text{ air (mg/l)} \dots\dots\dots(3.7)$

a = berat gelas ukur/kertas saring kosong

b = berat gelas ukur/kertas saring isi

4) **Perhitungan Debit Suspensi ( $Q_s$ )**

- 1) Debit Suspensi sesaat/harian  
 $Q_{si} = C_{si} \times Q_i \text{ (Kg/dtk ; ton/hari)} \dots\dots\dots(3.8)$

- 2) Hitungan lengkung debit dalam variasi tinggi muka air dalam periode tertentu.

## 5) Perhitungan Sedimentasi berdasarkan Debit Suspensi (Qs)

### Langkah terkait perhitungan sedimentasi

- a) Analisa pada Saat debit maksimum : m<sup>3</sup>/detik
- b) Konsentrasi sedimen berdasarkan rumus diatas: mg/liter; Kg/m<sup>3</sup>
- c) Debit Sedimen didapatkan dengan konsentrasi Kg/detik
- d) Dari data laboratorium mekanika tanah didapatkan data Berat isi tanah sedimen : 1,2 Ton/m<sup>3</sup>

Dalam 1 hari didapatkan volume 1 ton/hari ; Berat isi tanah : 1,2 ton /m<sup>3</sup> ; sehingga didapatkan selama 1 hari debit maksimum didapatkan 1 Ton/hari dikorelasikan dengan Berat Isi ; Berat Isi (W):  $W/V = \text{berat}/\text{m}^3$  sehingga  $V = BI / W = 1,2/1 = 1,2 \text{ m}^3$

- e) Rumus aliran :  $Q = V \times A$  m<sup>3</sup>/detik

Didapatkan volume  $V = 1,2 \text{ m}^3$  dibagi Luas Penampang sungai sehingga didapat kan elevasi ketinggian dari debit maksimum yang terjadi sehingga bisa di evaluasi apakah ketinggian elevasi melewati top elevasi parapet

- f) Semua perhitungan menggunakan Analisa HEC-RAS

### 3.5.3 Metode Penilaian Simulasi Pada Saat Debit Maksimum Terhadap Struktur Revetment dan Parapet

Pada perhitungan debit banjir maksimum ini pada dasarnya akan didapatkan hasil terkait tingkat ketinggian elevasi banjir juga terkait perhitungan untuk data sedimentasi. Dari data di atas akan dilakukan pula observasi terhadap:

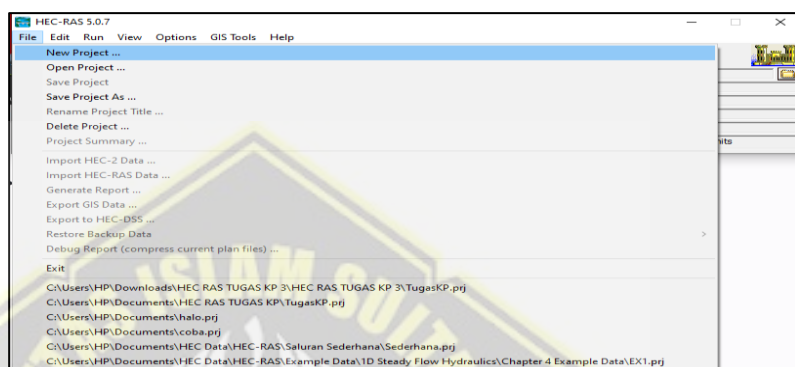
1. Area berupa luasan daerah yang terdampak banjir sehingga menimbulkan tingkat kerusakan pada daerah yang teraliri luapan banjir Kanal Banjir Timur.
2. Aliran Debit banjir maksimum ini juga akan mengakibatkan scouring pada revetment pada kondisi masih tanah ; sehingga untuk kestabilan dan ketahanan ditingkatkan pada revetment dari pasangan batu dan beton

Pada Tahapan penilaian (*assessment*) pengaruh atau dampak yang timbul saat terjadi debit maksimum pada struktur *Revetment dan Parapet* terhadap fungsi bangunan dan kestabilan konstruksi *Revetment dan Parapet* dalam pengendalian banjir dilakukan dalam langkah sebagai berikut:

## 1. Bekerja Dengan Permodelan HEC RAS

### 1) Star File Project

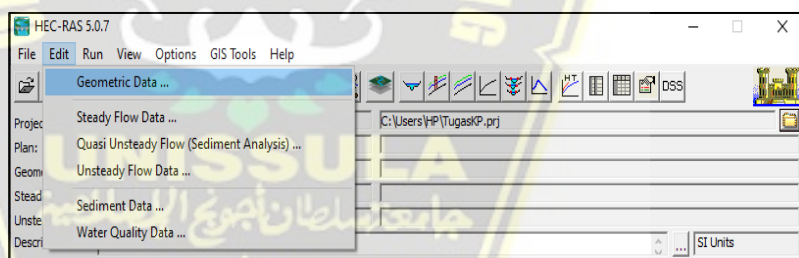
Mulai awal dengan File Project.



Gambar 3.7. Pilihan Menu Awal

### 2) Geometri Satuan

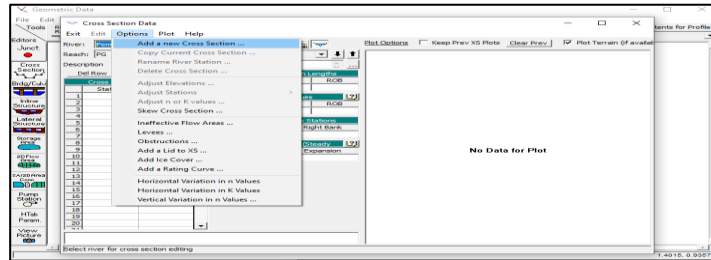
Editor data



Gambar 3.8. Geometri Saluran

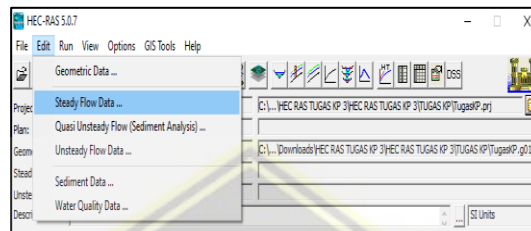
### 3) Input Data Cross Section

Klik Cross Section data tampang lintang Option Add a new cross Section Sta dari hulu ke hilir.



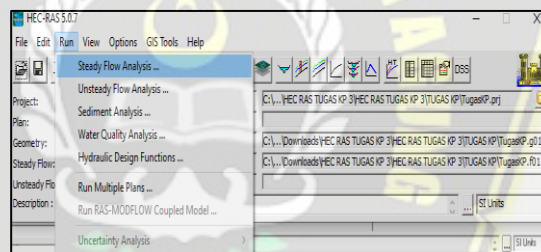
Gambar 3.9. New Cross Section

#### 4) Memasukkan Data Aliran Data perhitungan aliran permanen



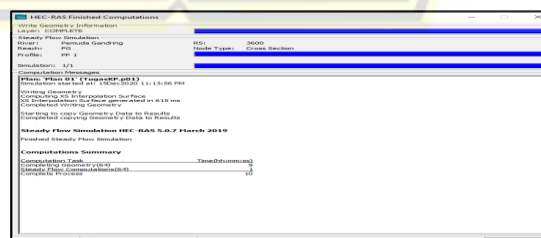
Gambar 3.10. Option aliran permanen

#### 5) Running program a) Menu run analisis *steady flow*



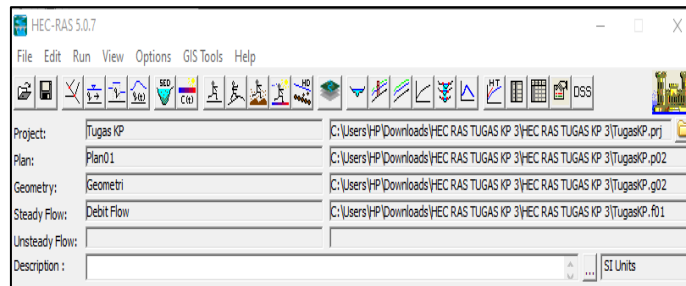
Gambar 3.11. Option Steady Flow analisis

#### b) Pilihan subcritical flow regim. Klik untuk running program



Gambar 3.12. Running Program

c) Klik tombol close

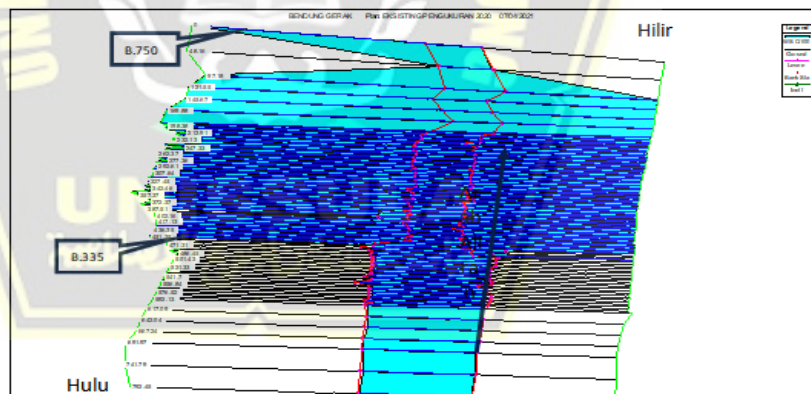


Gambar 3.13. Tampilan Setelah Running HEC-RAS

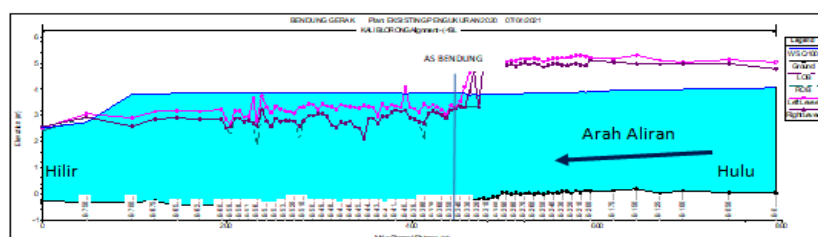
## 2. Rencana Permodelan HEC-RAS di Object Penelitian di Saluran Kanal Banjir Timur

### 1) Kondisi sebelum ada Revetment Dan Parapet

Dilakukan pengamatan Kondisi awal sungai sebelum ada bangunan Revetment dan Parapet dengan debit rencana 50, 100 tahun ( $Q_{50th}$ ,  $Q_{100th}$ ) dengan mengamati luapan disisi kanan kiri dari sta A.00 sampai dengan B.00 dari hasil cross survey pengukuran. Luapan terjadi di lokasi sungai yang belum ada penanganan, pada sisi hulu tidak banjir pada tampilan 3D.

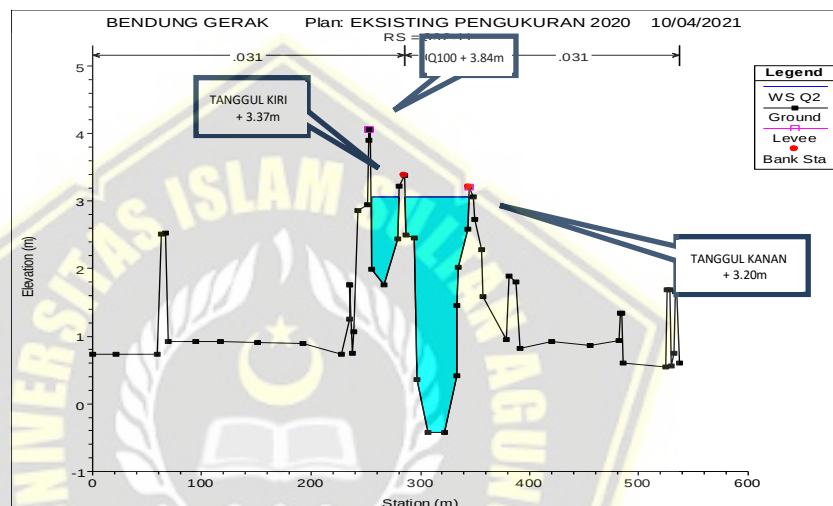


Gambar 3.15 Tampilan 3d beberapa cross section

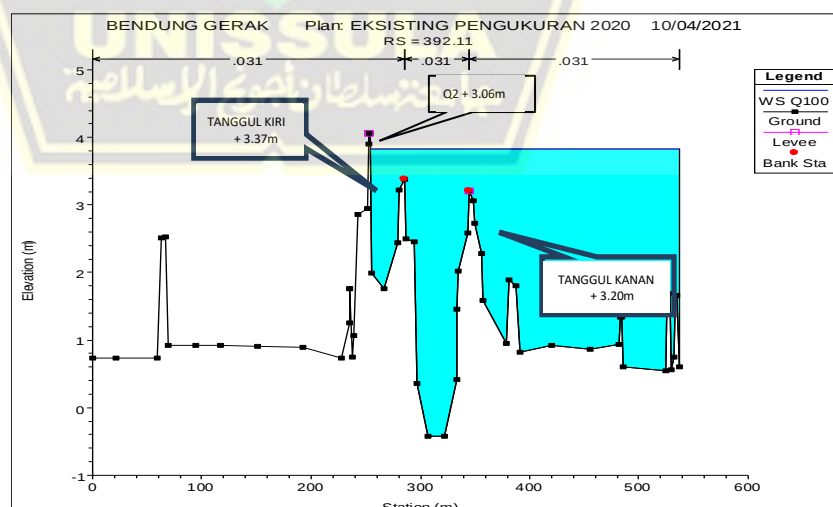


Gambar 3.16 Tampak Atas Geometri

Contoh Gambaran Analisa Hec Ras pada patok B.000 (As Revetment dan Parapet), dengan debit tahunan Q50, Q100. Pada gambar cross akan terlihat telah meluap disisi kanan dengan elevasi air luapan pada elevasi sesuai gambaran pada Analisa Hec-Cras (misal: +3,84m). Pada analisa tersebut tercatat dikarenakan pada penampang sungai hanya mampu menampung debit Q2 (elevasi +3,06 m). Elevasi tanggul eksisting disisi kanan cross B.000 adalah +3,20m, sedangkan pada sisi kiri yaitu +3,37m. Batas tanggul saluran pada gambar cross adalah yang memiliki titik merah.



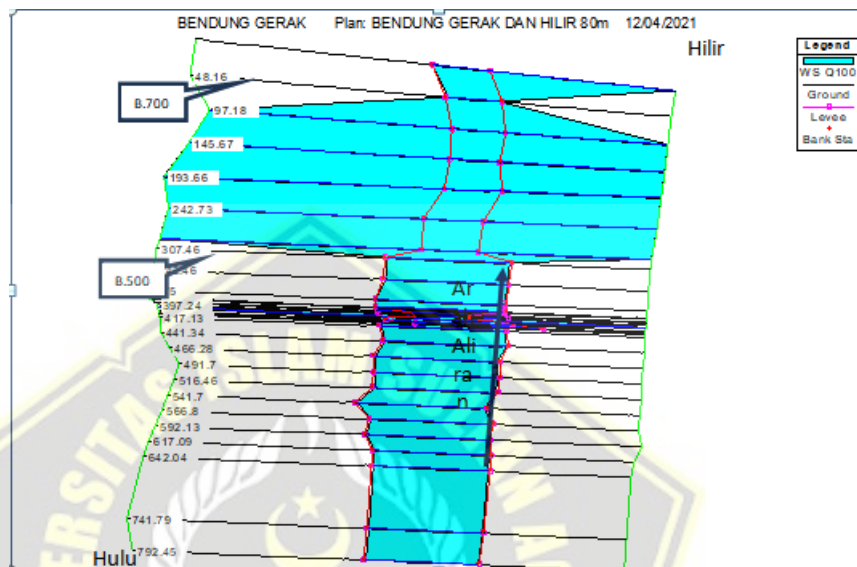
Gambar 3.17. Cross Section Sta. B.000 dengan Q 100 tahunan



Gambar 3.18. Cross Section Sta. B.400 dengan Q 50 tahunan

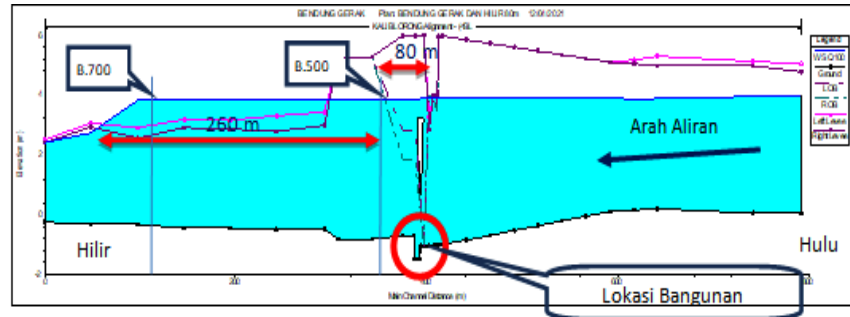
## 2) Kondisi Sesudah Ada Revetment Dan Parapet (Normalisasi Sungai)

Dilakukan pengamatan pada Kondisi awal sungai sebelum ada bangunan revetment dan parapet dengan debit rencana 50, 100 tahun ( $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$  th) dilakukan pengamatan dan analisa pada posisi terdapat luapan disisi kanan kiri dari sta B.750 sampai dengan B.335.



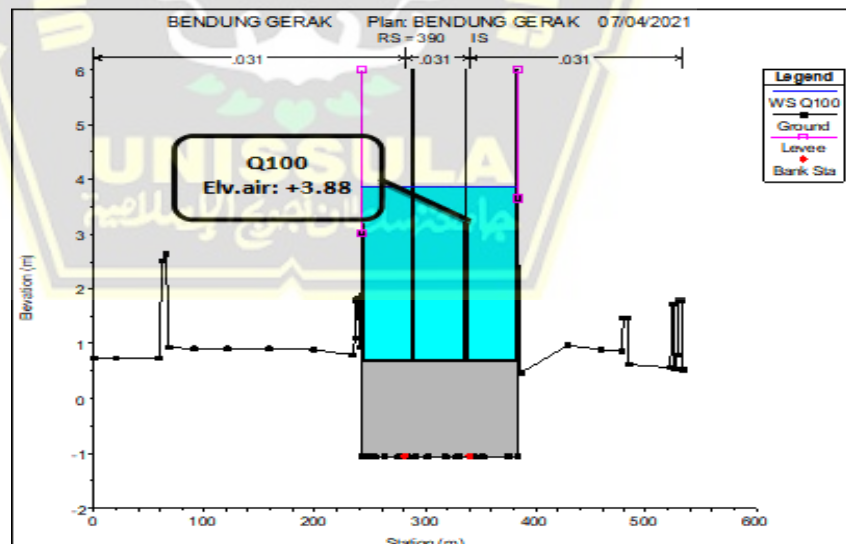
Gambar 3.19. Tampilan 3d beberapa cross section

Revetment dan Parapet di design ddengan desain rencana 100 tahunan, pada saat banjir  $Q_{100}$  tidak terjadi luapan di sisi hulu, akan tetapi perlu penanganan pada sisi hilir, karena elevasi tanggul eksisting tidak cukup untuk mengakomodasi banjir  $Q_{100}$  di elevasi +3,85m. Pada potongan memanjang dibawah ini terlihat jelas bahwa di sisi hilir, terlihat memiliki perbedaan yang signifikan pada ketinggian tanggulnya. Untuk mengatasi agar air tidak meluap pada sisi kanan dan kiri pada hilir bendung maka diperlukan rekomendasi penanganan dengan penambahan tanggul di sisi kanan dan sisi kiri. Apabila hanya dilakukan perbaikan tanggul hilir sepanjang 80m, maka sisi kanan dan kiri sepanjang 260 m tersebut masih akan mengalami luapan.



Gambar 3.20. Tampang Memanjang Model

Sehingga dengan Analisa Hec Ras pada aliran di atas dapat diambil kesimpulan pada tampilan cross section pada patok B.400 setelah adanya bangunan Revetment dan Parapet dengan kondisi normal. Elevasi air pada saat Normal dilakukan pengamatan yang tercatat pada tampilan hasil Analisa (misal setinggi +3.90 m pada hulu dan +3.85 m pada hilir dengan debit Q100. Pada cross section ini, tanggul dimodelkan pada elevasi +6,00 m, akan tetapi elevasi tanggul sebenarnya yang dibutuhkan adalah elevasi air pada debit rencana dalam studi ini Q100 adalah +3,90 m, maka tinggi minimal tanggul yang diperlukan adalah +3,90 m ditambah dengan tinggi jagaan 1,00 m menjadi +4,90 m.



Gambar 3.21. Cross Section B.400 rencana saat Aliran Normal

### 3. Rencana Model Penilaian Saat Terjadi Debit Maksimum dari Perhitungan dengan HEC RAS

Pelaksanaan model penilaian didapatkan dari kesimpulan permodelan HEC RAS dipadukan dengan kondisi struktur sungai mulai dari sebelum Normalisasi dan sesudah Normalisasi dengan bangunan struktur Revetment Parapet perhitungan Analisa Hec Ras diatas dapat disimpulkan dengan pengamatan sebagai berikut:

- 1) Simulasi Perhitungan Hec Ras dengan Tampung Debit Q50, Q100 dengan kenaikan elevasi Sungai pada saat sebelum Normalisasi dengan setelah Normalisasi dengan pemasangan Revetment dan parapet :

Tabel 3.2. Rencana Hasil Analisa 1

| No | Uraian            |            | Sebelum Normalisasi ( m ) | Sesudah Normalisasi ( m ) | Ket<br>Meluap /tidak |
|----|-------------------|------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1  | Debit Banjir Q50  | Elevasi MA |                           |                           |                      |
| 2  | Debit Banjir Q100 | Elevasi MA |                           |                           |                      |

- 2) Penggambaran simulasi penampang sungai sebelum dan sesudah normalisasi terhadap top elevasi Revetment dan Parapet

Tabel 3.3. Rencana Hasil Analisa 2

| No | Uraian                 | Sebelum Normalisasi | Setelah Normalisasi | Ket          |
|----|------------------------|---------------------|---------------------|--------------|
|    |                        |                     |                     | Meluap/Tidak |
| 1  | Elevasi Penampang Q50  | Gb Penampang        | Gb Penampang        |              |
| 2  | Elevasi Penampang Q100 | Gb penampang        | Gb Penampang        |              |

- 3) Simulasi Perhitungan antara Penampang Hidrolis Sungai (A) dengan Tampung Debit Q50, Q100 pada saat sebelum dan setelah normalisasi dengan pemasangan *revetment* dan *parapet*:

Tabel 3.4. Rencana Hasil Analisa 3

| No | Uraian                                   | Sebelum Normalisasi | Setelah Normalisasi | Ket |
|----|------------------------------------------|---------------------|---------------------|-----|
| 1  | Luas Hidrolis Sungai A=m <sup>2</sup>    |                     |                     |     |
| 2  | Elevasi Muka Air pada :                  |                     |                     |     |
|    | Debit Banjir Q50                         |                     |                     |     |
|    | Debit Banjir Q100                        |                     |                     |     |
|    |                                          |                     |                     |     |
| 3  | Pada Kondisi debit di Bawah meluap/tidak |                     |                     |     |
|    | Elevasi MA Q50                           |                     |                     |     |
|    | Elevasi MA Q100                          |                     |                     |     |

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Kondisi Existing**

Bentuk penelitian berupa Analisa Kuantitatif mengambil existing pada Proyek Normalisasi Kanal Banjir Timur Kota Semarang Provinsi Jawa Tengah. Struktur Revetment dan Parapet Beton dipilih sebagai salah satu kombinasi struktur yang dipakai pada proses normalisasi ini. Sebelum dilakukan normalisasi sungai kondisi existing adalah berupa revetment dan tanggul tanah. Bantaran dan alur sungai telah tersedimentasi parah. Sehingga pada saat terjadi banjir pada Kala Ulang yang tidak maksimal pun muka air banjir telah melebihi elevasi di sungai sehingga melimpas dibanyak titik sepanjang sungai. Setelah dilakukan normalisasi dengan analisa teknis yang komprehensif sehingga didapatkan konstruksi revetment dan parapet. Pada penelitian ini dilakukan simulasi dengan Debit Maksimum di Q50 dan Q100 hasilnya dievaluasi untuk elevasi banjir dan limpasan air dititik yang dulunya terjadi limpasan. Selain itu dari Analisa Hec Ras dengan Analisa kondisi di hulu sungai akan didapatkan tingkat sedimentasi di Kanal Banjir Timur.

##### **4.1.1 Kondisi Sungai Kanal Banjir Timur Kota Semarang**

Normalisasi Sungai Kanal Banjir Timur adalah usaha pengendalian banjir akibat dari debit yang besar dan tidak bisa tertampung oleh morfologi sungai dan alur sungai itu sendiri. Sehingga berakibat terjadinya banjir di beberapa titik dengan elevasi rendah yang dilalui oleh aliran sungai. Normalisasi ini sebagai upaya ini dimaksudkan mencegah terjadinya limpasan dan luapan air laut memasuki kawasan pemukiman warga khususnya bagian Timur.



Gambar 4.1. Lokasi Penelitian, Ruas Jembatan Citarum



Gambar 4.2. Lokasi Penelitian, Ruas Jembatan Arteri

Untuk Hulu dari Kanal Banjir Timur adalah Bendung Pucang Gading dengan data teknis sebagai berikut :

1. Lokasi : Kelurahan Plamongansari Kecamatan Pedurungan  
Kota Semarang
2. Tahun Pembuatan : 1918 Rehabilitasi 2008
3. Sungai : Penggaron ; Areal: 1060 Ha
4. Lebar Pintu : 22m ; Tinggi Pintu: 7 meter ; peilscale ; AWLR
5. Bangunan Tambahan : 2 intake 2 penguras
6. Koordinat : Bujur: -7,040689” ; Lintang: 110,483729 “



Gambar 4.3. Pintu Bendung Pucang Gading Arah KBT

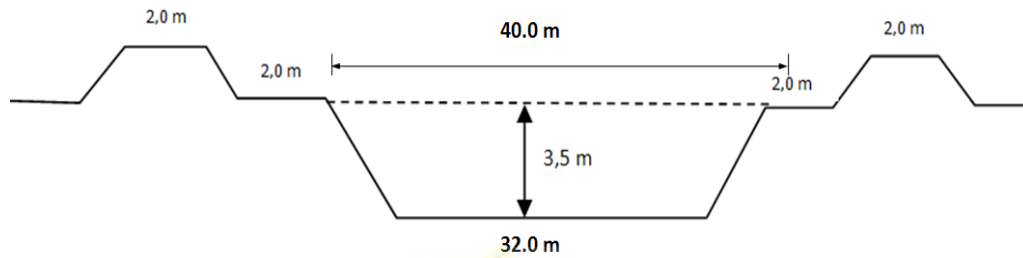


Gambar 4.4. Bendung Pucang Gading Arah Kali Babon



Gambar 4.5. Bendung Pucang Gading Arah Dombo Sayung

Kondisi awal Kanal Banjir Timur mengalami sedimentasi yang parah sehingga bila dilalui aliran sungai dengan Debit Banjir Kala Ulang yang rendah terjadi limpasan. Kondisi struktur asli revetment dan parapet yang terdiri dari tanah asli rawan terhadap gerusan aliran terhadap kelongsoran badan tanggul yang berpengaruh terhadap stabilitas dari struktur revetment dan parapet itu sendiri. Sehingga Normalisasi ini dapat berfungsi maksimal.



Gambar 4.6. Sketsa penampang melintang Sungai Kanal Banjir Timur  
Sumber : Pengolahan data lapangan

#### 4.1.2 Hasil Penelitian

Dalam pembahasan terkait dengan penelitian ini meliputi hasil observasi lapangan serta hasil penelitian tanah di laboratorium dapat diuraikan :

##### 1. External Factor

Pengamatan dari luar yang dapat didiskripsikan secara langsung :

- Faktor curah hujan dengan debit yang besar dan intensitas tinggi yang tidak menyerap ke tanah tapi langsung ke alur sungai sehingga melimpas.
- Debit air masuk dari sungai dan system drainase yang ada di sekeliling aliran air utama
- Tekanan *Hidrostatik* dari aliran Debit Banjir Maksimum yang menekan pada dinding revetment dan parapet pada stabilitas tanah asli maupun beton.
- Perubahan tata guna lahan di hulu sungai sehingga berakibat terjadinya erosi dan sedimentasi yang tidak terkendali

##### 2. Internal Factor

Diskripsi analisis faktor ini:

- a. Sifat tanah asli berupa sedimentasi sehingga masuk dalam tanah lunak.
- b. Susunan partikel tanah terdapat unsur udara dan air sehingga pengaruh air hujan bisa merubah komposisi tersebut.
- c. Konstruksi revetment dan parapet dikunci oleh blok beton dan rigid pavement ditambah dengan perbaikan tanah serta pondasi minipile, kombinasi yang menambah stabilitas.
- d. Konstruksi pondasi *parapet berupa timbunan tanah* baik lebar maupun ketebalan dari kondisi sebelum normalisasi tidak mampu menahan dari tekanan tanah aktif dari samping maupun tekanan hidrostatik dari debit banjir.

## 4.2 Analisa Hidrologi

Tahapan Analisa hidrologi dipengaruhi oleh data berikut :

### 4.2.1 Data Curah Hujan

Curah hujan harian maksimum dalam skala tahunan dari 3 stasiun hujan yang membentuk polygon di Daerah Aliran Sungai Banjir Kanal Timur :

1. Stasiun karangroto
2. Stasiun Pucanggading
3. Stasiun Maritim.



Gambar 4.7. Stasiun Hujan Bendung Pucang Gading

Data dari stasiun hujan terkait dituangkan dalam tabel berdasar rekapitulasi hasil berdasarkan Analisa menggunakan Polygon Thiessen.

Metode Poligon Thiessen ini bardasar rata-rata timbang (weighted average). Metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya, dan dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh daerah yang mewakili stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau Koefisien Thiessen. Untuk pemilihan stasiun hujan yang dipilih meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya Koefisien Thiessen tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujan yang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka Koefisien Thiessen dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

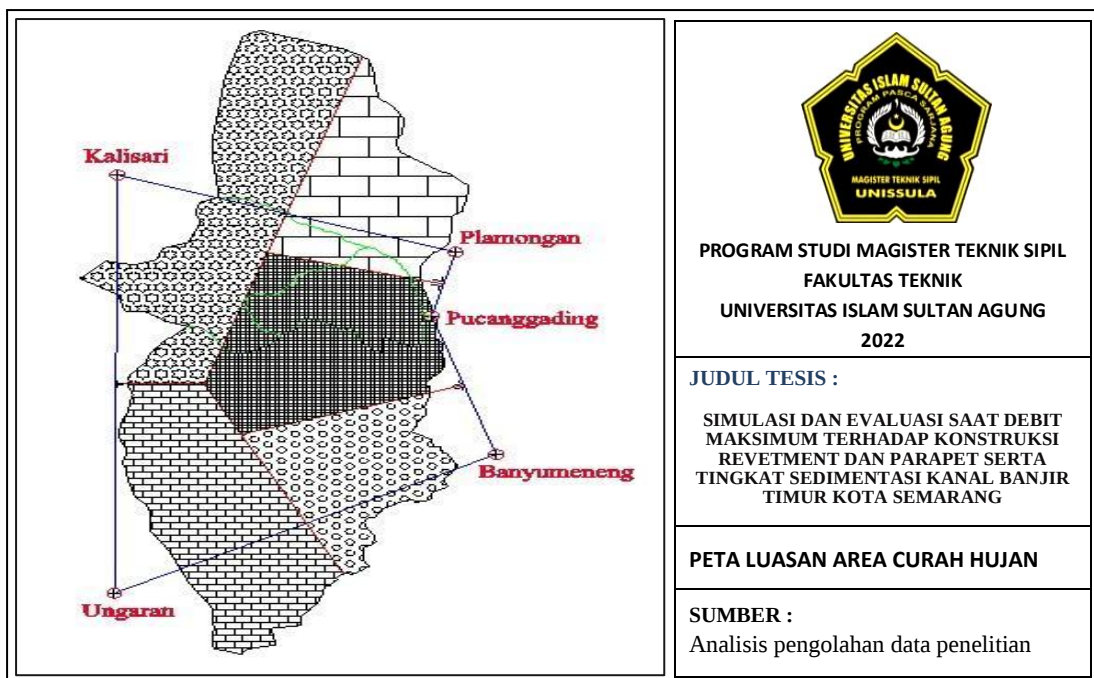
$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana:

- A = luas area
- R = tinggi curah hujan di pos 1,2,3, ...n R1,R2,R3,...
- Rn = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,3,...n A1,A2,A3,...
- An = luas daerah di areal 1,2,3,...n 2.4.5

Perhitungan ini berdasarkan pengamatan dan Analisa Sungai yang ditinjau adalah

1. Daerah Aliran Sungai (DAS) Kanal Banjir Timur
2. Daerah Aliran Sungai (DAS) Penggaron



Gambar 4.8. Pembagian Luasan Area Stasiun Hujan

Perhitungan Poligon Theisen ini akurasiya berdasarkan jumlah stasiun pengamatan yang terdekat di area yang menjadi perhitungan. Dimana titik koordinat peletakan stasiun tersebut ditarik garis yang saling terhubung sehingga menghasilkan suatu polygon tertutup yang dilandasi pada daerah dan diletakan pada peta topografi Daerah Aliran Sungaiya. Kemudian ditarik garis kearah dalam polygon dalam garis berat yang membagi luas pengaruh cakupan data hujan. Sedangkan Daerah Aliran Sungai yang dianalisa adalah DAS Kanal Banjir Timur dan DAS Penggaron. Dalam Analisa digunakan data dari stasiun hujan.

Akurasi perhitungan Poligon Theisen berdasarkan jumlah stasiun pengamatan terdekat. Dalam Analisa digunakan data:

- 1) Stasiun Ungaran (No.Sta 09065)
- 2) Stasiun Pucanggading (No. Sta 09098)
- 3) Stasiun Plamongan (No.Sta 09097 )
- 4) Stasiun Kalisari (No. Sta 09042a)
- 5) Stasiun Banyumeneng (No. Sta 09099)

Dari ke lima (5) stasiun tersebut di atas dapat diuraikan di bawah ini terhubung dengan metode Theissen. Dimana analisis formulasi rumus Metode Theissen ini berdasarkan hubungan antara polygon titik lokasi stasiun hujan yang digambarkan dengan luasan pengaruh dalam polygon kemudian dibagi dengan luasan persentase cakupan area stasiun curah hujan (sebagaimana Tabel 4.1)

Tabel 4.1. Luas Pengaruh Sta Hujan terhadap DAS Kanal Banjir Timur

| No | No STA  | Nama Stasiun Hujan | Prosentase (%) | Poligon Theisen Faktor          |
|----|---------|--------------------|----------------|---------------------------------|
|    |         |                    |                | Luas pengaruh (Km) <sup>2</sup> |
| 1  | 09042 a | Kalisari           | 47,29          | 34,77                           |
| 2  | 9065    | Plamongan          | 34,36          | 25,53                           |
| 3  | 098098  | Pucanggading       | 19,25          | 14,51                           |
|    |         | Jumlah             | 100            | 73,90                           |

Sumber : hitungan penelitian

Tabel 4.2. Luas Pengaruh Sta Hujan DAS Penggaron

| No | No STA  | Nama Stasiun Hujan | Prosentase (%) | Poligon Theisen Faktor          |
|----|---------|--------------------|----------------|---------------------------------|
|    |         |                    |                | Luas Pengaruh (Km) <sup>2</sup> |
| 1  | 09042 a | Ungaran            | 4,73           | 3,75                            |
| 2  | 9065    | Kalisari           | 46,19          | 37,01                           |
| 3  | 9099    | Pucanggading       | 25,86          | 21,4                            |
| 4  | 098098  | Banyumeneng        | 23,19          | 18,76                           |
|    |         | JUMLAH             | 100            | 79,70                           |

Sumber: hitungan penelitian

Berdasarkan analisa dari data sebaran 5 stasiun diatas dapat diketahui rekapitulasi hasil masuk pada tahapan selanjutnya. Tahapan ini hasil Running Data Hujan 10 Tahun terakhir (2006-2015) dengan mengambil data curah hujan harian dari stasiun hujan sehingga didapatkan hasil hitungan Curah Hujan Rata Rata Harian (Tabel 4.3)

Tabel 4.3. Rekapitulasi Polygon Thiessen Max Tahunan Curah Hujan Rata-rata

| No | Tahun           | Curah Hujan Rata2 Harian<br>Max(mm/tahun) |
|----|-----------------|-------------------------------------------|
| 1  | 2006            | 81,11                                     |
| 2  | 2007            | 59,98                                     |
| 3  | 2008            | 61,84                                     |
| 4  | 2009            | 78,83                                     |
| 5  | 2010            | 53,29                                     |
| 6  | 2011            | 82,14                                     |
| 7  | 2012            | 66,23                                     |
| 8  | 2013            | 109,63                                    |
| 9  | 2014            | 84,51                                     |
| 10 | 2015            | 113,28                                    |
|    | Rata rata       | 78,98                                     |
|    | Hujan tertinggi | 113,28                                    |
|    | Hujan terendah  | 53,29                                     |

Sumber: Analisa data

Persebaran data dalam Tabel 4.3 didapatkan sebaran curah hujan tertinggi terdapat pada tahun 2015 sebesar 113,28 mm/tahun dimana Kanal Banjir Timur Kota Semarang mengalami limpasan di beberapa titik sepanjang aliran sungai di sebelah hilir di Semarang Bagian Timur dan Utara. Hal ini menunjukkan bahwa setiap tahunnya curah hujan yang terjadi di wilayah Kanal Banjir Timur Kota Semarang cenderung mengalami kenaikan dari tahun 2006-2015 meskipun di tahun 2010 mengalami penurunan sebesar 53,29 mm/tahun.

Hasil Analisa curah hujan pada Tabel 4.3 selanjutnya dihitung sebaran tiap periode ulang. Setiap periode ulang memiliki presentase terjadinya pengulangan sebesar 50%, 20%, 10%, 4%, 2%, 1% bertambahnya periode ulang maka tingkat presentase peluang akan semakin kecil.

Hasil dari data di atas dimasukkan pada pola statistik probabilitas terjadinya peluang terjadinya kala ulang untuk pendekatan waktu dari 2 tahun sampai 200 tahun seberapa besar peluangnya terjadi keadaan tersebut.

Tabel 4.4. Periode Kala Ulang Curah Hujan

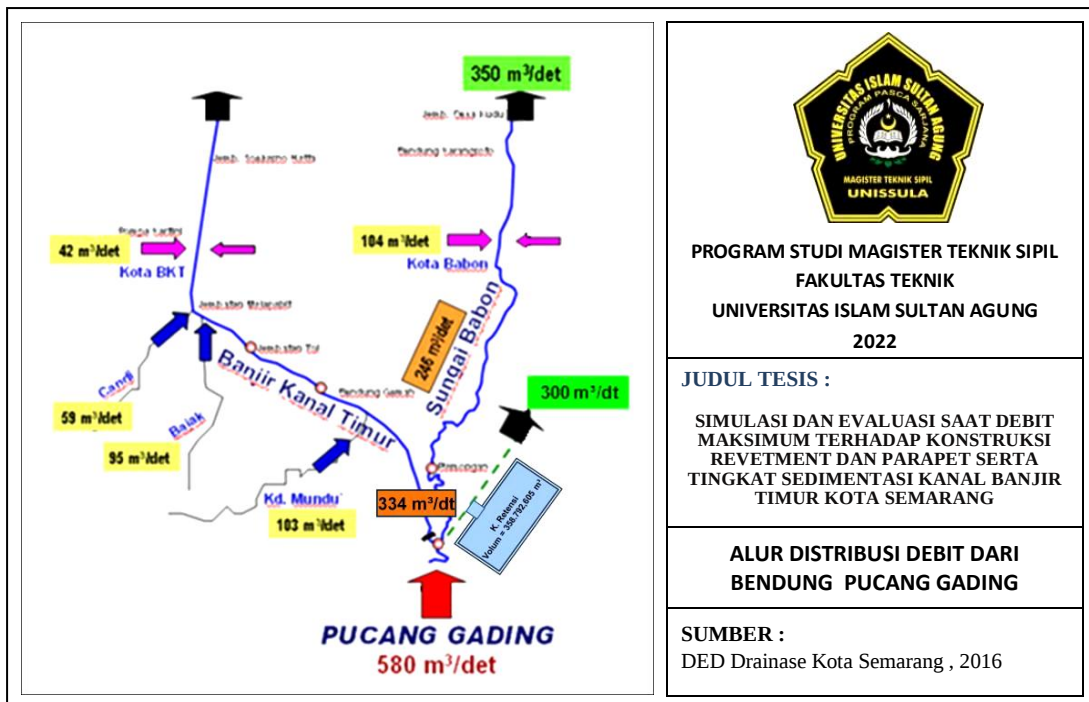
| Periode Ulang | Curah Hujan (mm) | Peluang Terjadi (%) |
|---------------|------------------|---------------------|
| 2             | 76,2535          | 50                  |
| 5             | 95,1472          | 20                  |
| 10            | 107,5831         | 10                  |
| 25            | 123,3507         | 4                   |
| 50            | 135,1948         | 2                   |
| 100           | 147,0918         | 1                   |
| 200           | 159,1869         | 0,5                 |
|               | Rata rata        | 78,98               |
|               | Hujan tertinggi  | 113,28              |
|               | Hujan terendah   | 53,29               |

Sumber: Pengolahan data

Dalam Analisa data dipakai data tahun 1995-2008 (14 Tahun) didapatkan bahwa peluang curah hujan terbesar terjadi pada periode kala ulang 2 tahunan sebesar 76,2535 mm dengan nilai peluang 50 % dan terkecil kala ulang 200 tahun sebesar 0,5%.

#### 4.2.2 Analisa Debit Rencana

Data Diagram Analisa Debit Rencana pada tabel merupakan data sekunder passing capacity yang dihitung oleh Pihak BBWS Pemali Juwana yang digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4.9. Alur distribusi Debit dari Bendung Pucang Gading

Alur pintu bagi dari Bendung Pucang Gading : Pintu BKT ditutup dialirkan Ke BK Dombo Sayung debit masuk 334 m<sup>3</sup>/detik. Kapasitas yg sebelumnya 210 m<sup>3</sup>/detik ditingkatkan menjadi 300 m<sup>3</sup>/detik dilakukan pengembangan sungai:

1. Debit Masuk Hulu Sungai Penggaron 580 m<sup>3</sup>/detik
2. Debit Keluar Arah BKT: 334 m<sup>3</sup>/detik
3. Debit Keluar Arah Kali Babon: 245 m<sup>3</sup>/detik

Pada Analisa Debit Rencana dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

### 1. Analisa Curah Hujan Rencana

Perolehan dispersi ini sebagai langkah awal selanjutnya dilakukan metode yang mendekati yaitu Log Pearson III ; komponen awal mencari nilai k dengan mencocokkan nilai Cs. Dimana perhitungan menggunakan Analisa matematika Sistem Logaritma yang mengkonversikan data kala ulang curah hujan harian dari 2 tahun sd 100 tahun untuk didapatkan Curah Hujan Rencana berdasarkan Intensitas Curah hujan rerata sampai dengan jam ke t.

Tabel 4.5. Log Pearson III Curah hujan rencana

| tahun | LogXrt (mm) | k      | SD    | LogXt (mm) | Rt (curah hujan Rencana) |
|-------|-------------|--------|-------|------------|--------------------------|
| 2     |             | - 0,08 |       | 1,94       | 87,80                    |
| 5     |             | 0,81   |       | 2,08       | 119,41                   |
| 10    | 1.955       | 1,32   | 0,150 | 2,15       | 142,53                   |
| 25    |             | 1,90   |       | 2,24       | 174,32                   |
| 50    |             | 2,30   |       | 2,30       | 199,95                   |
| 100   |             | 2,67   |       | 2,36       | 227,30                   |

Sumber: Analisa data

Penjelasan terkait validasi data Polygon Theisen

Untuk menentukan jenis distribusi frekuensi yang akan digunakan, maka terlebih dahulu dihitung parameter statistik untuk data curah hujan. Parameter-parameter statistik disini meliputi rata-rata hitung ( $\bar{X}$ ), standard deviasi (Sd), koefisien skewness (Cs), koefisien kurtois (Ck) dan koefisien variety (Cv).

Analisis kualitas data untuk menganalisa kualitas data dilakukan uji outlier data:

1. Perhitungan uji data outlier pada data curah hujan harian maksimum di stasiun

yang mempunyai Luas Pengaruh Stasiun Hujan terhadap DAS Kanal Banjir

Timur (Stasiun Kalisari, Plamongan, Pucanggading)

- Nilai rata-rata  $\log \bar{X} = \sum \log \bar{X} / n = 22,512612 / 10 = 2,2512$

- Standard deviasi  $S_{\log} = \sqrt{1/n \sum (\log \bar{X} - \log \bar{X})^2} = 0,07782$

- Koefisien kemencengan  $C_{s_{\log}} = -0,1449780$

- Karena  $C_{s_{\log}}$  mempunyai nilai  $-0,144978023 < 0,4$

maka di gunakan uji outlier dengan harga  $K_n 2.306$  (n=10)

(Harga  $K_n$  diambil dari tabel nilai  $K_n$  Value Test untuk uji data outlier)

Menghitung Uji Outlier rendah

$\log X_l = \log \bar{X} - K_n \cdot S_{\log} = 2,2512 - 2,036 \cdot 0,07782339$   
 $= 2,09281$   $X_l = 48,87 \text{ mm} < 53,29 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$

Menghitung Uji Outlier tinggi

$\log X_h = \log \bar{X} + K_n \cdot S_{\log} = 2,2512 + 2,036 \cdot 0,07782339$   
 $= 2,40971$   $X_h = 256,868 \text{ mm} > 113,28 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$

2. Perhitungan uji data outlier pada data curah hujan harian maksimum yang mempunyai Luas Pengaruh Sta Hujan DAS Penggaron (Sta Ungaran, Kalisari, Pucanggading, Banyumeneng)

- Nilai rata-rata  $\log \bar{X} = \sum \log X_n = 23,182522 \cdot 10 = 2,318252$
- Standard deviasi  $S_{\log} = \sqrt{1 \cdot (\log \log)^2 - n \cdot x \cdot x} = 0,09298$
- Koefisien kemencengan  $C_{slog} = -0,17075644$

Karena  $C_s$  mempunyai nilai  $-0,17075644 < 0,4$  maka dilakukan koreksi uji outlier rendah dan tinggi dengan harga  $K_n$  2.306 ( $n=10$ ).

(Harga  $K_n$  diambil dari tabel nilai  $K_n$  Value Test untuk uji data outlier)

- Menghitung Uji Outlier rendah

$$\begin{aligned} \log X_l &= \log \bar{X} - K_n \cdot S_{\log} \\ &= 2,318252 - 2,036 \cdot 0,09298 \\ &= 2,31825224 - 0,19915803 \\ &= 2,11909 \quad X_l = 47,11 \text{ mm} < 53,29 \text{ mm} \dots \text{ok} \end{aligned}$$

- Menghitung Uji Outlier tinggi

$$\begin{aligned} \log X_h &= \log \bar{X} + K_n \cdot S_{\log} \\ &= 2,318252 + 2,036 \cdot 0,09298 = 2,50756 \quad X \\ &= 321,781 \text{ mm} > 113,28 \text{ mm} \dots \text{Ok} \end{aligned}$$

Berdasarkan data uji outlier diatas, dapat disimpulkan bahwa untuk data curah hujan di 5 Stasiun Curah Hujan tidak ada data outlier. Data outlier adalah data yang menyimpang terlalu tinggi maupun terlalu rendah dari sekumpulan data yang ada untuk dianalisis, sehingga baik digunakan. Sehingga Validasi data memenuhi syarat dan bisa digunakan

## 2. Simulasi Debit Banjir

Untuk keperluan di atas dengan Analisa data aliran sungai yang bersangkutan karena ketidak tersediaan data digunakan beberapa metode:

1. Rasional
2. Weduwen D
3. Haspers
4. HSS Gamma I

Tabel 4.6. DAS KBT Debit Banjir Rencana

| Periode<br>Ulang (th) | Debit Banjir Rencana (M3/detik) |         |        |           |
|-----------------------|---------------------------------|---------|--------|-----------|
|                       | Rasional                        | Weduwen | Hasper | HSSGamma1 |
| 2                     | 72,25                           | 144,24  | 83,61  | 138,07    |
| 5                     | 98,30                           | 196,31  | 113,61 | 189,23    |
| 10                    | 117,36                          | 234,13  | 135,74 | 223,10    |
| 25                    | 143,65                          | 286,58  | 166,00 | 265,17    |
| 50                    | 164,57                          | 328,43  | 190,32 | 295,92    |
| 100                   | 187,21                          | 373,60  | 216,47 | 325,63    |

Sumber: hitungan Analisa

Tabel 4.7. DAS Pengaron masuk KBT Debit Banjir Rencana

| Periode<br>ulang (th) | Debit banjir rencana (m3/detik) |         |        |           |
|-----------------------|---------------------------------|---------|--------|-----------|
|                       | Rasional                        | Weduwen | Hasper | HSSGamma1 |
| 2                     | 87,98                           | 98,76   | 73,21  | 65,73     |
| 5                     | 125,8                           | 141,21  | 93,93  | 74,78     |
| 10                    | 156,45                          | 175,62  | 116,82 | 87,54     |
| 25                    | 202,04                          | 226,79  | 150,86 | 107,20    |
| 50                    | 241,79                          | 271,41  | 180,54 | 122,25    |
| 100                   | 285,25                          | 320,19  | 212,98 | 136,88    |

Sumber: Pengolahan data

Dalam penentuan Debit Banjir Rencana untuk penelitian ini dilakukan pendekatan nilai analisa penelitian sebelumnya yang dilakukan BBWS Pemali Juana (Pola Rencana Pengembangan Sumber Daya Air BBWS Pemali Juwana) dengan menggunakan nilai *pasing capacity* dari data RPSDA BBWS Pemali Juwana sebesar **428,47 m3/detik**.

Tabel 4.8. Debit Banjir Rencana

| Periode Ulang (th) | Debit Banjir Rencana (m <sup>3</sup> /detik) |         |        |               |                 |         |
|--------------------|----------------------------------------------|---------|--------|---------------|-----------------|---------|
|                    | Rasional                                     | weduwen | Hasper | HSS Gamma1    | Pasing Capacity | BBWS PJ |
| 2                  | 160,33                                       | 243,1   | 156,82 | 203,80        |                 |         |
| 5                  | 224,2                                        | 337,52  | 207,65 | 264,21        |                 |         |
| 10                 | 273,91                                       | 409,95  | 252,55 | 310,74        |                 |         |
| 25                 | 345,69                                       | 513,37  | 316,86 | 372,39        | 428,47          | 423     |
| <b>50</b>          | 406,56                                       | 600,14  | 370,95 | <b>418,17</b> |                 |         |
| <b>100</b>         | 472,56                                       | 693,89  | 429,45 | <b>462,52</b> |                 |         |

Sumber: Pengolahan data

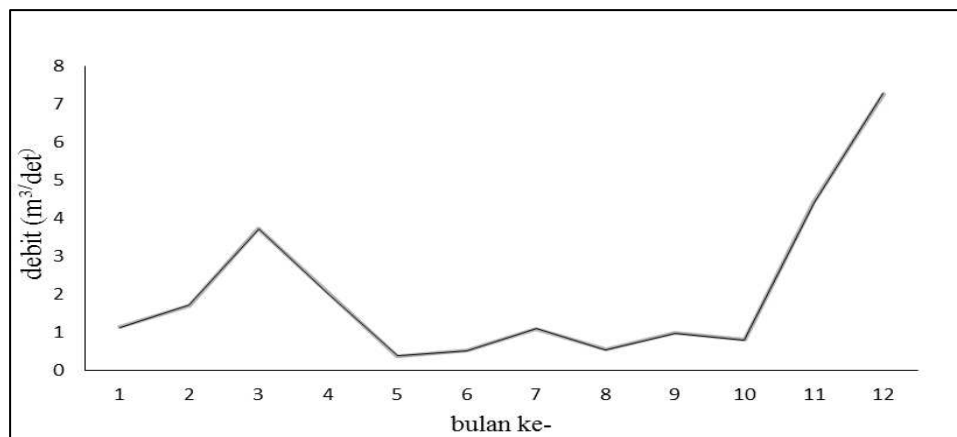
Berdasarkan yang menjadi dasar di atas Debit Banjir dipakai Metode Hidrograf Sintetik Satuan Gamma I : 418,17 m<sup>3</sup>/detik .

Berdasarkan data dari BBWS Pemli Juana untuk Debit Kala Ulang yang masuk ke Kanal Banjir Timur lewat Bendung Pucang Gading :

1. Debit (Q2 tahunan ) 268 m<sup>3</sup>/detik
2. Debit (Q5 tahunan ) 320 m<sup>3</sup>/detik
3. Debit (Q10 tahunan) 385 m<sup>3</sup>/detik
4. Debit (Q50 tahunan ) 423 m<sup>3</sup>/detik

### 3. Analisa Debit Andalan

Perhitungan nya dibutuhkan ketersediaan data secara kualitas dan kuantitas memadai. Data dari curah hujan stasiun diatas dalam 5 tahun. Grafik hasil perhitungan Debit Andalan disusun dari kecil ke besar probabilitas 90 % peringkat 2 pada tahun 2007.



Gambar 4.10. Grafik Debit Andalan Sungai Bulan Mei 0,39 m<sup>3</sup>/detik

### 4.3 Analisa Hidrolika

Dasar yang dilaksanakan dalam Analisa hidrolika ini tidak bisa lepas dengan Analisa Hidrologi yang dilakukan sebelumnya. Analisa Hidrolika mengetahui ketinggian profil muka air sesuai debit rencana. Sehingga diketahui elevasi muka air dan kecepatannya (V).

#### 4.3.1 Data Pasang Surut

Model aliran diperlukan data geometri, skema alur penampang memanjang dan melintang dipadukan dengan koefisien manning (kekasaran) dasar saluran. Air pasang surut berpengaruh terhadap elevasi muka air. Data pasang surut diambil dari BMKG di Kota Semarang.

Tabel 4.9. Pasang Surut BMKG Semarang 2015

| No | Bulan     | Maksimum (cm) | Minimum (cm) |
|----|-----------|---------------|--------------|
| 1  | Januari   | 100           | 30           |
| 2  | Febuari   | 100           | 30           |
| 3  | Maret     | 110           | 30           |
| 4  | April     | 110           | 20           |
| 5  | Mei       | 110           | 10           |
| 6  | Juni      | 110           | 20           |
| 7  | Juli      | 100           | 20           |
| 8  | Agustus   | 100           | 30           |
| 9  | September | 100           | 30           |
| 10 | Oktober   | 110           | 20           |
| 11 | November  | 110           | 20           |
| 12 | Desember  | 100           | 20           |

Sumber : DED Drainase Kota Semarang, 2016

Elevasi +/- 0 KBT pada MSL ; elevasi pasang surut :

HH WL = + 0,46 m

MHWL = +0,41 m

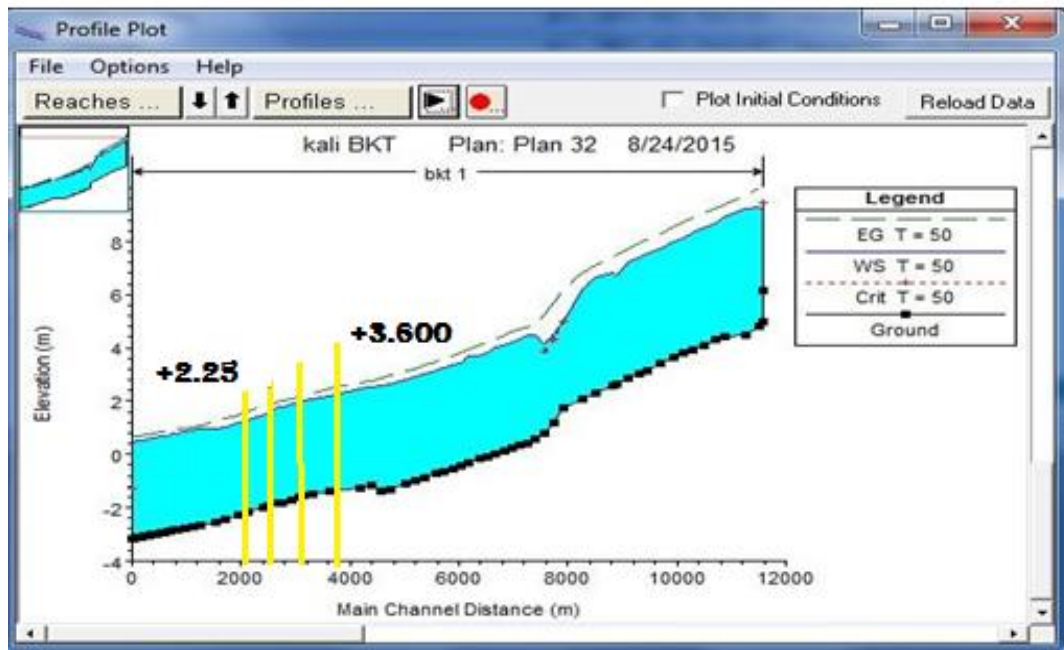
MSL = +/- 0 m

MLWL = - 0,41 m

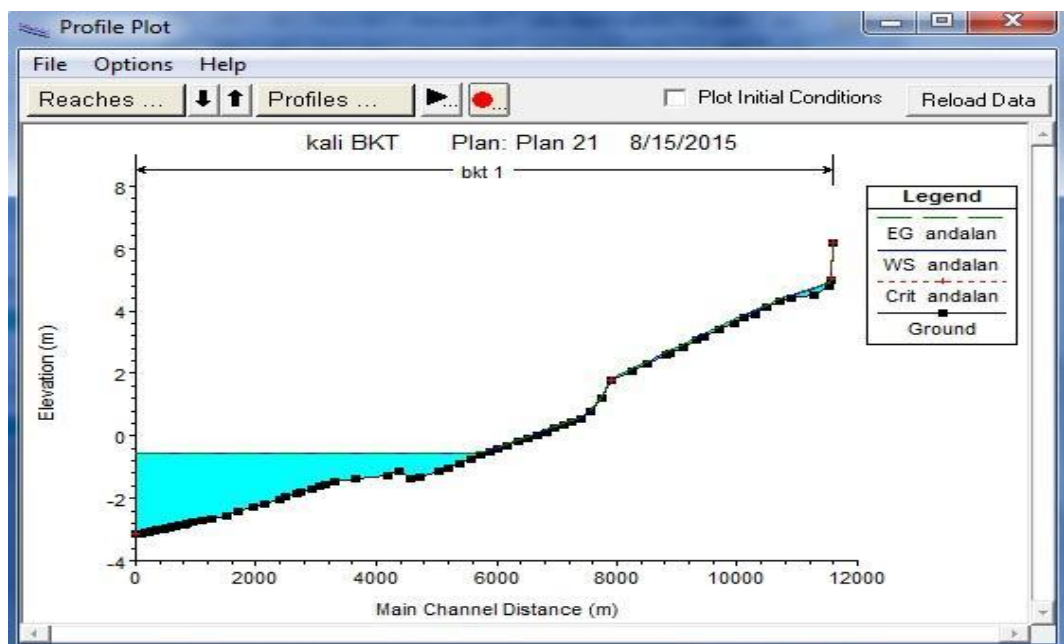
LLWL = - 0,54 m

#### 4.3.2 Analisa HEC Ras

Menganalisa profil muka air dengan memasukkan data cross dan jenis aliran untuk mengetahui kondisi serta tinggi muka air dengan Debit Q50 dan Q100.



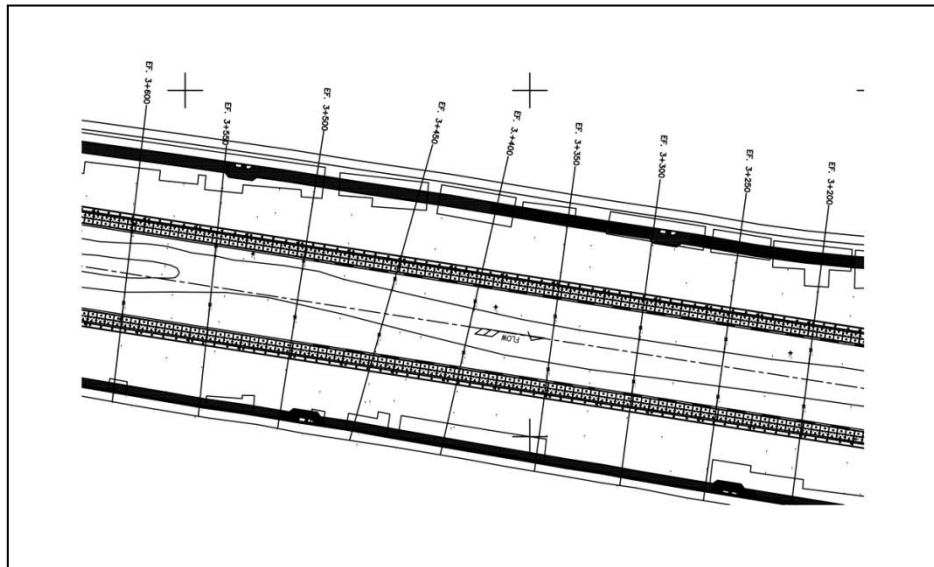
Gambar 4.11. Profil Muka Air Q50 th dan Q100 th



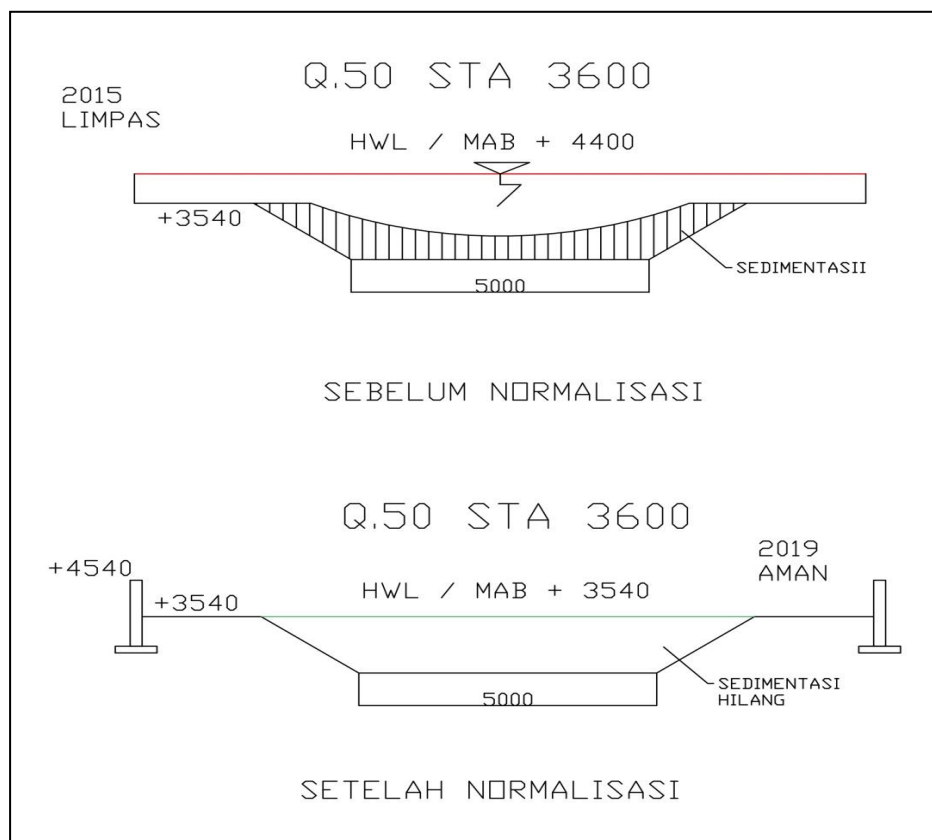
Gambar 4.12. Profil Muka Air Qandalan dan Surut Minimal

Gambar-gambar cross section setiap STA:

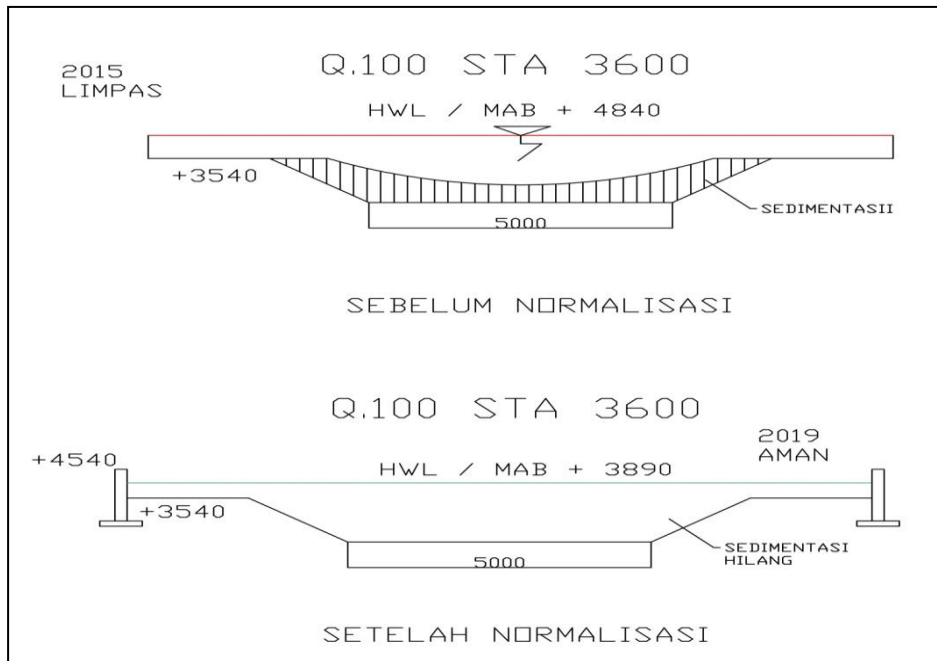
- 1) Jembatan Citarum hingga Jembatan Pasarwaru di sta 3+600 dan 3+200



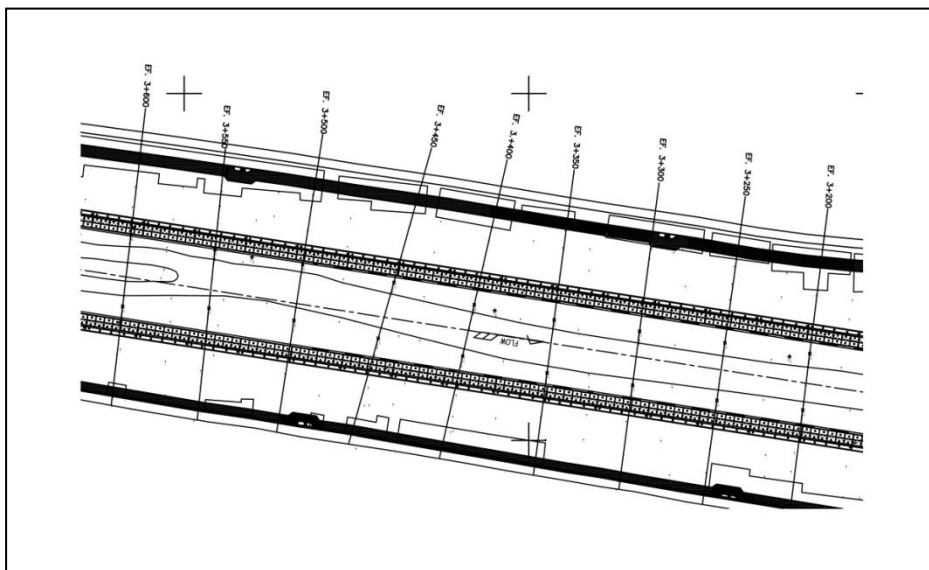
Gambar 4.13. Area STA 3+600



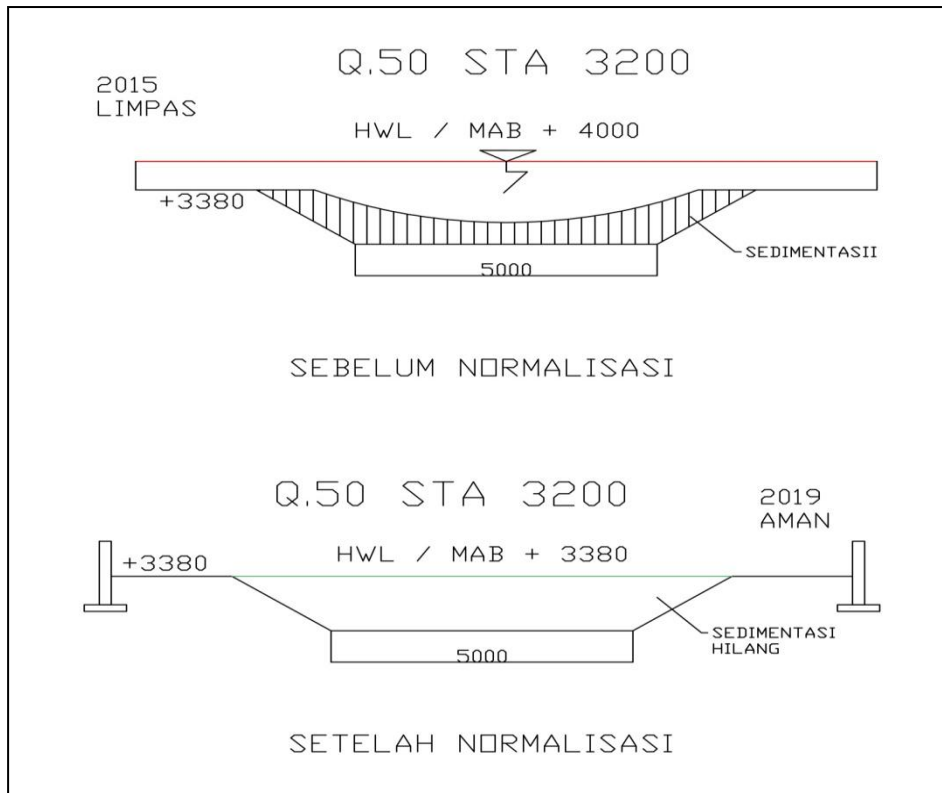
Gambar 4.14. Q50 Sebelum & Setelah Normalisasi di STA 3+600



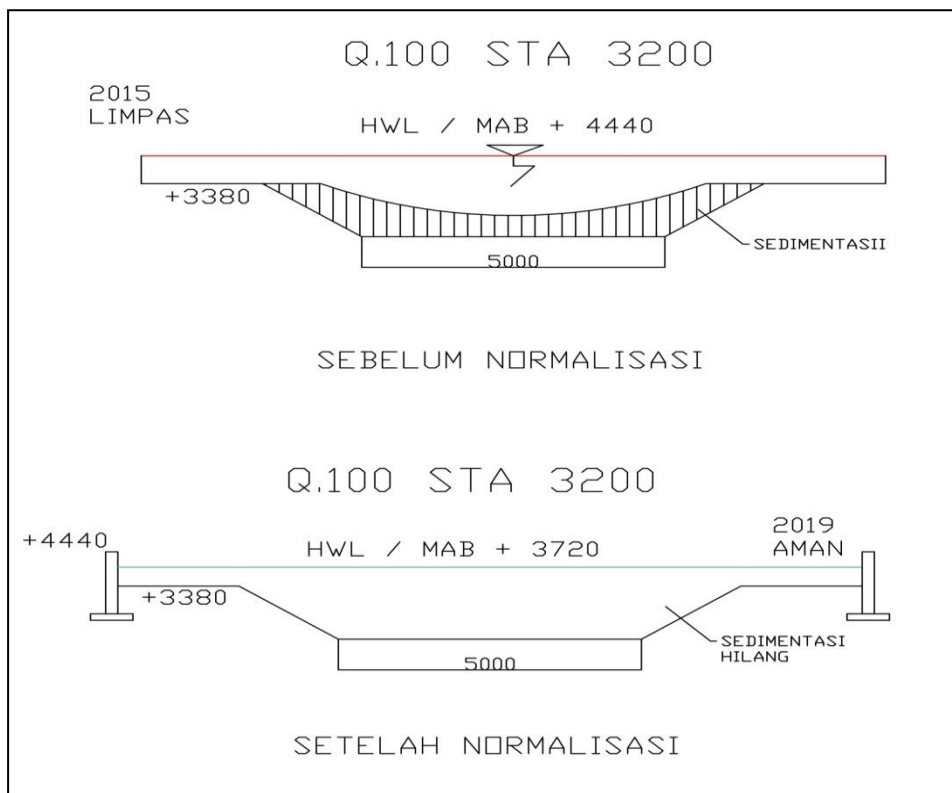
Gambar 4.15. Q100 Sebelum & Setelah Normalisasi di STA 3+600



Gambar 4.16. Area STA 3+200

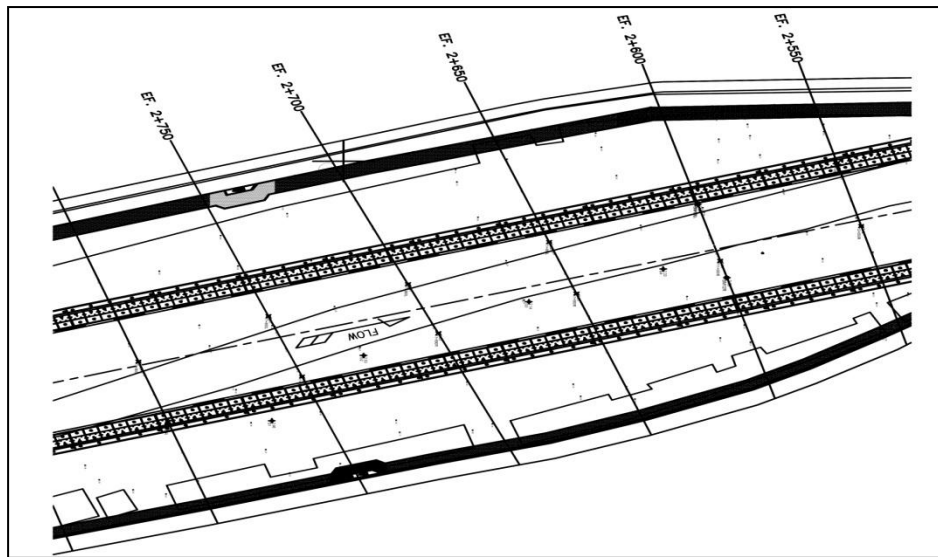


Gambar 4.17. Q50 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 3+200

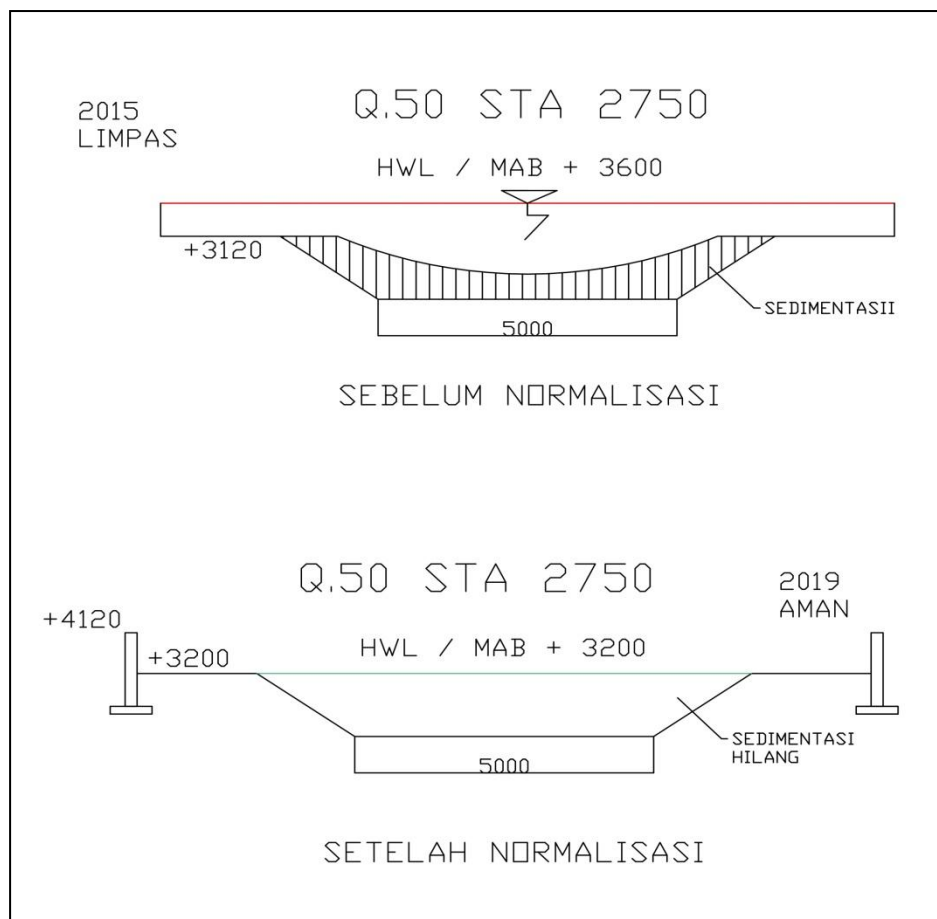


Gambar 4.18. Q100 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 3+200

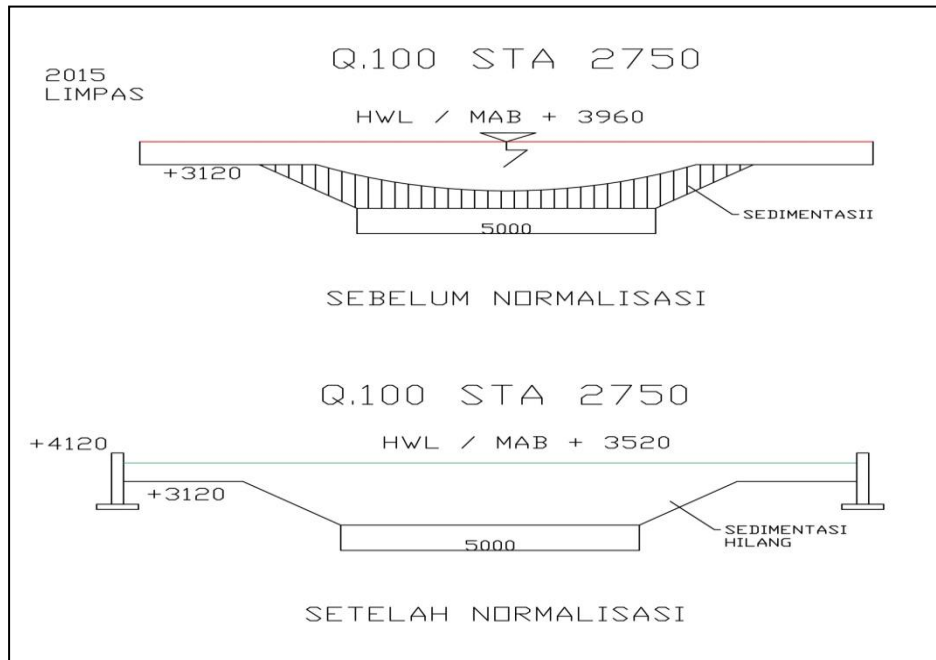
2) Jembatan Pasarwaru hingga Jembatan Arteri di sta 2+750 dan 2+550



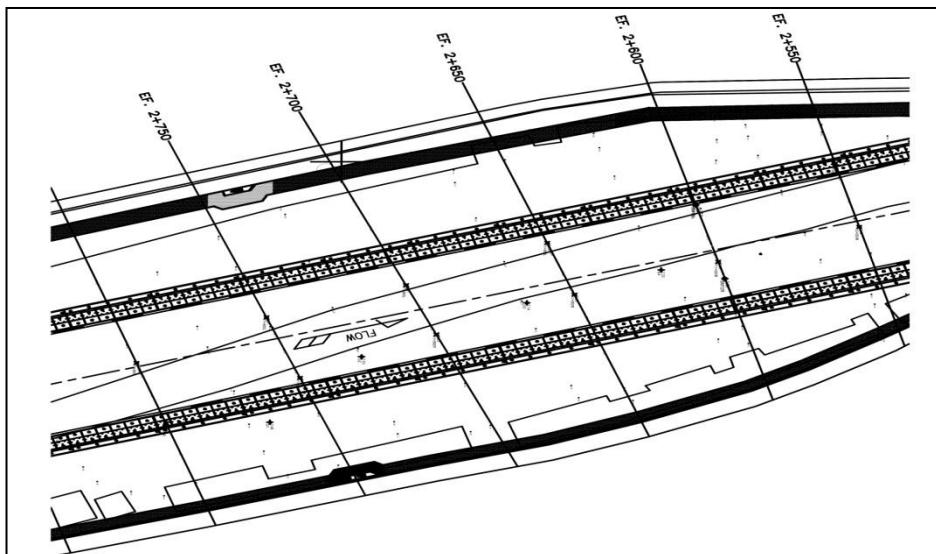
Gambar 4.19. Area STA 2+750



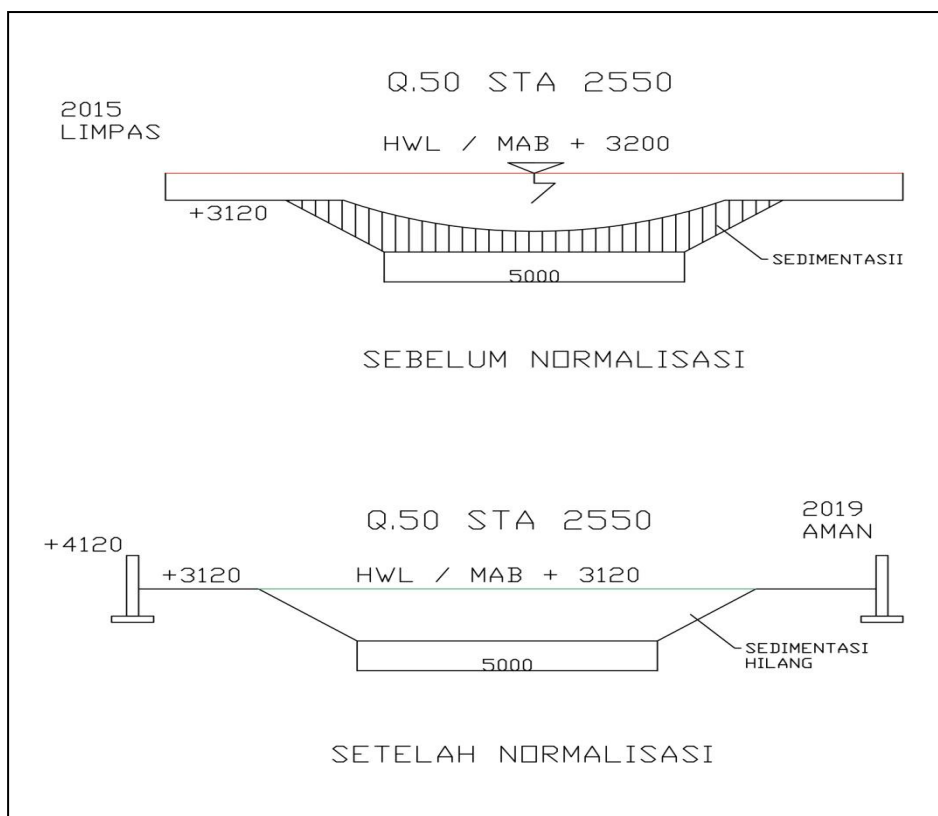
Gambar 4.20. Q50 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 2+750



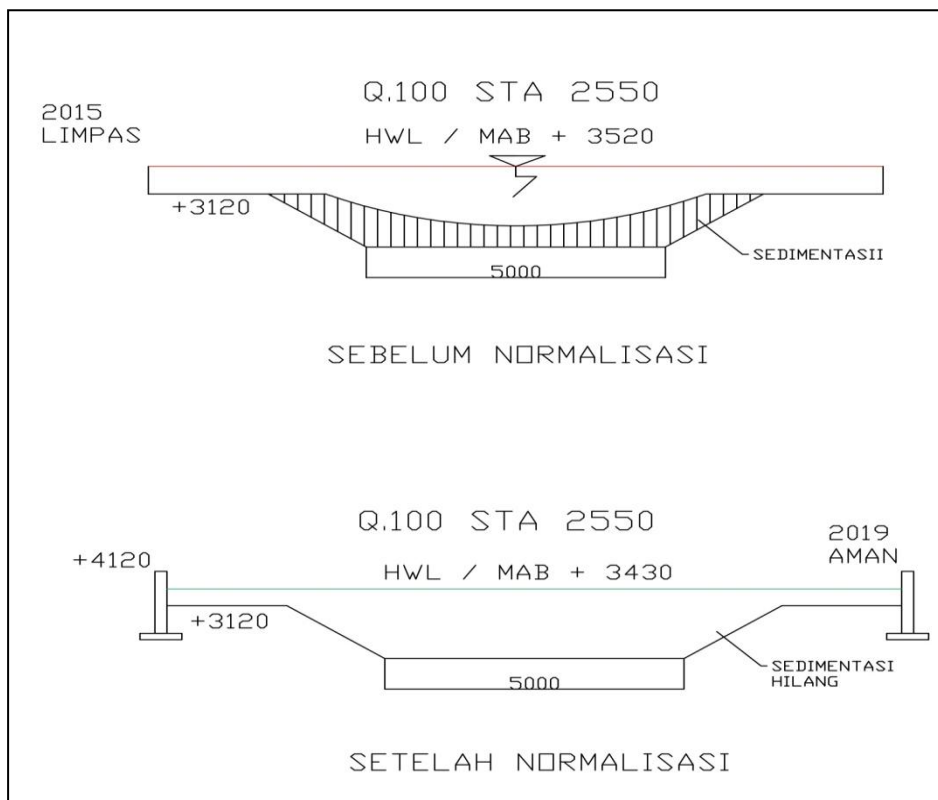
Gambar 4.21. Q100 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 2+750



Gambar 4.22. Area STA 2+550



Gambar 4.23. Q50 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 2+550



Gambar 4.24. Q100 Sebelum dan Setelah Normalisasi di STA 2+550

Kesimpulan hasil dari running program dengan debit rencana dan pasang tertinggi + 1,1 m muka air rendah ditambah pasang terendah - 0,1 m.

Perhitungan ketinggian elevasi air pada titik STA yang diamati pada Debit Maksimum Q50 dan Q100

Tabel 4.10. HEC Ras Q50 Kondisi Sebelum dan Sesudah Nomalisasi

| N<br>o | STA   | Debit | Kondisi        | H-Ras<br>(m) | Revetment<br>(m) | Parapet<br>(m) | Ket                   |
|--------|-------|-------|----------------|--------------|------------------|----------------|-----------------------|
| 1      | 3+600 | Q50   | sebelum        | 4,40         | 3,54             | 3,54           | Melimpas              |
|        |       |       | <b>sesudah</b> | <b>3,54</b>  | <b>3,54</b>      | <b>4,54</b>    | <b>Tidak Melimpas</b> |
| 2      | 3+200 | Q50   | sebelum        | 4,00         | 3,38             | 3,38           | Melimpas              |
|        |       |       | <b>sesudah</b> | <b>3,38</b>  | <b>3,38</b>      | <b>4,38</b>    | <b>Tidak Melimpas</b> |
| 3      | 2+750 | Q50   | sebelum        | 3,60         | 3,20             | 3,20           | Melimpas              |
|        |       |       | <b>sesudah</b> | <b>3,20</b>  | <b>3,20</b>      | <b>4,12</b>    | <b>Tidak Melimpas</b> |
| 4      | 2+550 | Q50   | sebelum        | 3,20         | 3,12             | 3,12           | Melimpas              |
|        |       |       | <b>sesudah</b> | <b>3,12</b>  | <b>3,12</b>      | <b>4,12</b>    | <b>Tidak Melimpas</b> |

Tabel 4.11. HEC Ras Q100 Kondisi Sebelum dan Sesudah Nomalisasi

| N<br>o | STA   | Debit | Kondisi        | H-Ras<br>(m) | Revetment<br>(m) | Parapet<br>(m) | Ket                   |
|--------|-------|-------|----------------|--------------|------------------|----------------|-----------------------|
| 1      | 3+600 | Q100  | sebelum        | 4,84         | 3,54             | 3,54           | Melimpas              |
|        |       |       | <b>sesudah</b> | <b>3,89</b>  | <b>3,54</b>      | <b>4,54</b>    | <b>Tidak Melimpas</b> |
| 2      | 3+200 | Q100  | sebelum        | 4,44         | 3,38             | 3,38           | Melimpas              |
|        |       |       | <b>sesudah</b> | <b>3,72</b>  | <b>3,38</b>      | <b>4,44</b>    | <b>Tidak Melimpas</b> |
| 3      | 2+750 | Q100  | sebelum        | 3,96         | 3,12             | 3,12           | Melimpas              |
|        |       |       | <b>sesudah</b> | <b>3,52</b>  | <b>3,12</b>      | <b>4,12</b>    | <b>Tidak Melimpas</b> |
| 4      | 2+550 | Q100  | sebelum        | 3,52         | 3,12             | 3,12           | Melimpas              |
|        |       |       | <b>sesudah</b> | <b>3,43</b>  | <b>3,12</b>      | <b>4,12</b>    | <b>Tidak Melimpas</b> |

Hasil Analisa dapat diuraikan :

1. Data Hec Ras didapatkan dari potongan melintang data perencanaan survey pengukuran pada pekerjaan Normalisasi Sungai Kanal Banjir Timur.
2. Tinjauan hasil evaluasi pengukuran elevasi data perencanaan untuk Top Elevasi Revetment dimana hasil Hec Ras dalam normalisasi untuk Q50 menunjukkan elevasi sama dengan elevasi top revetment dan aman dari limpasan di Top Parapet,
3. Tinjauan elevasi di top parapet untuk Q100 sudah melebihi top revetment ; tetapi belum melampui top parapet sehingga aman.
4. Untuk Q50 aman terhadap top elevasi revetment
5. Sebelum normalisasi (masih ada sedimen di alur sungai), elevasi top revetment existing +3,54, tetapi belum ada parapet, pada kondisi ini hasil Hec Ras tinggi Muka Air Banjir HWL = +4,40 m sehingga melimpas.
6. Sesudah Normalisasi Q 50 (normalisasi pengerukan sedimen) dan kondisi sudah ada parapet; hasil perhitungan didapatkan elevasi MAB/HWL turun ke elevasi +3,54m sesuai dengan rencana perhitungan top elevasi revetment ; hasil aman terhadap luapan banjir di +4,54m , dimana elevasi +3,890 m < top elevasi parapet +4,54 m sehingga aman dari limpasan banjir.

Simulasi Perhitungan Hec-Ras pada Tampungan Debit Q50, Q100 dengan Luas Penampang Hidrolis Sungai (A) dan Elevasi Muka Air pada saat sebelum dan setelah normalisasi (pemasangan Revetment dan Parapet) adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12. Hasil Analisa Luas Penampang Hidrolis Sungai  
dan Elevasi Muka Air pada Debit Banjir Q50 – Q100

| No | Uraian                    | Sebelum Normalisasi | Setelah Normalisasi | Keterangan |
|----|---------------------------|---------------------|---------------------|------------|
| 1  | Luas Hidrolis Sungai A=m2 | 45 m2               | <b>112 m2</b>       |            |
| 2  | Elevasi Muka Air          |                     |                     |            |
|    | Debit Banjir Q50          | + 4,40              | <b>+ 3,54</b>       |            |
|    | Debit Banjir Q100         | + 4,84              | <b>+ 3,89</b>       |            |

Sumber: Analisa Data Penelitian

Perbedaan hasil perhitungan luas hidrolis sungai (A) didapat dari perhitungan potongan melintang sungai yang menunjukkan bahwa sebelum normalisasi masih dipengaruhi oleh ketinggian elevasi sedimen yang terdapat dialur sungai sebesar 45 m<sup>2</sup>. Dan setelah normalisasi, sedimen dihilangkan sampai elevasi dasar sungai di +/- 0,00 sehingga lebar dan kedalaman sungai bertambah, dari hasil perhitungan didapatkan luasan hidrolis yang lebih besar yaitu 112 m<sup>2</sup>

#### 4.4 Analisa Stabilitas

Setelah Analisa terkait dengan hidrologi dan hidrolika Sungai Kanal Banjir Timur selesai dalam kesimpulan dilanjutkan dengan Analisa Stabilitas Revetment dan Parapet. Data Tanah Terlampir dari Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang; Tanggal pelaksanaan pengeboran 15-17 Maret 2018, lokasi di Kanal Banjir Timur Semarang pada pekerjaan Normalisasi Kanal Banjir Timur. ( Hasil terlampir ).

Sedangkan dasar yang dipakai adalah SNI 8460: 2017 (Persyaratan Perancangan Geoteknik) dengan kriteria sebagai berikut:

7. Dinding Penahan Tanah (DPT) berupa revetment dan Parapet adalah bangunan untuk mencegah keruntuhan akibat kemiringan tanah yang curam
8. Fungsi DPT adalah menahan gaya tekanan lateral akibat parameter tanah yang buruk sehingga dapat mencegah keruntuhan berupa longsor.
9. Kriteria beban berupa beban hidup (Live Load) dan beban mati (Dead Load) sesuai dengan peruntukan lereng galian dan tambahan beban (surcharge load) ditetapkan sebesar 10 KN/m<sup>2</sup>
10. Kriteria Pembebanan perhitungan analisa struktur (SNI 8460 : 2017) adalah:

| No | Parameter                     | DPT   | Satuan            |
|----|-------------------------------|-------|-------------------|
| 1  | $\gamma_c$ (berat isi Beton ) | 24    | KN/m <sup>2</sup> |
| 2  | $F_c$ (Kuat Tekan Beton)      | 30    | MPA               |
| 3  | E (elastisitas)               | 25742 | KN/m <sup>2</sup> |

Sumber: Analisa Data Penelitian

11. Kriteria Faktor Keamanan (FK) Stabilitas DPT (SNI 8460 : 2017 )

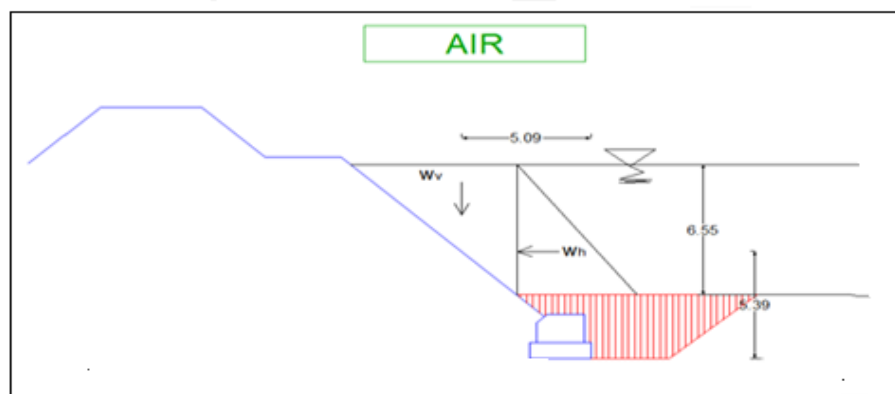
- a) Faktor Keamanan terhadap Guling minimal 2
- b) Faktor Keamanan terhadap Geser Lateral minimal 1,5
- c) Faktor Keamanan terhadap Daya Dukung minimal 3
- d) Faktor Keamanan terhadap stabilitas global minimal 1,5
- e) Faktor Keamanan terhadap Beban Gempa minimal 1,1

**4.4.1 Analisa Stabilitas Konstruksi Revetment**

Analisa simulasi dan evaluasi dilakukan pada desain revetment terpasang dengan Debit Banjir Maksimal sesuai perhitungan Hec Ras di Q50 dan Q100.

**1. Stabilitas Revetment dengan Program Excel**

- a) Pengaruh Tekanan Hidrostatik terhadap kestabilan



Gambar 4.25. Diagram tekanan hidrostatik Revetment

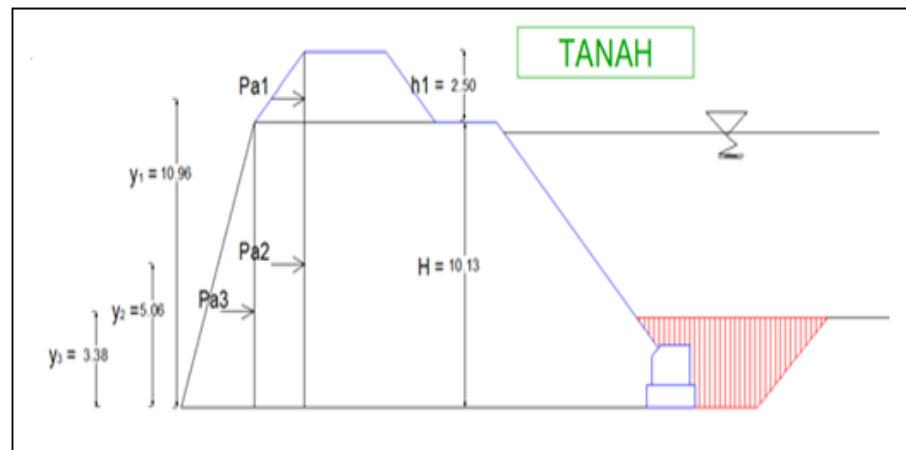
Sumber: Analisa Data Penelitian

$$w_v = w_h = \frac{1}{2} \gamma_{air} \times h^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 6,55^2 = 21,51 \text{ ton/m}$$

$$\text{Beban Air Vertikal} = w_v \times L = 21,51 \times 5,09 = 109,29 \text{ Ton}$$

$$\text{Beban Air Horizontal} = w_h \times L = 21,51 \times 5,39 = 115,63 \text{ ton}$$

b) Gaya Tekanan Tanah terhadap stabilitas revetment



Gambar 4.26. Tekanan Tanah Revetment  
Sumber: Analisa Data Penelitian

$$Pa\ 1 = \gamma \cdot h_1 \left( \frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} \right) * h_1/2 = 1,7532 \times 2,5 \left( \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} \right) \times 2,5/2 = 1,907 \text{ Ton/m}$$

$$Pa\ 2 = \gamma \cdot h_1 \left( \frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} \right) * H = 1,7532 \times 2,5 \left( \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} \right) \times 10,13 = 14,65 \text{ Ton/m}$$

$$Pa\ 3 = \gamma \cdot H \left( \frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} \right) * H/2 = 1,7532 \times 10,13 \left( \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} \right) \times 10,13/2 = 29,68 \text{ Ton/m}$$

$$\text{Beban tanah} = Pa_1 \cdot y_1 + Pa_2 \cdot y_2 + Pa_3 \cdot y_3$$

$$= (1,907 \times 10,86) + (14,65 \times 5,05) + (29,68 \times 3,28) = 194,53 \text{ Ton}$$

$$\Sigma H = \text{beban tanah} - \text{beban air} = 194,53 - 115,63 = 78,90 \text{ Ton}$$

$$\Sigma H = \text{beban bangunan} + \text{beban air} = 70,73 + 109,29 = 180,02 \text{ Ton}$$

c) Kontrol kelongsoran dengan:

Faktor perlawanan bidang gelincir = 0,6 ; Safety factor = 1,25

$$\text{Maka : } \frac{\Sigma H}{\Sigma V} < \frac{f}{s} = \frac{78,90}{180,02} < \frac{0,6}{1,25} = 0,439 < 0,48 \quad \text{OK}$$

d) Kontrol geser:

$$\Sigma H < \frac{F * \Sigma v + C * A}{S}$$

$$78,90 < \frac{(0,6 \times 180,02) + (22 \times 4,49)}{1,25} =$$

$$78,90 < \frac{107,947 + 98,78}{1,25} = 78,908 < 165,382 \quad \text{OK}$$

e) Cek Penurunan Tanah ( Deformasi )

Diketahui :

$$\gamma_{\text{Sat}} = 1,940 \text{ Ton/m}^3$$

$$\gamma^1 = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{air}} = 1,94 \text{ Ton/m}^3 - 1 \text{ Ton/m}^3 = 0,940 \text{ Ton/m}^3$$

Dari data laboratorium terkait konsolidasi tanah :

$$e_0 = \text{Angka pori tanah} = 0,719$$

$$cc = 0,3 * (e_0 - 0,27) = 0,135$$

$$cv = \text{Koefisien Konsolidasi} = 0,005 \text{ cm}^2/\text{detik}$$

$$Gs = \text{Spesific Gravity} = 2,58$$

(**Spesific gravity** adalah perbandingan antara berat butir **tanah** dengan volume **tanah** padat atau berat air yang dengan isi sama dengan isi **tanah** padat tersebut pada suhu tertentu)

$$H = \text{Tebal segmen tanah} = 1,5 \text{ meter}$$

$$z = H/2 = \frac{1}{2} * 1,5 = 0,75 \text{ meter}$$

$$w = \text{Kadar Air} = 20,8 \%$$

$$\text{Berat total konstruksi ; } (V) \text{ total} = 21,246 \text{ Ton/m}^3$$

$$B = \text{Panjang segmen diambil} = 4,63 \text{ m}$$

Tekanan akibat berat bangunan pada tanah :

$$P = \frac{V_{\text{total}}}{B} = \frac{21,246 \text{ T/m}^3}{4,63 \text{ m}} = 4,581 \text{ Ton/m}^2$$

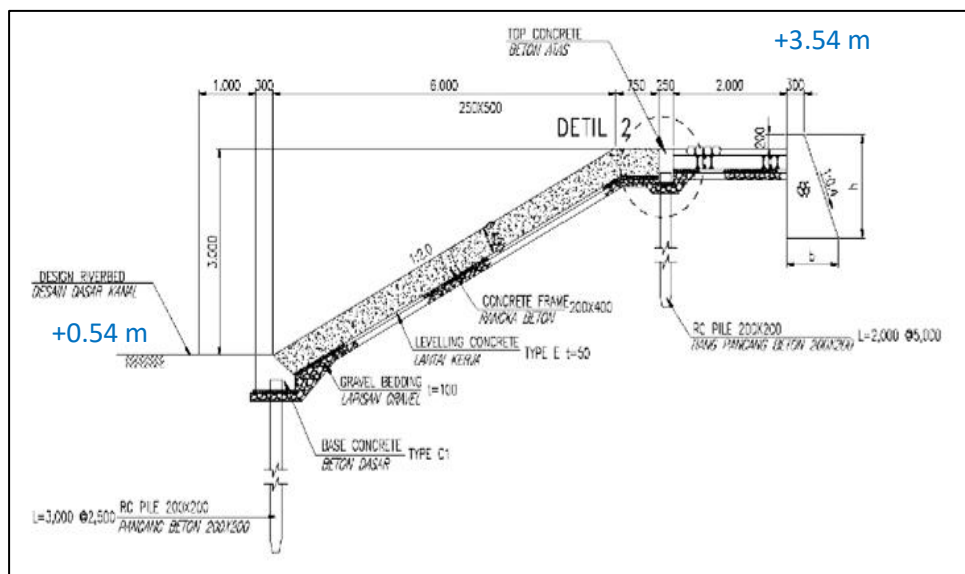
$$P_o = H * \gamma^1 = 3 \text{ m} * 0,94 \text{ Ton/m}^3 = 2,73 \text{ Ton/m}^2$$
$$\Delta p = 0,7 \text{ P} = 3,207 \text{ Ton/m}^2$$
$$S = \frac{C_c * H}{1 + e_0} \text{Log} \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$S = \frac{0,135 \cdot 1,5}{1 + 0,719} \text{Log} \frac{2,73 + 3,207}{2,73}$$

$$S = \frac{0,117}{1,719} \text{Log} \frac{5,937}{2,73}$$

$$S = 0,03315 \text{ m} = 3,31 \text{ cm} = \mathbf{33,15 \text{ mm}}$$

## Pemodelan Revetment dengan Plaxis

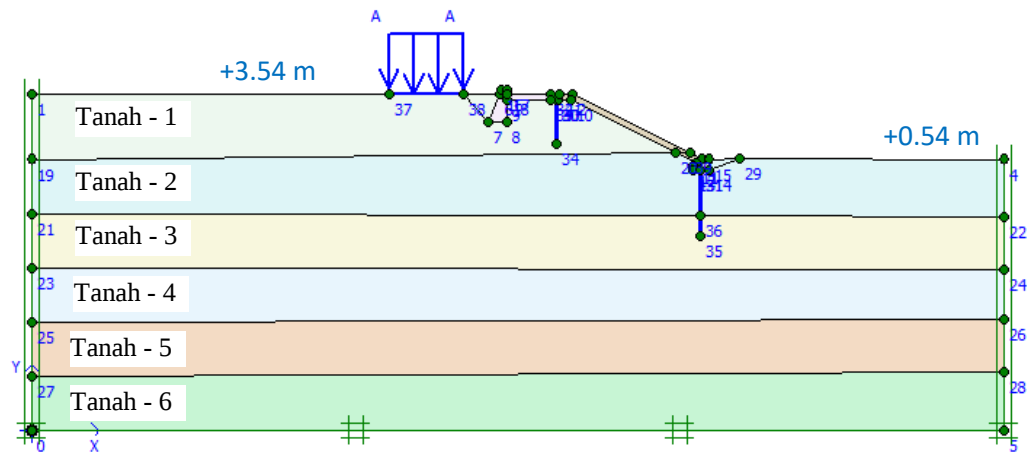


85

Pemodelan menggunakan program plaxis untuk mengetahui deformasi yang terjadi pada setiap potongan dan variasi beban dari Revetment yang ditinjau. Bentuk deformasi yang dihasilkan dari pemodelan pada program plaxis didapat dari nilai total *displacement*. *Displacement* yang dihasilkan tersebut terjadi ke arah horisontal dan ke arah vertikal sehingga didapat perilaku dari deformasi yang terjadi.

### 1) Pemodelan Stabilitas Plaxis

Parameter struktur diambil potongan melintang untuk input data dalam program untuk mengetahui deformasinya.



Gambar 4.28. Pemodelan Potongan Melintang Revetment

### 2) Memasukkan Data Parameter Permodelan

Setelah cross melintang dimasukkan ke dalam program dimasukkan parameter bahan ke dalam bagian cross tersebut. Dilanjutkan dengan parameter tanah pembentuk lerengnya disesuaikan dengan data sekunder lapangan.

Tabel 4.13. Data Parameter Mekanika Tanah (Revetment)

| No. | Hole No. | Depth (m)     | Diskripsi                    | N-SPT | Water   | Unit Weight           |                       |                       | Direct Shear          |        | Modulus           | Poisson |
|-----|----------|---------------|------------------------------|-------|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-------------------|---------|
|     |          |               |                              |       | Content | $\gamma_t$            | $\gamma_{dry}$        | $\gamma_{sat}$        | C                     | $\phi$ | E                 | Ratio   |
|     |          |               |                              |       | (%)     | (gr/cm <sup>3</sup> ) | (gr/cm <sup>3</sup> ) | (gr/cm <sup>3</sup> ) | (kg/cm <sup>2</sup> ) | (°)    | kN/m <sup>2</sup> | $\nu$   |
| 1   | Tanah-1  | 2.50 - 3.00   | LEMPUNG. coklat. sangat kaku | 21    | 34.26   | 1.55                  | 1.16                  | 1.71                  | 0.254                 | 17.214 | 16086             | 0.25    |
| 2   | Tanah-2  | 5.00 - 5.50   | LEMPUNG. coklat. sangat kaku | 27    | 34.72   | 1.58                  | 1.17                  | 1.71                  | 0.259                 | 17.571 | 20682             | 0.25    |
| 3   | Tanah-3  | 7.50 - 8.00   | LEMPUNG. coklat. sangat kaku | 24    | 34.11   | 1.52                  | 1.14                  | 1.69                  | 0.169                 | 15.356 | 18384             | 0.25    |
| 4   | Tanah-4  | 10.00 - 10.50 | LEMPUNG. abu-abu. teguh      | 6     | 42.55   | 1.56                  | 1.10                  | 1.66                  | 0.162                 | 15.724 | 8330              | 0.30    |
| 5   | Tanah-5  | 12.50 - 13.00 | LEMPUNG. abu-abu. teguh      | 5     | 37.28   | 1.57                  | 1.14                  | 1.69                  | 0.168                 | 11.532 | 8315              | 0.30    |
| 6   | Tanah-6  | 15.00 - 15.50 | LEMPUNG. abu-abu. teguh      | 7     | 40.81   | 1.65                  | 1.17                  | 1.72                  | 0.197                 | 14.357 | 8315              | 0.30    |

Mohr-Coulomb - Tanah-1 (Lempung)

General | Parameters | Interfaces

Material Set  
 Identification: Tanah-1 (Lempung)  
 Material model: Mohr-Coulomb  
 Material type: UnDrained

General properties  
 $\gamma_{unsat}$ : 11.600 kN/m<sup>3</sup>  
 $\gamma_{sat}$ : 17.100 kN/m<sup>3</sup>

Permeability  
 $k_x$ : 1.000E-04 m/day  
 $k_y$ : 1.000E-04 m/day

Comments

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-1 (Lempung)

General | Parameters | Interfaces

Stiffness  
 $E_{ref}$ : 1.609E+04 kN/m<sup>2</sup>  
 $\nu$  (nu): 0.250

Strength  
 $c_{ref}$ : 25.400 kN/m<sup>2</sup>  
 $\phi$  (phi): 17.214 °  
 $\psi$  (psi): 0.000 °

Alternatives  
 $G_{ref}$ : 6434.400 kN/m<sup>2</sup>  
 $E_{oed}$ : 1.930E+04 kN/m<sup>2</sup>

Velocities  
 $V_s$ : 73.730 m/s  
 $V_p$ : 127.700 m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-2 (Lempung)

General | Parameters | Interfaces

Material Set  
 Identification: Tanah-2 (Lempung)  
 Material model: Mohr-Coulomb  
 Material type: UnDrained

General properties  
 $\gamma_{unsat}$ : 11.700 kN/m<sup>3</sup>  
 $\gamma_{sat}$ : 17.100 kN/m<sup>3</sup>

Permeability  
 $k_x$ : 8.640E-05 m/day  
 $k_y$ : 8.640E-05 m/day

Comments

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-1 (Lempung)

General | Parameters | Interfaces

Stiffness  
 $E_{ref}$ : 2.068E+04 kN/m<sup>2</sup>  
 $\nu$  (nu): 0.250

Strength  
 $c_{ref}$ : 25.400 kN/m<sup>2</sup>  
 $\phi$  (phi): 17.214 °  
 $\psi$  (psi): 0.000 °

Alternatives  
 $G_{ref}$ : 8272.800 kN/m<sup>2</sup>  
 $E_{oed}$ : 2.482E+04 kN/m<sup>2</sup>

Velocities  
 $V_s$ : 83.600 m/s  
 $V_p$ : 144.800 m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Gambar 4.29. Input properties tanah lapis 1 dan 2

Mohr-Coulomb - Tanah-3 (Lempung)

General | Parameters | Interfaces

Material Set  
 Identification: **Tanah-3 (Lempung)**  
 Material model: Mohr-Coulomb  
 Material type: Undrained

General properties  
 $\gamma_{unsat}$ : 11.400 kN/m<sup>3</sup>  
 $\gamma_{sat}$ : 16.900 kN/m<sup>3</sup>

Permeability  
 $k_x$ : 8.640E-05 m/day  
 $k_y$ : 8.640E-05 m/day

Comments

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-3 (Lempung)

General | Parameters | Interfaces

Stiffness  
 $E_{ref}$ : 1.838E+04 kN/m<sup>2</sup>  
 $\nu$  (nu): 0.250

Strength  
 $c_{ref}$ : 16.900 kN/m<sup>2</sup>  
 $\phi$  (phi): 15.356 °  
 $\psi$  (psi): 0.000 °

Alternatives  
 $G_{ref}$ : 7353.600 kN/m<sup>2</sup>  
 $E_{oed}$ : 2.206E+04 kN/m<sup>2</sup>

Velocities  
 $V_s$ : 79.510 m/s  
 $V_p$ : 137.700 m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-4 (Lempung)

General | Parameters | Interfaces

Material Set  
 Identification: **Tanah-4 (Lempung)**  
 Material model: Mohr-Coulomb  
 Material type: Undrained

General properties  
 $\gamma_{unsat}$ : 11.000 kN/m<sup>3</sup>  
 $\gamma_{sat}$ : 16.500 kN/m<sup>3</sup>

Permeability  
 $k_x$ : 8.640E-05 m/day  
 $k_y$ : 8.640E-05 m/day

Comments

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-4 (Lempung)

General | Parameters | Interfaces

Stiffness  
 $E_{ref}$ : 8330.000 kN/m<sup>2</sup>  
 $\nu$  (nu): 0.300

Strength  
 $c_{ref}$ : 16.200 kN/m<sup>2</sup>  
 $\phi$  (phi): 15.724 °  
 $\psi$  (psi): 0.000 °

Alternatives  
 $G_{ref}$ : 3203.846 kN/m<sup>2</sup>  
 $E_{oed}$ : 1.121E+04 kN/m<sup>2</sup>

Velocities  
 $V_s$ : 53.430 m/s  
 $V_p$ : 99.950 m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-5 (lempung)

General | Parameters | Interfaces

Material Set  
 Identification: **Tanah-5 (lempung)**  
 Material model: Mohr-Coulomb  
 Material type: Undrained

General properties  
 $\gamma_{unsat}$ : 11.400 kN/m<sup>3</sup>  
 $\gamma_{sat}$ : 16.900 kN/m<sup>3</sup>

Permeability  
 $k_x$ : 8.640E-05 m/day  
 $k_y$ : 8.640E-05 m/day

Comments

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-5 (lempung)

General | Parameters | Interfaces

Stiffness  
 $E_{ref}$ : **8315.000** kN/m<sup>2</sup>  
 $\nu$  (nu): 0.300

Strength  
 $c_{ref}$ : 16.800 kN/m<sup>2</sup>  
 $\phi$  (phi): 11.530 °  
 $\psi$  (psi): 0.000 °

Alternatives  
 $G_{ref}$ : 3198.078 kN/m<sup>2</sup>  
 $E_{oed}$ : 1.119E+04 kN/m<sup>2</sup>

Velocities  
 $V_s$ : 52.430 m/s  
 $V_p$ : 98.090 m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-6 (Lempung)

General | Parameters | Interfaces

Material Set  
 Identification: **Tanah-6 (Lempung)**  
 Material model: Mohr-Coulomb  
 Material type: Undrained

General properties  
 $\gamma_{unsat}$ : 11.700 kN/m<sup>3</sup>  
 $\gamma_{sat}$ : 17.200 kN/m<sup>3</sup>

Permeability  
 $k_x$ : 1.000E-05 m/day  
 $k_y$ : 1.000E-05 m/day

Comments

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-6 (Lempung)

General | Parameters | Interfaces

Stiffness  
 $E_{ref}$ : **8315.000** kN/m<sup>2</sup>  
 $\nu$  (nu): 0.300

Strength  
 $c_{ref}$ : 19.700 kN/m<sup>2</sup>  
 $\phi$  (phi): 14.357 °  
 $\psi$  (psi): 0.000 °

Alternatives  
 $G_{ref}$ : 3198.077 kN/m<sup>2</sup>  
 $E_{oed}$ : 1.119E+04 kN/m<sup>2</sup>

Velocities  
 $V_s$ : 51.760 m/s  
 $V_p$ : 96.830 m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Gambar 4.30. Input properties tanah lapis 3 – 6

### 3) Data Input Parameter Bangunan

Material Beton K-250, Pasangan Batu kali, perkuatan minipile 20x20 L=3.00 m interval 2,5m dan L=2.00m interval 5m parameter yang akan dianalisis deformasinya akibat beban maupun perkuatan lerengnya ; diuraikan:

The figure consists of six screenshots of software input windows for material parameters, arranged in a 3x2 grid.

- Linear elastic - Beton (Top Left):** Shows general properties for concrete. Identification: Beton. Material model: Linear elastic. Material type: Non-porous. General properties:  $\gamma_{unsat}$  = 24.000 kN/m<sup>3</sup>,  $\gamma_{sat}$  = 24.000 kN/m<sup>3</sup>. Permeability:  $k_x$  = 0.000 m/day,  $k_y$  = 0.000 m/day.
- Linear elastic - Beton (Top Right):** Shows stiffness and alternatives. Stiffness:  $E_{ref}$  = 2.533E+07 kN/m<sup>2</sup>,  $\nu$  (nu) = 0.150. Alternatives:  $G_{ref}$  = 1.101E+07 kN/m<sup>2</sup>,  $E_{oed}$  = 2.675E+07 kN/m<sup>2</sup>. Velocities:  $V_s$  = 2121.000 m/s,  $V_p$  = 3305.000 m/s.
- Elastis Linier - Pasangan Batu (Middle Left):** Shows general properties for stone masonry. Identification: Pasangan Batu. Model material: Elastis Linier. Jenis material: Tidak porous. Sifat umum:  $\gamma_{unsat}$  = 22.000 kN/m<sup>3</sup>,  $\gamma_{sat}$  = 22.000 kN/m<sup>3</sup>. Permeabilitas:  $k_x$  = 0.000 m/hari,  $k_y$  = 0.000 m/hari.
- Elastis Linier - Pasangan Batu (Middle Right):** Shows stiffness and alternatives for stone masonry. Kekakuan:  $E_{ref}$  = 1.263E+04 kN/m<sup>2</sup>,  $\nu$  (nu) = 0.200. Alternatif:  $G_{ref}$  = 5352.083 kN/m<sup>2</sup>,  $E_{oed}$  = 1.427E+04 kN/m<sup>2</sup>. Kecepatan:  $V_s$  = 48.830 m/dtk,  $V_p$  = 79.730 m/dtk.
- Sifat pelat (Bottom Left):** Shows properties for a plate. Kumpulan material: minipile 20x20 L=3 m. Jenis material: Elastis. Sifat-sifat: EA = 3.760E+05 kN/m, EI = 1250.000 kNm<sup>2</sup>/m, d = 0.200 m, w = 0.120 kN/m/m,  $\nu$  = 0.150,  $M_p$  = 1.000E+15 kNm/m,  $N_p$  = 1.000E+15 kN/m,  $\alpha$  Rayleigh = 0.000,  $\beta$  Rayleigh = 0.000.
- Sifat pelat (Bottom Right):** Shows properties for a plate. Kumpulan material: minipile 20x20 L=2. Jenis material: Elastis. Sifat-sifat: EA = 1.880E+05 kN/m, EI = 627.000 kNm<sup>2</sup>/m, d = 0.200 m, w = 0.060 kN/m/m,  $\nu$  = 0.150,  $M_p$  = 1.000E+15 kNm/m,  $N_p$  = 1.000E+15 kN/m,  $\alpha$  Rayleigh = 0.000,  $\beta$  Rayleigh = 0.000.

Gambar 4.31. Input material bangunan

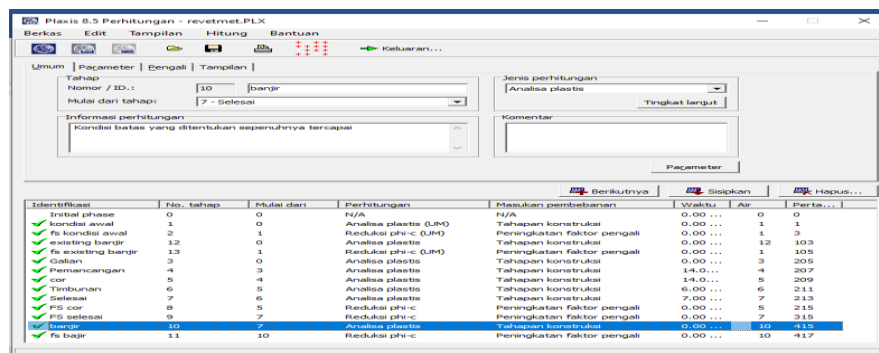


## 7) Perhitungan

Setelah semua tahap dibuat, perhitungan analisis dilakukan menggunakan program plaxis untuk mengetahui dan menentukan nilai deformasi dari Revetment. Untuk tahapan perhitungan didefinisikan seperti pada Gambar

## 8) Running Program Plaxis

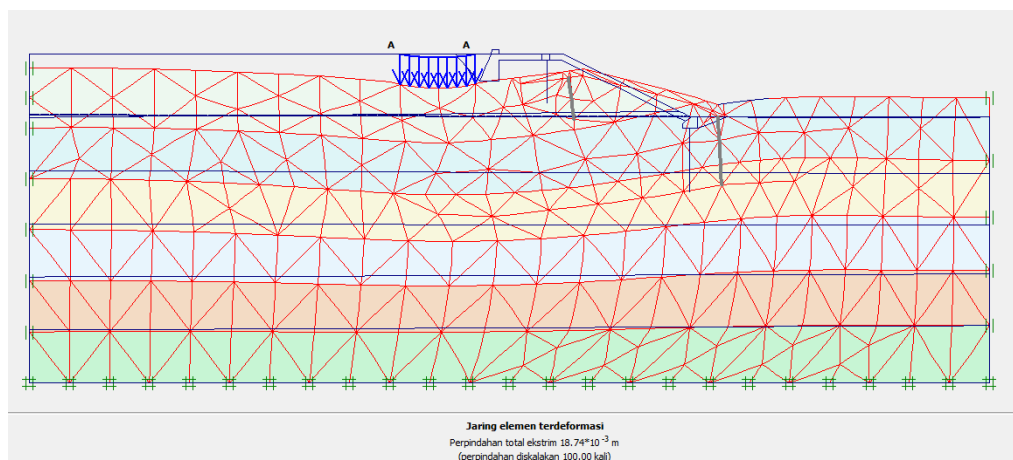
Selesai input data dalam beberapa tahapan running akan menghasilkan tinjauan deformasi pada cross berdasarkan nilai displacement revetment.



| Identifikasi         | No. tahap | Mulai dari | Perhitungan           | Masukan pembebanan         | Value    | Ar | Peris... |
|----------------------|-----------|------------|-----------------------|----------------------------|----------|----|----------|
| Initial phase        | 0         | 0          | N/A                   | N/A                        | 0.00 ... | 0  | 0        |
| ✓ kondisi awal       | 1         | 0          | Analisa plastis (LPH) | Tahapan konstruksi         | 0.00 ... | 1  | 1        |
| ✓ ke kondisi awal    | 2         | 1          | Reduksi phi-c (LPH)   | Peningkatan faktor pengali | 0.00 ... | 1  | 3        |
| ✓ existing banjur    | 12        | 0          | Analisa plastis       | Tahapan konstruksi         | 0.00 ... | 12 | 103      |
| ✓ ke existing banjur | 13        | 1          | Reduksi phi-c (LPH)   | Peningkatan faktor pengali | 0.00 ... | 1  | 103      |
| ✓ jalan              | 3         | 0          | Analisa plastis       | Tahapan konstruksi         | 0.00 ... | 3  | 209      |
| ✓ Perencanaan        | 4         | 3          | Analisa plastis       | Tahapan konstruksi         | 14.0 ... | 4  | 209      |
| ✓ cor                | 5         | 4          | Analisa plastis       | Tahapan konstruksi         | 6.00 ... | 5  | 211      |
| ✓ Timbunan           | 6         | 5          | Analisa plastis       | Tahapan konstruksi         | 7.00 ... | 7  | 213      |
| ✓ Release            | 7         | 6          | Analisa plastis       | Tahapan konstruksi         | 0.00 ... | 5  | 215      |
| ✓ PS cor             | 8         | 5          | Reduksi phi-c         | Peningkatan faktor pengali | 0.00 ... | 7  | 315      |
| ✓ PS selesai         | 9         | 7          | Reduksi phi-c         | Peningkatan faktor pengali | 0.00 ... | 10 | 415      |
| ✓ banjur             | 10        | 7          | Analisa plastis       | Tahapan konstruksi         | 0.00 ... | 10 | 415      |
| ✓ ke banjur          | 11        | 10         | Reduksi phi-c         | Peningkatan faktor pengali | 0.00 ... | 10 | 417      |

Gambar 4.34. Tahapan Analisis Perhitungan Program Plaxis

Tinjauan awal saat tanah asli atau belum ada konstruksi, pada dasarnya keadaan tanggul yang akan direvetment adalah tanggul existing yang sudah settle tetapi dengan pertimbangan keawetan dan keberadaannya berada di tengah kota, juga untuk menghindari kikisan air dan fluktuasi muka air.



Gambar 4.35. Jaring elemen tanah tanggul

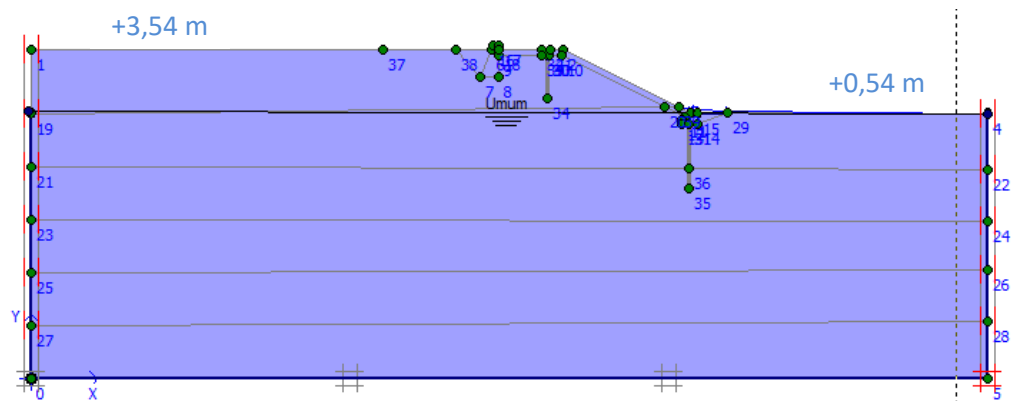
### Kesimpulan deformasi pada bantaran:

Berdasarkan hasil running plaxis untuk kondisi existing dengan beban puncak tanggul diasumsikan untuk jalan O & P (bantaran) maka deformasi yang terjadi 18.74 mm dengan angka keamanan 2.75.

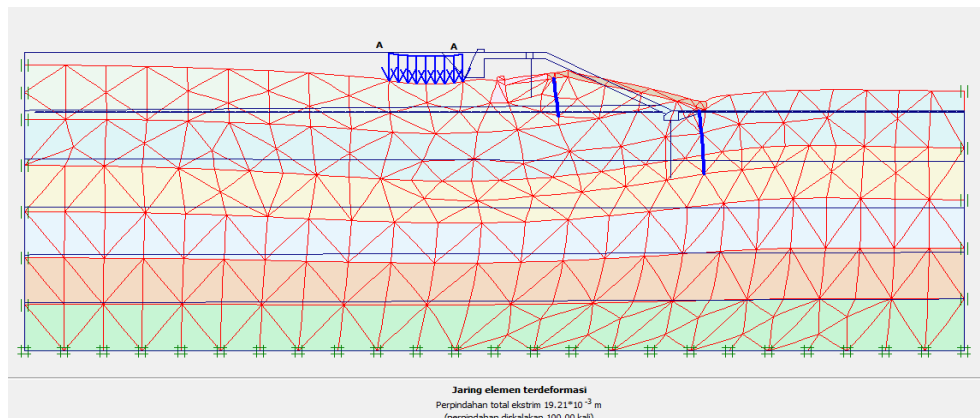
| Umum                                           | Parameter | Pengali | Tampilan |
|------------------------------------------------|-----------|---------|----------|
| <b>Tampilan</b>                                |           |         |          |
| <input checked="" type="radio"/> Nilai masukan |           |         |          |
| <input type="radio"/> Nilai yang dicapai       |           |         |          |
| <b>Peningkatan faktor pengali</b>              |           |         |          |
| Mdisp:                                         | 0.0000    |         |          |
| MloadA:                                        | 0.0000    |         |          |
| MloadB:                                        | 0.0000    |         |          |
| Mweight:                                       | 0.0000    |         |          |
| Maccel:                                        | 0.0000    |         |          |
| Msf:                                           | 0.1000    |         |          |
| <b>Faktor pengali total</b>                    |           |         |          |
| $\Sigma$ -Mdisp:                               | 1.0000    |         |          |
| $\Sigma$ -MloadA:                              | 1.0000    |         |          |
| $\Sigma$ -MloadB:                              | 1.0000    |         |          |
| $\Sigma$ -Mweight:                             | 1.0000    |         |          |
| $\Sigma$ -Maccel:                              | 0.0000    |         |          |
| $\Sigma$ -Msf:                                 | 2.7536    |         |          |

Gambar 4.36. Faktor keamanan saat kondisi existing

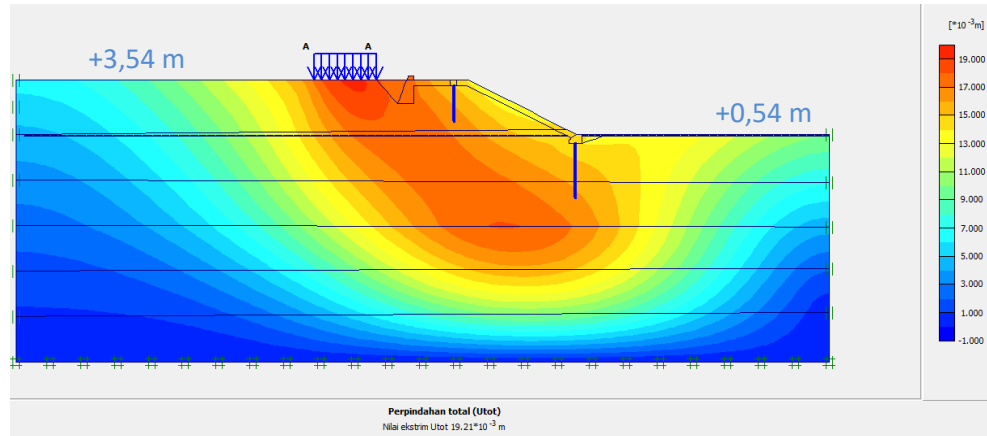
### Tinjauan saat muka air rendah dan banjir:



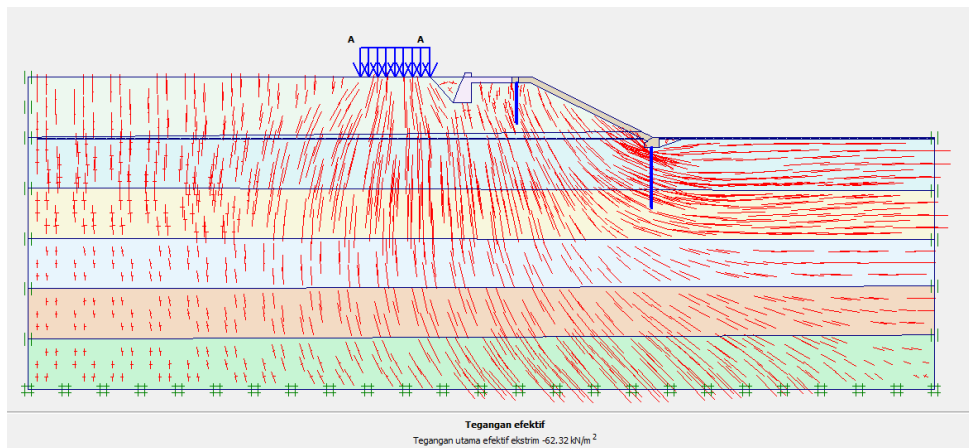
Gambar 4.37. Pemodelan Saat Muka Air rendah



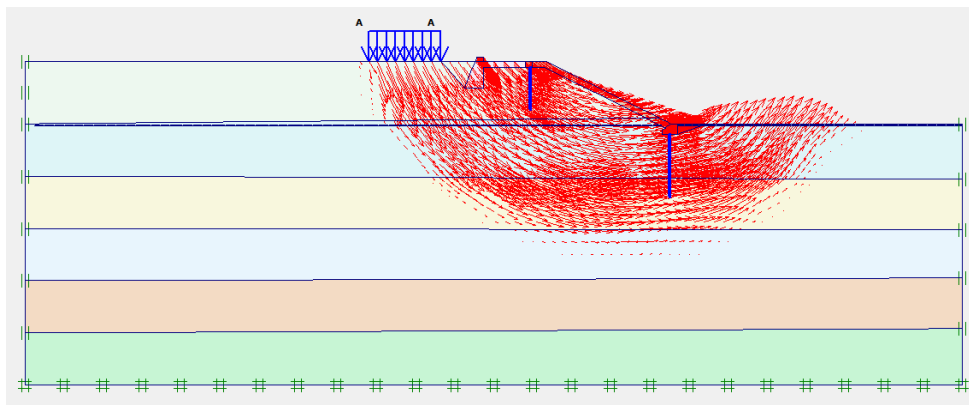
Gambar 4.38. Jaring elemen saat muka air rendah



Gambar 4.39. Deformasi saat muka air rendah yaitu  $19.21 \times 10^{-3} \text{ m}$  (19.21 mm)



Gambar 4.40. Tegangan efektif saat muka air rendah  $62.32 \text{ kN/m}^2$



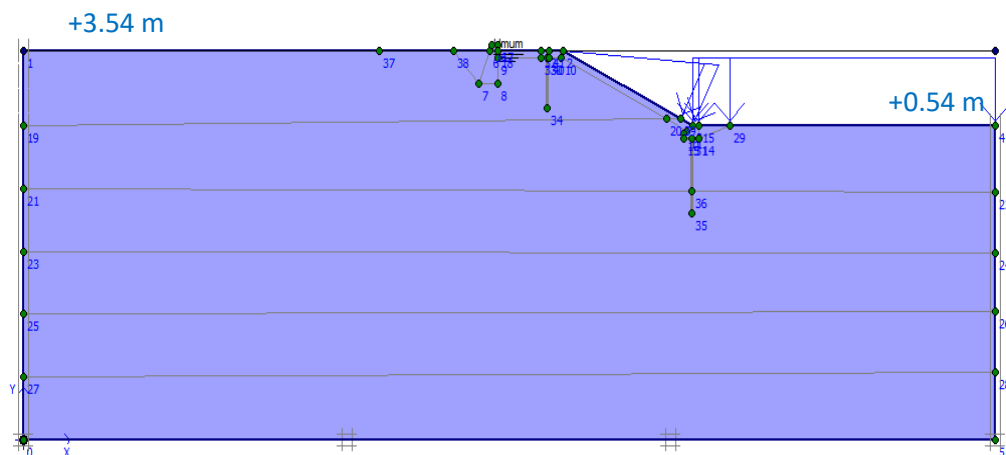
Gambar 4.41. Sebaran tegangan efektif didalam tanah saat muka air rendah

| Umum                                                                                                   | Parameter | Pengali              | Tampilan |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|----------|
| Tampilan<br><input checked="" type="radio"/> Nilai masukan<br><input type="radio"/> Nilai yang dicapai |           |                      |          |
| Peningkatan faktor pengali                                                                             |           | Faktor pengali total |          |
| Mdisp:                                                                                                 | 0.0000    | $\Sigma$ -Mdisp:     | 1.0000   |
| MloadA:                                                                                                | 0.0000    | $\Sigma$ -MloadA:    | 1.0000   |
| MloadB:                                                                                                | 0.0000    | $\Sigma$ -MloadB:    | 1.0000   |
| Mweight:                                                                                               | 0.0000    | $\Sigma$ -Mweight:   | 1.0000   |
| Maccel:                                                                                                | 0.0000    | $\Sigma$ -Maccel:    | 0.0000   |
| Msf:                                                                                                   | 0.1000    | $\Sigma$ -Msf:       | 2.5939   |

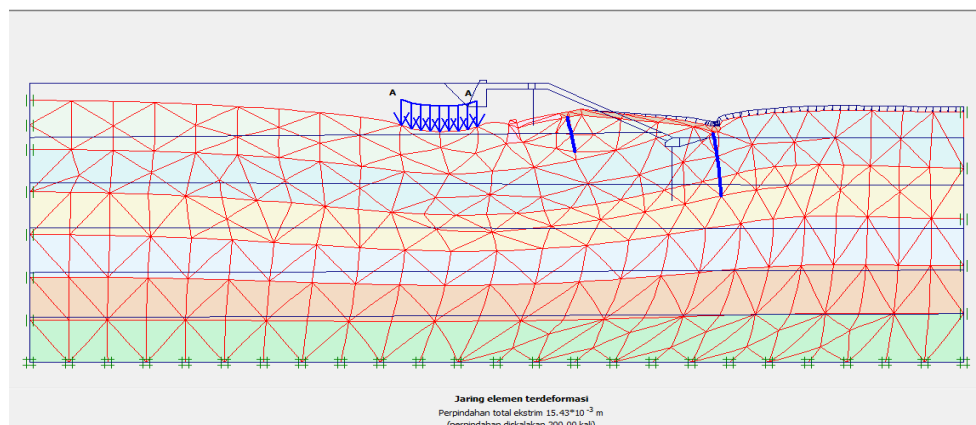
Gambar 4.42. Potensi Longsor saat muka air rendah, Angka keamanan 2.59

### Kesimpulan saat muka air rendah:

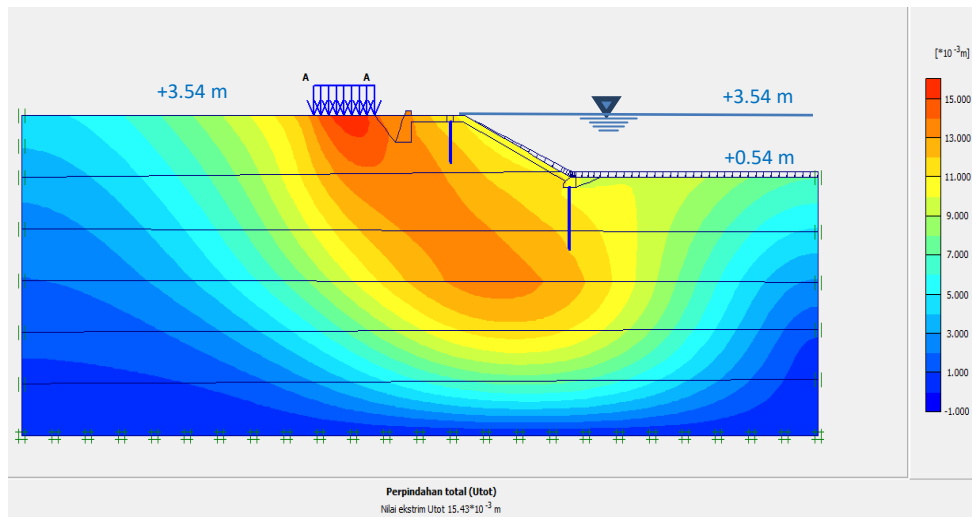
Berdasarkan hasil running Plaxis kondisi muka air rendah maka diperoleh total deformasi sebesar 19.21 mm dengan effective stresses sebesar 62.32 kN/m<sup>2</sup> dan dengan nilai keamanan 2.59 lebih besar dari 1.2 maka konstruksi aman terhadap longsor.



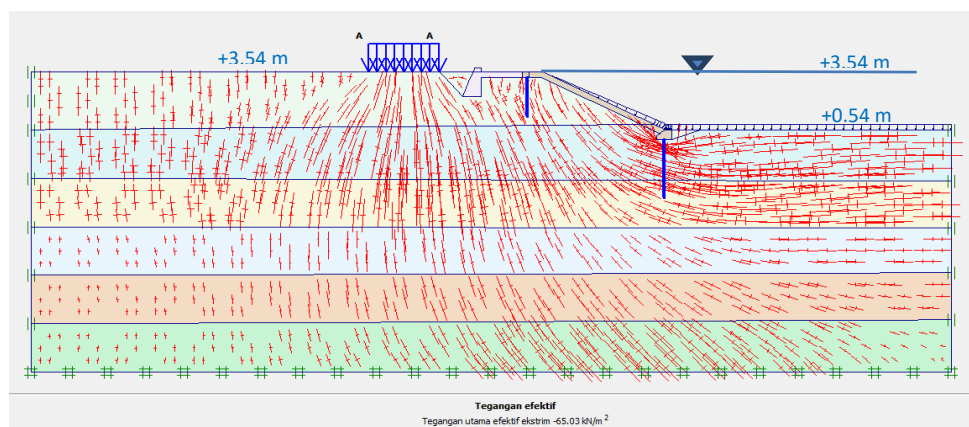
Gambar 4.43. Pemodelan Saat Muka Air Banjir



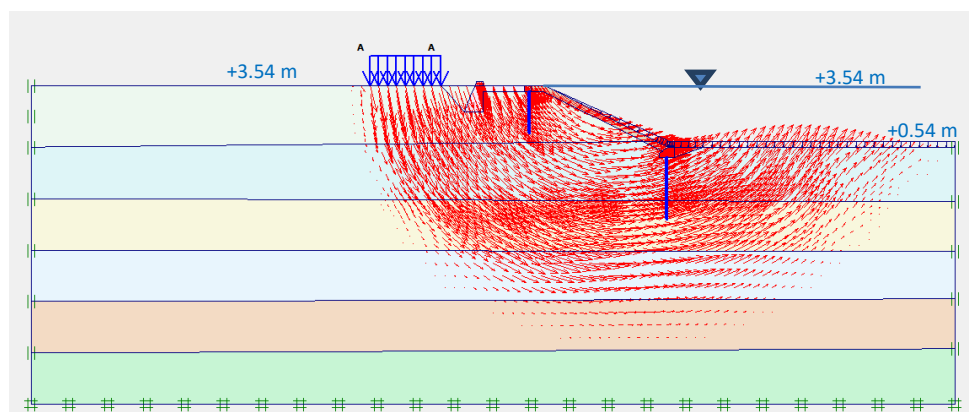
Gambar 4.44. Jaring elemen saat muka air banjir



Gambar 4.45. Deformasi saat muka air banjir 15.43 x 10<sup>-3</sup> m (15.43 mm)



Gambar 4.46. Tegangan efektif saat muka air banjir 65.03 kN/m<sup>2</sup>



Gambar 4.47. Sebaran tegangan efektif didalam tanah saat muka air banjir

The screenshot shows the 'Peningkatan faktor pengali' (Increase factor of safety) window in Plaxis. It has tabs for 'Umum', 'Parameter', 'Pengali', and 'Tampilan'. Under 'Tampilan', 'Nilai masukan' (Input value) is selected. The 'Peningkatan faktor pengali' section lists various parameters: Mdisp (0.0000), MloadA (0.0000), MloadB (0.0000), Mweight (0.0000), Maccel (0.0000), and Msf (0.1000). The 'Faktor pengali total' (Total factor of safety) section shows the sum of these factors: Σ -Mdisp (1.0000), Σ -MloadA (1.0000), Σ -MloadB (1.0000), Σ -Mweight (1.0000), Σ -Maccel (0.0000), and Σ -Msf (3.7544). The Σ -Msf value is highlighted with a red box.

Gambar 4.48. Potensi Longsor saat muka air banjir, Angka keamanan 3.75

### Kesimpulan saat muka air banjir:

Berdasarkan hasil running Plaxis kondisi muka air banjir maka diperoleh total deformasi sebesar 15.43 mm dengan effective stresses sebesar 65.03 kN/m<sup>2</sup> dan nilai angka keamanan 3.75 lebih besar dari 1.2 maka konstruksi aman terhadap longsor.

#### 4.4.2 Analisa Stabilitas Konstruksi *Parapet*

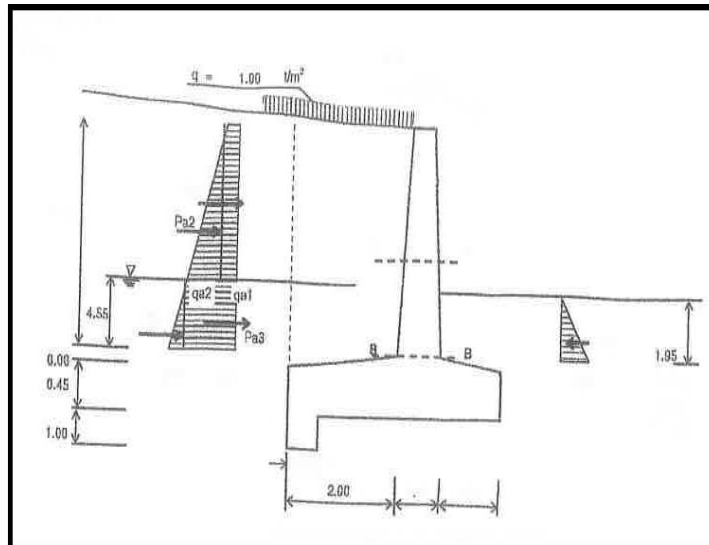
Penelitian ini selain dari kondisi internal dan eksternal seperti dijelaskan sebelumnya.

##### 1. Stabilitas Parapet dengan Program Excel

Ditinjau kondisi paling kritis :

Data-data :

|                    |   |                             |                    |
|--------------------|---|-----------------------------|--------------------|
| Beton mutu         | = | K-225                       |                    |
| Berat jenis beton  | = | 2,40                        | ton/m <sup>3</sup> |
| s ijin tekan beton | = | 65,00                       | kg/cm <sup>2</sup> |
| Tanah dasar        |   |                             |                    |
| Wet density (g b ) | = | 1,731                       | ton/m <sup>3</sup> |
| f                  | = | 21,97                       | °                  |
| C                  | = | 1,325                       | ton/m <sup>2</sup> |
| Ka                 | = | $\tan^2 (45 - f/2) = 0,455$ |                    |
| Kp                 | = | $\tan^2 (45 + f/2) = 2,196$ |                    |



Gambar 4.49. Diagram Tekanan Tanah

Tabel 4.14. Gaya dan Momen Yang Terjadi

| No                            | Segmen     | Berat Segmen (ton)     | Lengan (m)                | Momen (ton.m) |
|-------------------------------|------------|------------------------|---------------------------|---------------|
| <u>GayaVertikal</u>           |            |                        |                           |               |
| 1                             | G1 (Beton) | 2,45                   | 2,20                      | 5,39          |
| 2                             | G2 (Beton) | 2,04                   | 1,63                      | 3,33          |
| 3                             | G3 (Beton) | 2,88                   | 0,25                      | 0,72          |
| 4                             | G4 (Beton) | 0,69                   | 0,25                      | 0,17          |
| 5                             | G5 (Tanah) | 4,71                   | 2,70                      | 12,71         |
|                               |            | S V = 12,77            | S M <sub>v</sub> = 22,32  |               |
| <u>Gaya-gaya Horizontal :</u> |            |                        |                           |               |
| 1                             | Pa         | -7,63                  | 1,47                      | -11,19        |
| 2                             | Pp1        | 0,27                   | 1,63                      | 0,45          |
| 3                             | Pp2        | 0,475                  | 0,17                      | 0,08          |
|                               |            | S <sub>H</sub> = -6,88 | S M <sub>h</sub> = -10,67 |               |
| S M <sub>o</sub> = 11,66      |            |                        |                           |               |

Sumber: Analisa Data Penelitian

### Kondisi Normal :

#### - Garis tangkap dan gaya resultan.

|         |       |       |                             |
|---------|-------|-------|-----------------------------|
| $R_v =$ | 12,77 | ton   |                             |
| $R_h =$ | -6,88 | ton   |                             |
| $M_o =$ | 11,66 | ton.m |                             |
| $h =$   | 1,55  | m     | horisontal terhadap titik A |
| $v =$   | 1,75  | m     | vertikal terhadap titik A   |

#### - Kontrol terhadap guling.

$$e = \{ B / 2 - ( M_o / R_v ) \} < B / 6$$
$$e = 0,287 \text{ m} < L/6 \quad 0,400 \text{ m} \implies \text{Di Dalam Kern}$$
$$F_s = ( R_v \cdot v ) / ( R_h \cdot h ) = 2,09 > 1,50 \quad (\text{Aman})$$

#### - Kontrol terhadap gelincir/geser.

$$S = f \cdot ( R_v / R_h ) \quad f = \text{faktor gesekan alas} = 0,50$$
$$S = 0,93 < 1,50 \quad (\text{Tidak Aman})$$

#### - Kontrol terhadap daya dukung tanah pondasi.

Tekanan tanah yang terjadi akibat gaya-gaya dan beban pondasi dihitung sebagai berikut :

$$s = R_v / B \cdot (1 + 6e/B)$$
$$s_{\text{maks}} = R_v / B \cdot (1 + 6e/B) = 9,14 \text{ ton/m}^2 < q_{\text{all}} = 67,936 \text{ ton/m}^2 \dots \text{OK}$$
$$s_{\text{min}} = R_v / B \cdot (1 - 6e/B) = 1,50 \text{ ton/m}^2 < q_{\text{all}} = 67,938 \text{ ton/m}^2 \dots \text{OK}$$

Daya dukung untuk tanah pondasi dibawah dinding penahan dengan rumus

Terzaghi :

$$Q_{ult} = C \cdot N_c + \gamma_b \cdot D \cdot N_q + \gamma_b \cdot B/2 \cdot N_g$$

dimana :

Harga koefisien kapasitas daya dukung diambil dari grafik faktor daya dukung

Terzaghi,  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_g$  adalah :

|         |        |                            |   |                        |
|---------|--------|----------------------------|---|------------------------|
| $N_c =$ | 57,80  | Tanah dasar                | = | tanah Keras            |
| $N_q =$ | 41,40  | Wet density ( $\gamma_b$ ) | = | 1,731 $\text{ton/m}^3$ |
| $N_g =$ | 44,00  | $f$                        | = | 21,97 <sup>o</sup>     |
| $D =$   | 0,50 m | $C$                        | = | 1,325 $\text{ton/m}^2$ |
| $B =$   | 2,40 m |                            |   |                        |

Tabel 4.15. Koefisien daya dukung Terzaghi

| f    | N <sub>c</sub> | N <sub>q</sub> | N <sub>g</sub> | N' <sub>c</sub> | N' <sub>q</sub> | N' <sub>g</sub> |
|------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0 °  | 5,71           | 1,00           | 0,00           | 3,81            | 1,00            | 0,00            |
| 5 °  | 7,32           | 1,64           | 0,00           | 4,48            | 1,39            | 0,00            |
| 10 ° | 9,64           | 2,70           | 1,20           | 5,34            | 1,94            | 0,00            |
| 15 ° | 12,80          | 4,44           | 2,40           | 6,46            | 2,73            | 1,20            |
| 20 ° | 17,70          | 7,43           | 4,60           | 7,90            | 3,88            | 2,00            |
| 25 ° | 25,10          | 12,70          | 9,20           | 9,86            | 5,60            | 3,30            |
| 30 ° | 37,20          | 22,50          | 20,00          | 12,70           | 8,32            | 5,40            |
| 35 ° | 57,80          | 41,40          | 44,00          | 16,80           | 12,80           | 9,60            |
| 40 ° | 95,60          | 81,20          | 114,00         | 23,20           | 20,50           | 19,10           |
| 45 ° | 172,00         | 173,00         | 320,00         | 34,10           | 35,10           | 27,00           |

$$q_{ult} = 203,81 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{all} = q_{ult} / 3 = 67,93667 \text{ ton/m}^2$$

Kondisi Gempa :

- Keamanan terhadap gempa.

$$\text{Koefisien gempa ( E )} = 0,15$$

$$\text{Total gaya tubuh dinding penahan ( S<sub>G</sub> )} = 7,37 \text{ ton}$$

$$\text{Tambahan gaya akibat gempa ( H<sub>e</sub> )} = E \cdot S_G = 1,11 \text{ T}$$

$$\text{Tambahan momen ( M<sub>T</sub> )} = H_e \cdot h = 1,71 \text{ tm}$$

$$\text{Total momen akibat gempa ( M )} = M_o + M_T = 13,37 \text{ tm}$$

- Garis tangkap dan gaya resultan.

$$R_v = 12,77 \text{ ton}$$

$$R_h = -7,99 \text{ ton}$$

$$M = 13,37 \text{ ton.m}$$

$$h = 1,55 \text{ m} \quad \text{horizontal terhadap titik A}$$

$$v = 1,75 \text{ m} \quad \text{vertikal terhadap titik A}$$

- Kontrol terhadap guling.

$$e = \{ B / 2 - ( M / R_v ) \} < B / 6$$

$$e = 0,15 \text{ m} < L/6 \quad 0,40 \text{ m} \quad \implies \text{Tidak Aman}$$

$$F_s = ( R_v \cdot v ) / ( R_h \cdot h ) = 1,40 < 1,80$$

- Kontrol terhadap gelincir/geser

$$S = f \cdot ( R_v / R_h ) \quad f = \text{faktor gesekan alas} = 0,50$$

$$S = 0,80 < 1,20 \text{ (Tidak Aman)}$$

- Kontrol terhadap daya dukung tanah pondasi

Tekanan tanah yang terjadi akibat gaya-gaya dan beban pondasi dihitung sebagai berikut :

$$s = R_v / B * (1 \pm 6e/B)$$

$$s_{maks} = R_v / B * (1 + 6e/B) = 7,35 \text{ ton/m}^2 < q_{all} = 67,9 \text{ t/m} \dots \dots \dots \text{ok}$$

$$s_{min} = R_v / B * (1 - 6e/B) = 3,29 \text{ ton/m}^2 < q_{all} = 67,9 \text{ t/m} \dots \dots \dots \text{ok}$$

Check Kontrol Terhadap Daya Dukung Tanah Pondasi

Dari hasil perhitungan daya dukung tanah untuk pondasi, tegangan yang terjadi untuk Pembebanan adalah :

$$s_1 = 9,138 \text{ t/m}^2 < q_{all} = 67,938 \text{ ton/m}^2$$

Dari hasil tersebut, maka sisa tegangan yang terjadi digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang, dihitung per meter panjang.

$$s_1' = 58,800 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = 1,75 \times 1,00 = 1,75 \text{ m}^2$$

$$W_s = 1/6 \times 1,75 \times 1,00^2 = 292834,5 \text{ m}^3$$

Sehingga dapat dicari tegangan yang bekerja pada pondasi tiang adalah :

$$s = \frac{V_a}{A_s} \pm \frac{M_{xa}}{W_s} = \frac{0,147}{1,75} \pm \frac{-17243266,7}{292834,50}$$

$$s_1 = 0,084 + - 58,884 = - 58,800 \text{ t/m}^2$$

Gaya dan Momen adalah :

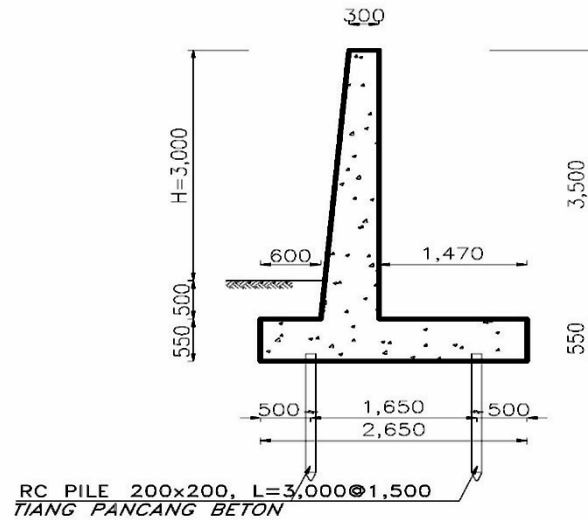
$$V_a = 0,147 \text{ ton}$$

$$M_{xa} = -17243266,698 \text{ tm}$$

$$e = -117301134,000$$

## 2. Stabilitas Parapet dengan Program Plaxis 8.6

### Pemodelan Parapet dengan Plaxis

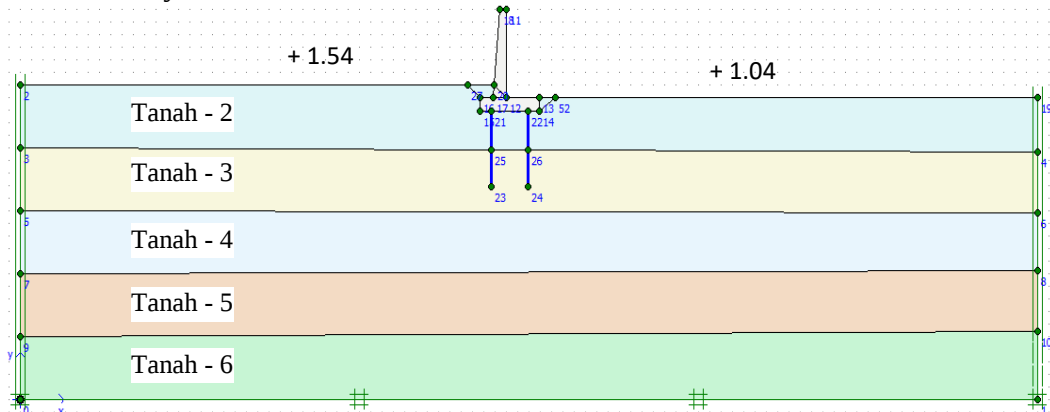


Gambar 4.50. Potongan melintang Parapet  
Sumber: DED Kanal Banjir Timur, 2016

Pemodelan menggunakan program plaxis untuk mengetahui deformasi yang terjadi pada setiap potongan dan variasi beban dari Parapet yang ditinjau. Bentuk deformasi yang dihasilkan dari pemodelan pada program plaxis didapat dari nilai total *displacement*. *Displacement* yang dihasilkan tersebut terjadi kearah horisontal dan kearah vertikal sehingga didapat perilaku dari deformasi yang terjadi.

#### 1) Pembuatan Model Plaxis

Input data cross melintang ke dalam software untuk mengetahui besar nya deformasi nya



Gambar 4.51. Pemodelan Potongan Melintang Plaxis

## 2) Input Parameter Pemodelan

Input parameter bahan model kondisi existing dalam program kedalam cluster-cluster yang telah dibuat. Parameter input yang digunakan dalam simulasi pemodelan yaitu, parameter tanah pembentuk lereng di lokasi penelitian. Parameter tanah tersebut didasarkan pada data sekunder dengan mempertimbangkan kesesuaiannya dengan fakta di lapangan.

Tabel 4.16. Parameter Tanah *Input* Plaxis (Parapet)

| No. | Hole No. | Depth (m)     | Diskripsi                    | N-SPT | Water Content (%) | Unit Weight           |                       |                       | Direct Shear          |        | Modulus Elastisitas E (kN/m <sup>2</sup> ) | Poisson Ratio $\nu$ |
|-----|----------|---------------|------------------------------|-------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------------------------------------------|---------------------|
|     |          |               |                              |       |                   | $\gamma_t$            | $\gamma_{dry}$        | $\gamma_{sat}$        | C                     | $\phi$ |                                            |                     |
|     |          |               |                              |       |                   | (gr/cm <sup>3</sup> ) | (gr/cm <sup>3</sup> ) | (gr/cm <sup>3</sup> ) | (kg/cm <sup>2</sup> ) | (°)    |                                            |                     |
| 1   | Tanah-1  | 2.50 - 3.00   | LEMPUNG. coklat. sangat kaku | 21    | 34.26             | 1.55                  | 1.16                  | 1.71                  | 0.254                 | 17.214 | 16086                                      | 0.25                |
| 2   | Tanah-2  | 5.00 - 5.50   | LEMPUNG. coklat. sangat kaku | 27    | 34.72             | 1.58                  | 1.17                  | 1.71                  | 0.259                 | 17.571 | 20682                                      | 0.25                |
| 3   | Tanah-3  | 7.50 - 8.00   | LEMPUNG. coklat. sangat kaku | 24    | 34.11             | 1.52                  | 1.14                  | 1.69                  | 0.189                 | 15.356 | 18384                                      | 0.25                |
| 4   | Tanah-4  | 10.00 - 10.50 | LEMPUNG. abu-abu. teguh      | 6     | 42.55             | 1.56                  | 1.10                  | 1.66                  | 0.162                 | 15.724 | 8330                                       | 0.30                |
| 5   | Tanah-5  | 12.50 - 13.00 | LEMPUNG. abu-abu. teguh      | 5     | 37.28             | 1.57                  | 1.14                  | 1.69                  | 0.188                 | 11.532 | 8315                                       | 0.30                |
| 6   | Tanah-6  | 15.00 - 15.50 | LEMPUNG. abu-abu. teguh      | 7     | 40.81             | 1.65                  | 1.17                  | 1.72                  | 0.197                 | 14.357 | 8315                                       | 0.30                |

Mohr-Coulomb - Tanah-1 (Lempung)

General Parameters Interfaces

Material Set

Identification: Tanah-1 (Lempung)

Material model: Mohr-Coulomb

Material type: UnDrained

General properties

$\gamma_{unsat}$ : 11.600 kN/m<sup>3</sup>

$\gamma_{sat}$ : 17.100 kN/m<sup>3</sup>

Permeability

$k_x$ : 1.000E-04 m/day

$k_y$ : 1.000E-04 m/day

Comments

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-1 (Lempung)

General Parameters Interfaces

Stiffness

$E_{ref}$ : 1.609E+04 kN/m<sup>2</sup>

$\nu$  (nu): 0.250

Strength

$c_{ref}$ : 25.400 kN/m<sup>2</sup>

$\phi$  (phi): 17.214 °

$\psi$  (psi): 0.000 °

Alternatives

$G_{ref}$ : 6434.400 kN/m<sup>2</sup>

$E_{oed}$ : 1.930E+04 kN/m<sup>2</sup>

Velocities

$V_s$ : 73.730 m/s

$V_p$ : 127.700 m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-2 (Lempung)

General Parameters Interfaces

Material Set

Identification: Tanah-2 (Lempung)

Material model: Mohr-Coulomb

Material type: UnDrained

General properties

$\gamma_{unsat}$ : 11.700 kN/m<sup>3</sup>

$\gamma_{sat}$ : 17.100 kN/m<sup>3</sup>

Permeability

$k_x$ : 8.640E-05 m/day

$k_y$ : 8.640E-05 m/day

Comments

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Mohr-Coulomb - Tanah-1 (Lempung)

General Parameters Interfaces

Stiffness

$E_{ref}$ : 2.068E+04 kN/m<sup>2</sup>

$\nu$  (nu): 0.250

Strength

$c_{ref}$ : 25.400 kN/m<sup>2</sup>

$\phi$  (phi): 17.214 °

$\psi$  (psi): 0.000 °

Alternatives

$G_{ref}$ : 8272.800 kN/m<sup>2</sup>

$E_{oed}$ : 2.482E+04 kN/m<sup>2</sup>

Velocities

$V_s$ : 83.600 m/s

$V_p$ : 144.800 m/s

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Gambar 4.52. Input properties tanah lapis 1 dan 2

The figure displays eight screenshots of a software interface for defining soil properties for layers 3 through 6. Each screenshot shows a dialog box with tabs for General, Parameters, and Interfaces. The General tab is active in all screenshots, showing the following fields:

- Material Set:** Identification (e.g., Tanah-3 (Lempung)), Material model (Mohr-Coulomb), and Material type (Undrained).
- General properties:**  $\gamma_{unsat}$  and  $\gamma_{sat}$  (e.g., 11.400 and 16.900 kN/m<sup>3</sup>).
- Permeability:**  $k_x$  and  $k_y$  (e.g., 8.640E-05 m/day).
- Comments:** A text area for additional notes.
- Buttons:** Next, Ok, Cancel, and Help.

The Parameters tab is also visible in some screenshots, showing the following fields:

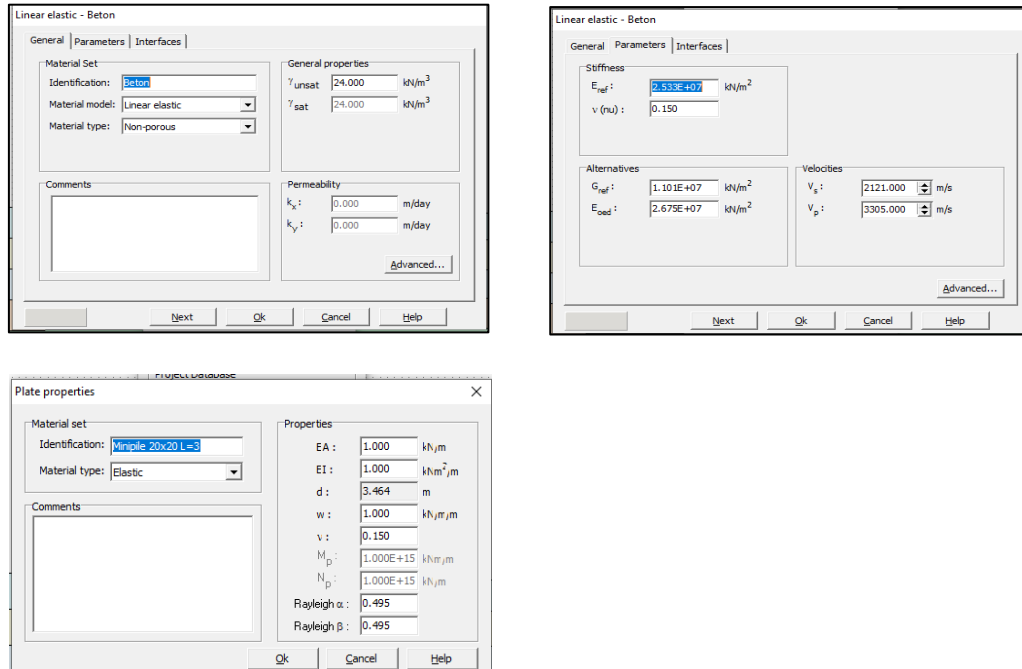
- Stiffness:**  $E_{ref}$  and  $\nu$  (e.g., 1.838E+04 kN/m<sup>2</sup> and 0.250).
- Strength:**  $c_{ref}$ ,  $\phi$  (phi), and  $\psi$  (psi) (e.g., 16.900 kN/m<sup>2</sup>, 15.356°, and 0.000°).
- Alternatives:**  $G_{ref}$  and  $E_{oed}$  (e.g., 7353.600 kN/m<sup>2</sup> and 2.206E+04 kN/m<sup>2</sup>).
- Velocities:**  $V_s$  and  $V_p$  (e.g., 79.510 m/s and 137.700 m/s).
- Buttons:** Next, Ok, Cancel, and Help.

The layers are named Tanah-3 (Lempung) through Tanah-6 (Lempung). The values for the properties are specific to each layer.

Gambar 4.53. Input properties tanah lapis 3 – 6

### 3) Parameter Bangunan Dimasukkan (Input)

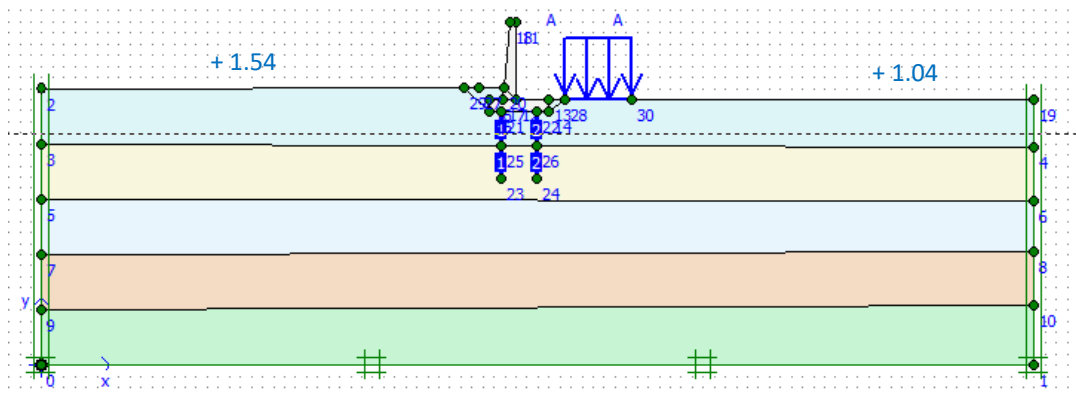
Parapet dengan beton K.250 diperkuat minipile 20x20 L=3.00m interval 1,5m untuk dianalisis deformasinya terhadap beban maupun perkuatan lereng.



Gambar 4.54. Input material bangunan

### 4) Kondisi Batas

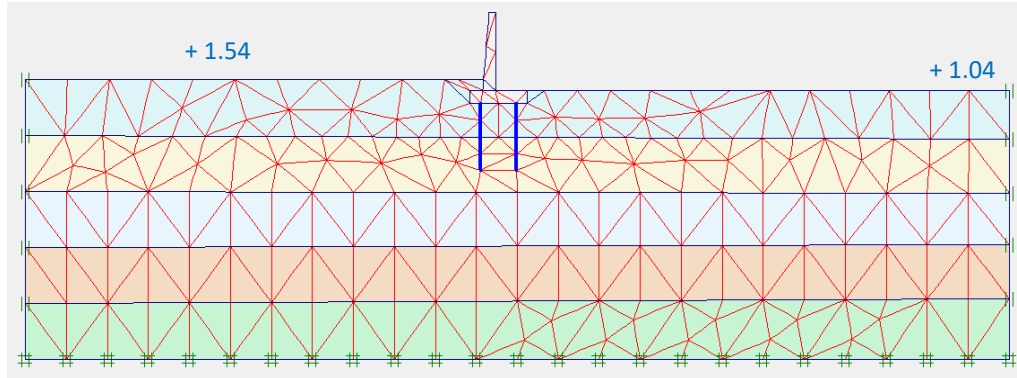
Kondisi batas ditentukan setelah geometri dan parameter material dari model diinputkan ; yang digunakan dalam jepit standart (standart fixities ) validasi data analisis statis dan dinamis.



Gambar 4.55. Kondisi Batas Jepit Standar dan Kondisi Batas

### 5) Permodelan Jaring Jaring Elemen

Input model ini setelah model geometri terbentuk kemudian dibagi dalam elemen elemen imajiner (meshing) jenis fine , diuraikan :



Gambar 4.56. Jaring-Jaring Elemen

### 6) Besaran Tegangan yang Diasumsikan di Awal

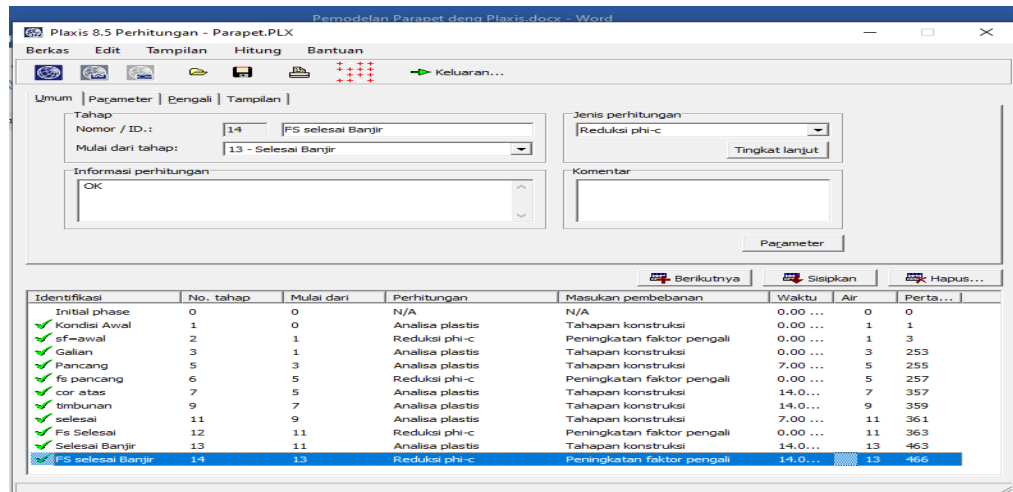
Nilainya belum didefinisikan di kondisi awal dihitung dengan cara plastis dimana factor pengali tanah diambil = 1 ; disebut beban gravitasi melibatkan struktur tanah dan pembentuk lereng.

### 7) Perhitungan

Setelah semua tahap telah dibuat, perhitungan analisis dilakukan menggunakan program plaxis untuk mengetahui dan menentukan nilai deformasi dari Parapet. Untuk tahapan perhitungan didefenisikan seperti pada Gambar

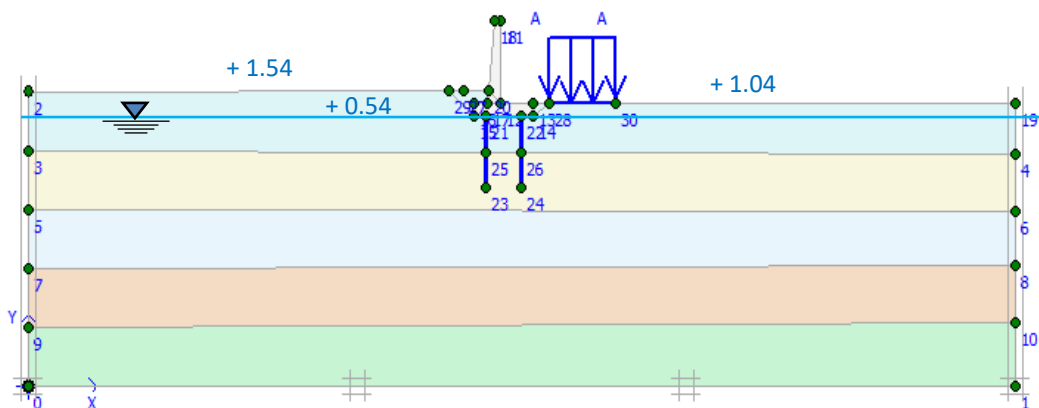
### 8) Running Program Plaxis

Hasil dapat ditentukan nilainya berupa deformasi yang terjadi di parapet dari *cross section* pada nilai displacement.

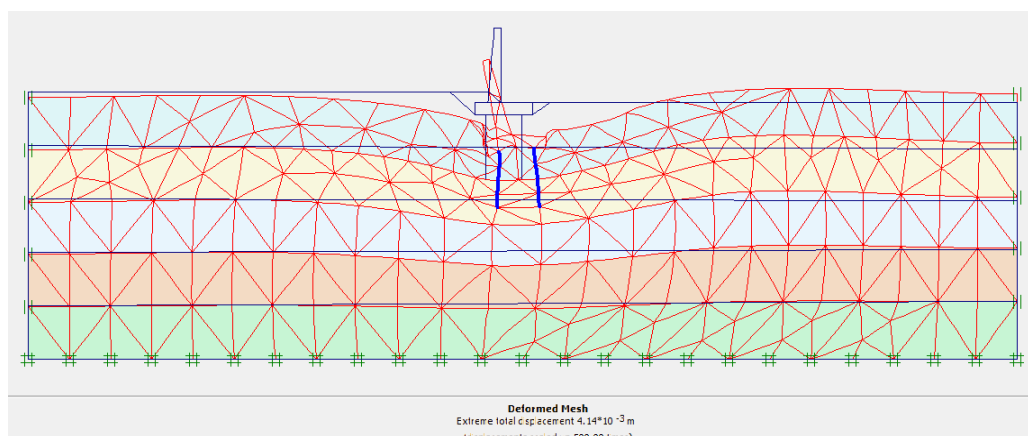


Gambar 4.57. Tahapan Analisis Perhitungan Program Plaxis

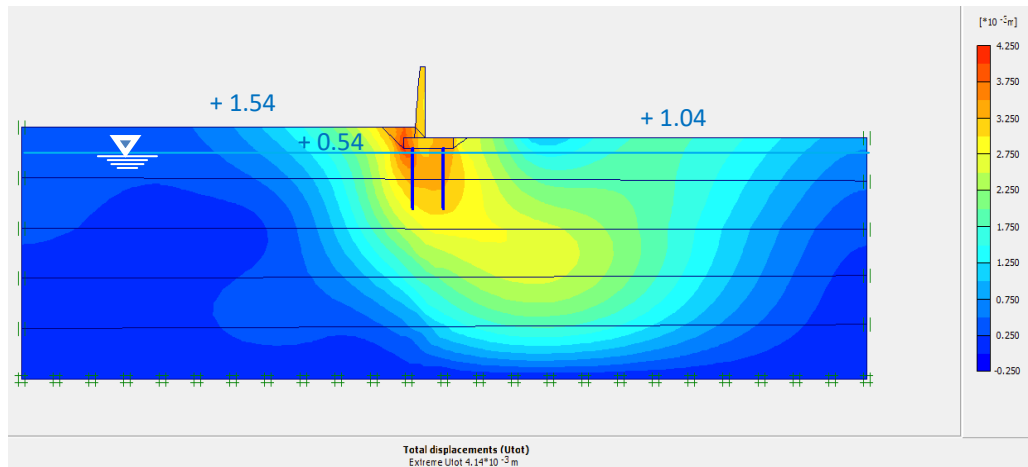
**Tinjauan saat muka air rendah dan banjir:**



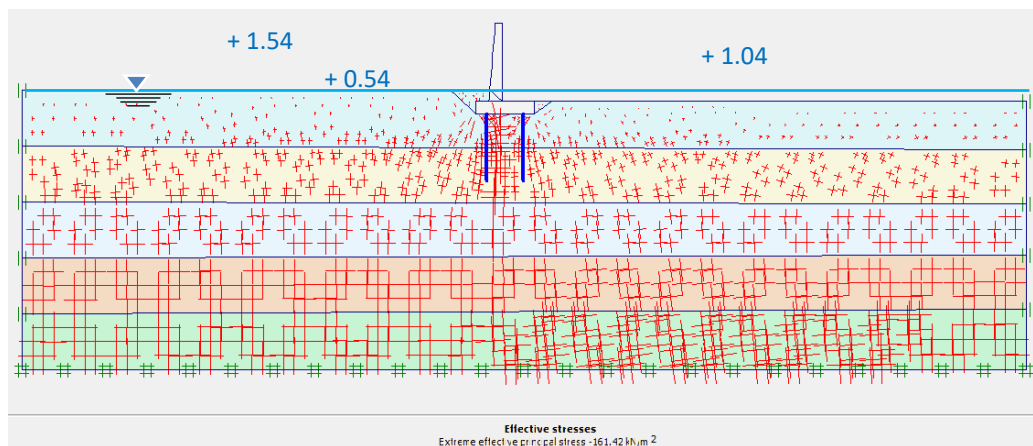
Gambar 4.58. Pemodelan Saat Muka Air rendah



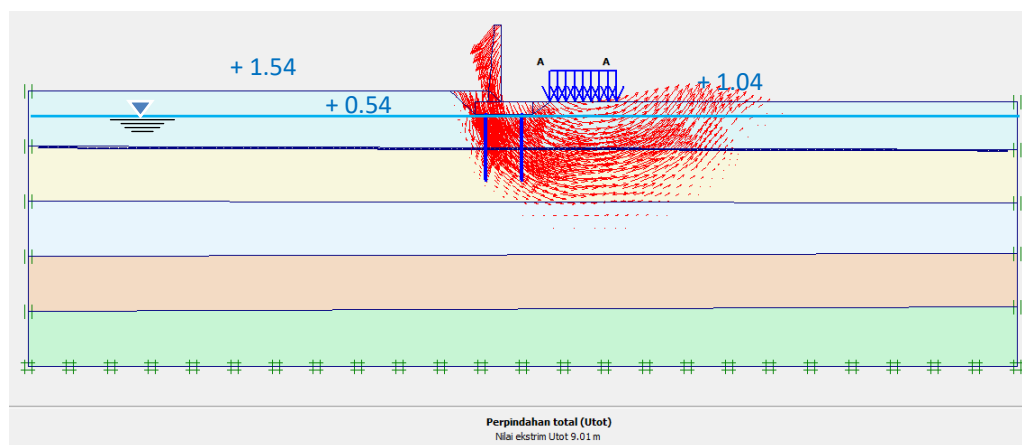
Gambar 4.59. Jaring elemen saat muka air rendah



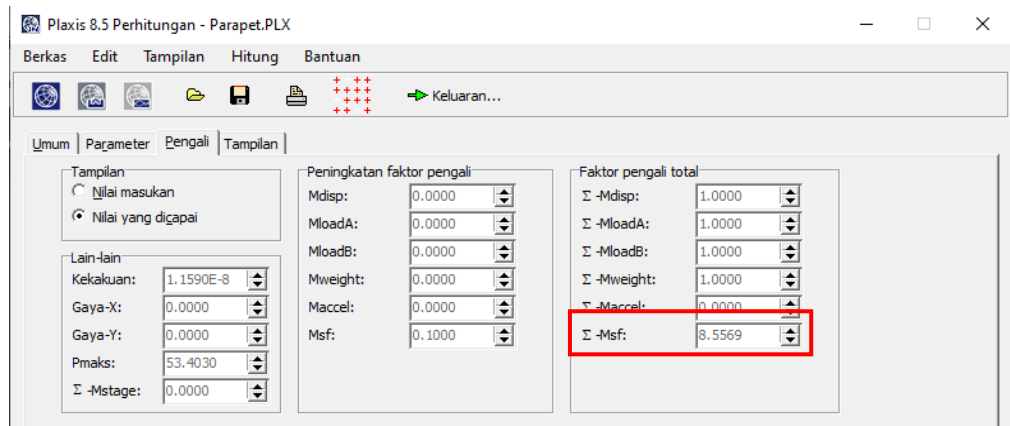
Gambar 4.60. Deformasi saat muka air rendah  $4.14 \times 10^{-3} \text{ m}$  (4.14 mm)



Gambar 4.61. Tegangan efektif saat muka air rendah  $-161.42 \text{ kN/m}^2$



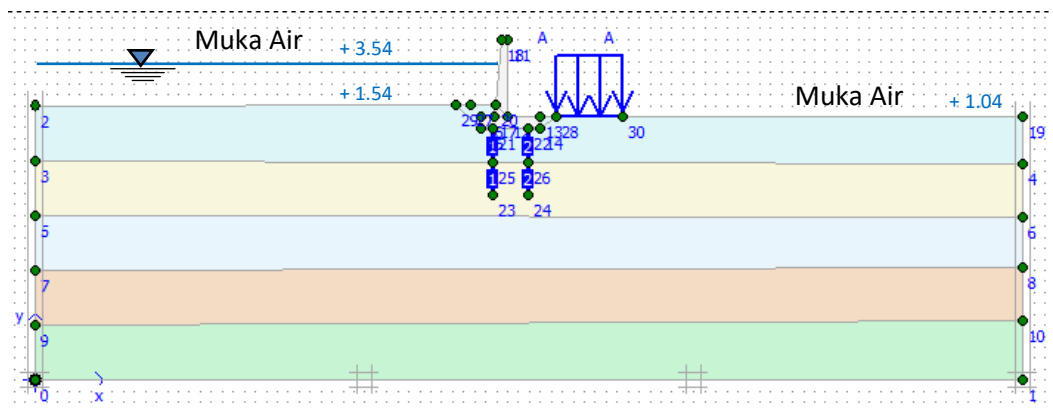
Gambar 4.62. Sebaran tegangan efektif didalam tanah saat muka air rendah



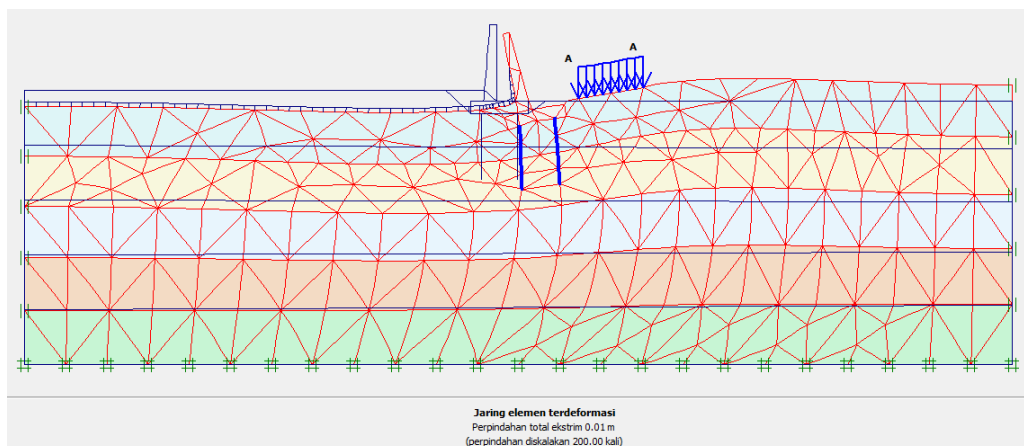
Gambar 4.63. Potensi Longsor saat muka air rendah, Angka keamanan 8.55

### Kesimpulan saat muka air rendah:

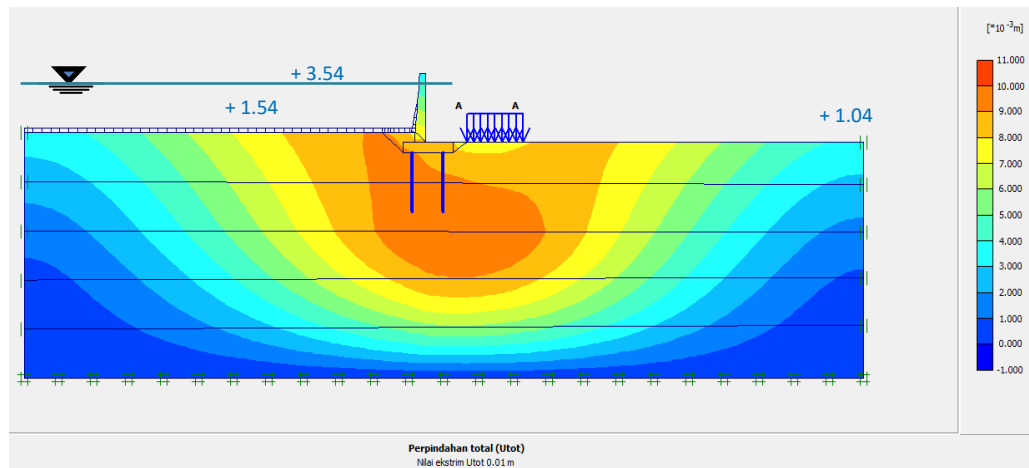
Berdasarkan hasil running Plaxis kondisi muka air rendah maka diperoleh total deformasi sebesar 4.14 mm dengan effective stresses sebesar 161.42 kN/m<sup>2</sup> dgn nilai keamanan 8.55 lebih besar dari 1.2 maka konstruksi aman thd longsor



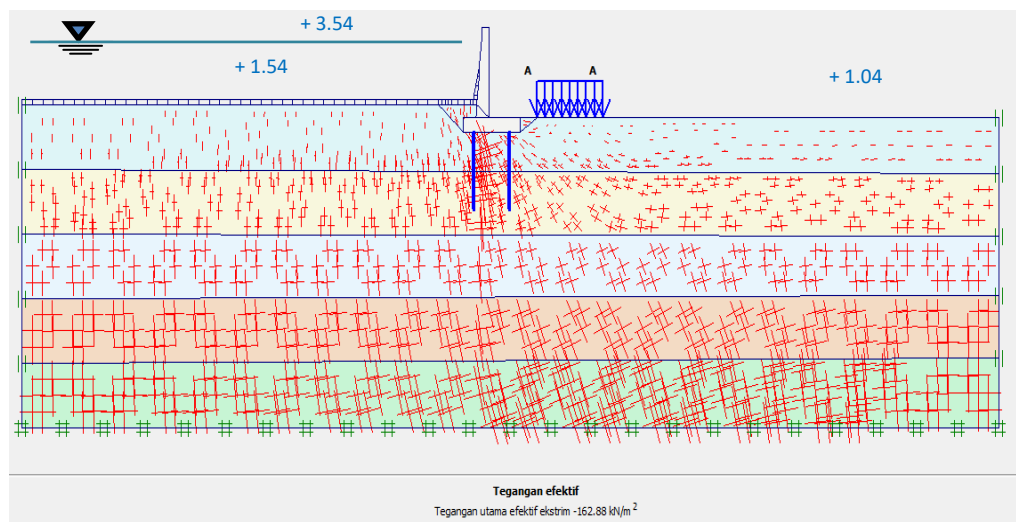
Gambar 4.64. Pemodelan Saat Muka Air Banjir



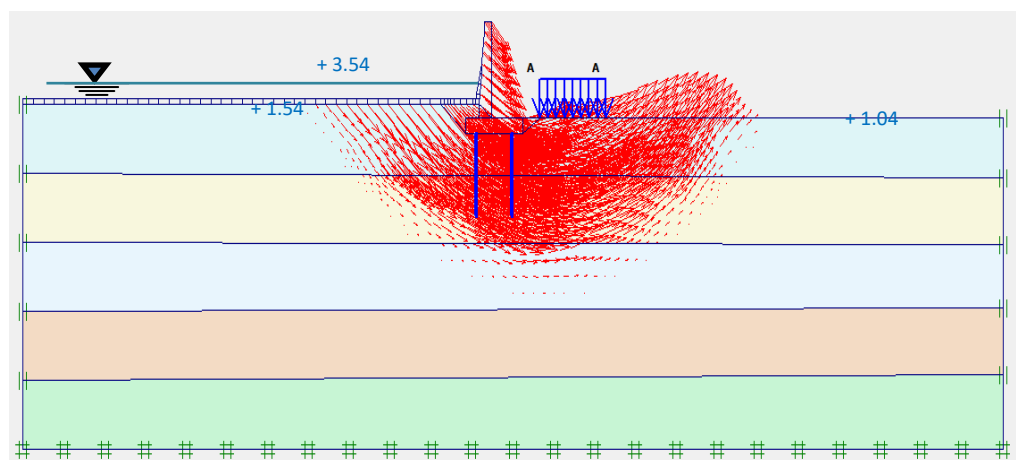
Gambar 4.65. Jaring elemen saat muka air banjir



Gambar 4.66. Deformasi saat muka air banjir 0.01 m (10 mm)



Gambar 4.67. Tegangan efektif saat muka air banjir -162.88 kN/m<sup>2</sup>



Gambar 4.68. Sebaran tegangan efektif didalam tanah saat muka air banjir

The screenshot shows the Plaxis 8.6 software interface with the 'Pengali' (Safety Factor) tab selected. It displays various parameters and their values, including a total safety factor of 4.6582 highlighted with a red box.

| Parameter | Value  |
|-----------|--------|
| Σ -Msf    | 4.6582 |

Gambar 4.69. Potensi Longsor saat muka air banjir, Angka keamanan 4.65

### Kesimpulan saat muka air banjir:

Berdasarkan hasil running Plaxis kondisi muka air banjir maka diperoleh total deformasi sebesar 10.00 mm dengan effective stresses sebesar 162.88 kN/m<sup>2</sup> dan dengan nilai keamanan 4.65 lebih besar dari 1.2 maka konstruksi aman terhadap longsor.

#### 4.4.3 Evaluasi Stabilitas Struktur Tanggul Revetment dan Parapet dengan Program Analisa Komputer (Excel dan Plaxis 8.6)

Setelah Tanggul Revetment dan Parapet dilakukan analisa pemodelan dan perhitungan struktur dengan menggunakan Program Excel dan Plaxis 8.6 dapat dibandingkan sebagai berikut:

Tabel 4.17. Hasil Analisa Simulasi Program Plaxis 8.6 dan Excel

| No | Uraian                | Plaxis 8.6                            | Manual Excel                  | Ket |
|----|-----------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----|
| 1  | <b>Revetment</b>      |                                       |                               |     |
|    | 1. Deformasi          | 19.21 mm                              | 33,15 mm                      |     |
|    | 2. Efektif Stress     | 62.32 KN/m2                           | 78,908 KN/m2                  |     |
|    | 3. Safety factor (SF) | 2.59 > 1,2                            | 0,439 < 0,48<br>SF = 1,25 (*) |     |
|    | 4. Keamanan Longsoran | Aman<br>(berdasarkan angka SF diatas) |                               |     |

| 2 | Parapet Beton         |                                       |                          |  |
|---|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------|--|
|   | 1. Deformasi          | 10,00 mm                              | 28,70 mm                 |  |
|   | 2. Efektif Stress     | 162,88 KN/m <sup>2</sup>              | 67,938 KN/m <sup>2</sup> |  |
|   | 3. Safety Faktor (SF) | 4,65 > 1,2                            | 2,09 > 1,5               |  |
|   | 4. Keamanan Longsoran | Aman<br>(berdasarkan angka SF diatas) |                          |  |

Keterangan: \* perhitungan safety factor revetment excell

Faktor perlawanan bidang gelincir (f) = 0,6 ; Safety Factor (SF) = 1,25

$$\frac{\Sigma H}{\Sigma V} < \frac{f}{SF} = \frac{78,90}{180,02} < \frac{0,6}{1,25} = 0,439 < 0,48 \dots\dots \text{OK}$$

Perbedaan hasil Analisa stabilitas antara plaxis dan excel diuraikan :

1. Perhitungan metode manual kondisi beban yang diperhitungkan pada telapak pondasi dianalisa gaya vertikalnya saja, sedang pada program plaxis diperhitungkan gaya vertikal dan gaya horizontalnya.
2. Untuk program plaxis semua layer tanah dari atas sampai bawah diperhitungkan dan dimasukkan dalam parameter data penyelidikan tanah, sedang pada program excel perhitungan diambil pada dasar pondasi pada telapak yang berhubungan langsung dengan tanah dasar saja.

#### 4.5 Perhitungan Angka Sedimentasi

Proses ini adalah erosi tanah yang diangkut ke alur sungai dan mengendap. Sedimentasi ini menimbulkan masalah pada pendangkalan dan penyempitan yang memperkecil kapasitas penampang sungai untuk mengalirkan debit banjir. Peningkatan laju sedimentasi yang lebih besar akan menimbulkan penurunan kapasitas sungai yang berdampak terjadinya luapan banjir.

Dalam hal mengetahui penyebaran sedimen yang akan mengendap di sungai, dari data yang diperoleh dari laporan konsultan yang telah mengadakan survei sedimentasi yang meliputi pengamatan secara langsung dengan pengambilan

sampel. Survei tersebut dilakukan pada saat musim kemarau yaitu bulan Agustus (pengambilan contoh sedimen dilakukan dengan kondisi tidak terjadi hujan).

#### 4.5.1 Pola Penyebaran Sedimen

Material sedimen di Sungai Kanal Banjir Timur, pada umumnya terdiri dari material kerikil, pasir, lanau dan lempung yang mempunyai ketebalan kurang lebih 0,5 meter. Endapan ini terdapat hampir merata di sepanjang alur sungai terutama pada belokan bagian dalam dan daerah muara. Sedimentasi sungai tersebut pada umumnya adalah hasil dari proses erosi material hasil pelapukan dan pelarutan.

Topografi tebing sungai mempunyai kondisi yang landai sampai agak terjal, dengan kemiringan lereng antara 20% - 45%. Secara umum bentuk lereng relatif lurus dan bergelombang. Pada area ini banyak terdapat material lepas hasil pelapukan sehingga material tersebut mudah tererosi dan terangkut dalam aliran permukaan. Sungai Kanal Banjir Timur secara umum berpola aliran dendritik berkelok di daerah hulu dan berubah relatif lurus di daerah hilir.

#### 4.5.2 Pengujian Contoh (Sample) Sedimen

Berdasarkan hasil pengujian sampel yang diambil di lokasi Sungai Kanal Banjir Timur, diperoleh data sedimen tersuspensi (*suspended load*) dengan konsentrasi 0,8 mg/l.

##### 1. Perhitungan Tingkat Sedimentasi

Perhitungan Sedimen transport dalam penentuan tingkat sedimentasi di Sungai Kanal Banjir Timur dalam tahapan analisa dihitung menggunakan metode Einstein dimana metode ini terkait dengan Analisa hidrologi sebelumnya, dengan rumusan :

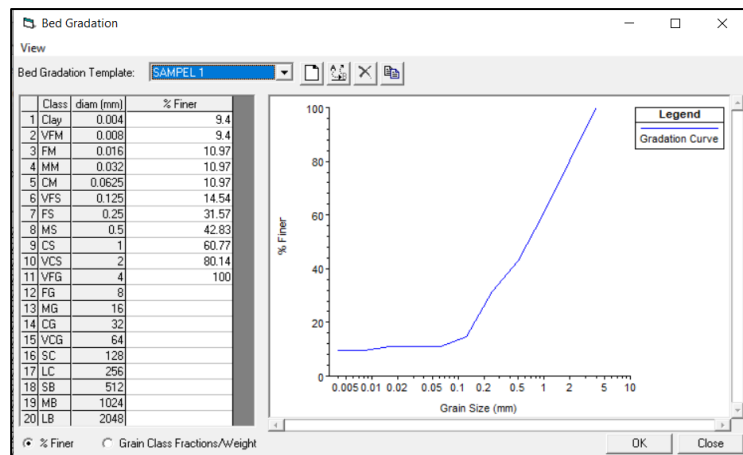
$$Q_{sw} = 11,6U^3 (Ca)^{-0,5} \left[ \left( 2,303 \log \frac{30,2D}{\Delta} \right) \right] I_1 + I_2$$

Kesimpulan didapatkan tebal sedimentasi KBT sebesar 0,04376 m/tahun sebagai dasar periode ulang rencana pengerukan sungai.

## 2. Analisa Sedimentasi Sungai Kanal Banjir Timur

Tabel 4.18. Sampel Sedimen

| no.saringan | % Lolos |
|-------------|---------|
| 4.750       | 99.00   |
| 2.000       | 80.14   |
| 0.850       | 60.77   |
| 0.425       | 42.83   |
| 0.250       | 31.57   |
| 0.180       | 20.83   |
| 0.150       | 14.54   |
| 0.075       | 10.97   |
| 0.004084    | 9.40    |
| 0.002888    | 3.74    |
| 0.002033    | 2.74    |
| 0.000917    | 2.41    |
| 0.000646    | 1.75    |
| 0.000371    | 0.75    |
| 0.000306    | 0.42    |
| 0.000266    | 0.42    |



Gambar 4.70. Input data sedimen

Berdasarkan data sampel sedimen kemudian dilakukan pemodelan sedimen menggunakan program HEC-RAS. Pemodelan yang dilakukan menggunakan model simple sedimen.

### 4.5.3 Debit Sedimen

Perhitungan Debit Sedime didasarkan dalam 2 faktor:

#### 1. Berdasarkan Konsentrasi Sedimen

Secara umum, kandungan sedimen di sungai per liter aliran semakin ke hilir semakin berkurang. Berdasarkan data sekunder hasil pengukuran (sampling) sedimen di Sungai Kanal Banjir Timur yang diambil di sekitar lokasi Kanal Banjir Timur, maka dapat dihitung volume sedimen yang terjadi sebagai berikut :

Data :

- konsentrasi sedimen  $C_s = 0,8 \text{ mg/l} = 0,8 \text{ g/m}^3$ .
- debit aliran rerata sebesar  $6,828 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,

Perhitungan :

Sedimentasi per tahunnya adalah sebagai berikut:

- Kandungan/konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) =  $6,828 \times 0,8 = 5,460 \text{ gram/dt}$   

$$= 169.902,50 \text{ ton/tahun.}$$
- Specific Gravity ( $G_s$ ) = 2,58
- Volume sedimen terangkut ( $V_s$ ) =  $169.902,50/2,58 = 65.853,68 \text{ ton/th.}$

## 2. Berdasarkan Rumus Empiris

Estimasi sedimen yang mungkin terjadi dapat juga dihitung dengan menggunakan rumus empiris. Salah satu formula yang digunakan adalah “model regresi ganda yang dikembangkan untuk wilayah DPS Bengawan Solo Hulu” (Suripin, 1998).

Persamaan empiris untuk memprediksi yil sedimen dengan metode ini adalah :

$$SY = 6,38 * 10^{-4} * Qwa^{0,995} * S^{1,582} * Dd^{0,431}$$

Diuraikan :

SY : Yield Sediment Tahunan (Ton/Ha/Tahun)

Qwa = Debit tahunan (m<sup>3</sup>/detik)

S : Kemiringan rata rata DAS (%)

Dd : Kapasitas drainase (km/km<sup>2</sup>)

Perhitungan Sedimen Empiris Metode Regresi Ganda yang dikembangkan oleh Suripin (1998), pada lokasi Sungai Kanal Banjir Timur adalah sebagai berikut :

- Data :

$$Qwa = 6,828 \text{ m}^3/\text{det.}$$

$$S = 15,00 \%$$

$$Dd = 667,55 \text{ km/km}^2$$

- Perhitungan :

Berdasarkan data dan persamaan diatas, diperoleh:

$$SY = 6,38 * 10^{-4} * Qwa^{0,995} * S^{1,582} * Dd^{0,431}$$

$$= 6,38 * 10^{-4} * (6,828)^{0,995} * (15)^{1,582} * (667,55)^{0,431}$$

$$= 5,30 \text{ ton/ha/tahun}$$

dengan *Catchment Area* di Lokasi Sungai Kanal Banjir Timur= 310 km<sup>2</sup>, maka:

$$SY = 5,30 * 310 * 100 \text{ ton/tahun} = 164.412,75 \text{ ton/tahun}$$

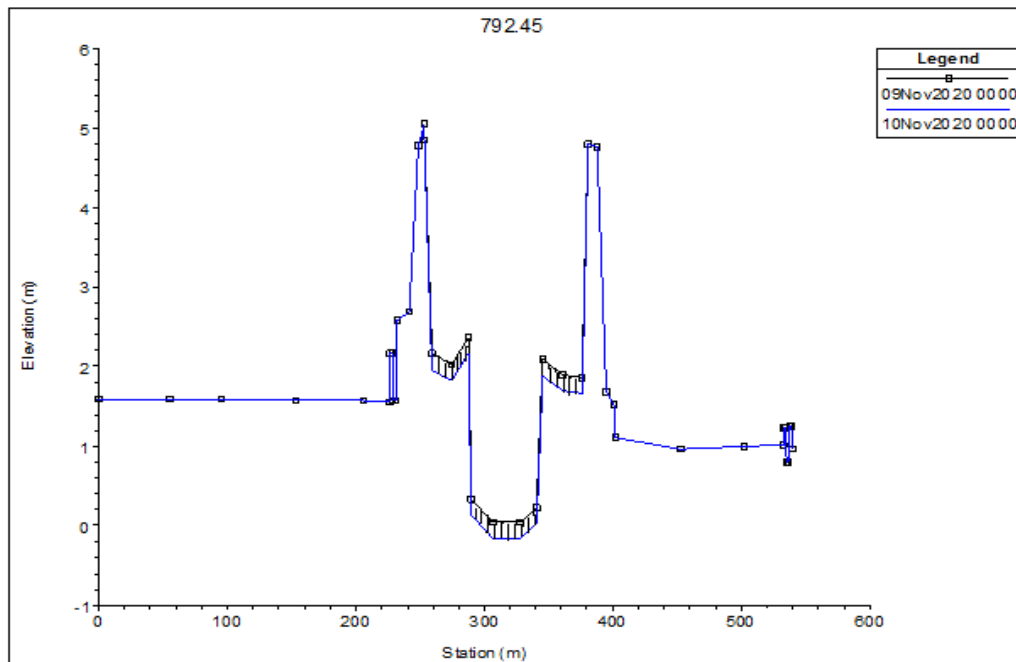
Sehingga diperoleh volume sedimen per tahun, SY = 164.412,75 / 2,58

$$= 63.725,87 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

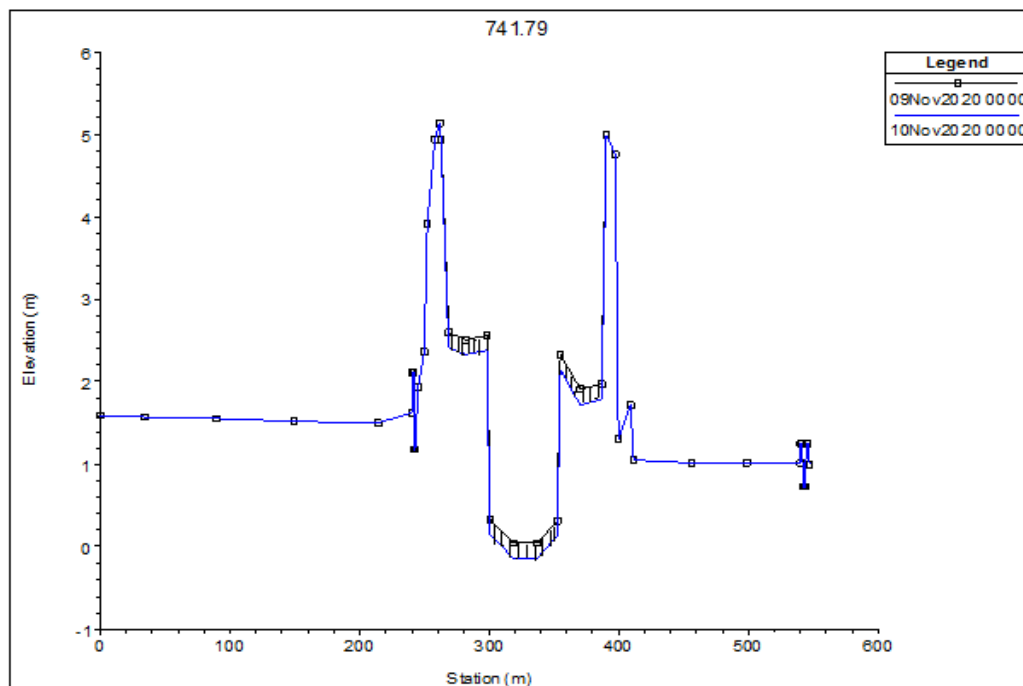
Perhitungan dengan dua metode tersebut diatas menghasilkan nilai sedimen yang hampir sama. Selanjutnya untuk perhitungan sedimentasi dalam rangka OP digunakan hasil rerata dari kedua metode diatas yaitu sebesar 64.789,78 m<sup>3</sup>/tahun. Bila pengendapan sedimen terjadi secara merata pada ruas sungai Kanal Banjir

Timur sepanjang 6.740 km dan lebar sungai rerata 100 m, maka tinggi sedimentasi yang terjadi adalah  $= 64.789,78 / (6.740 \times 100) = 9,6127 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$

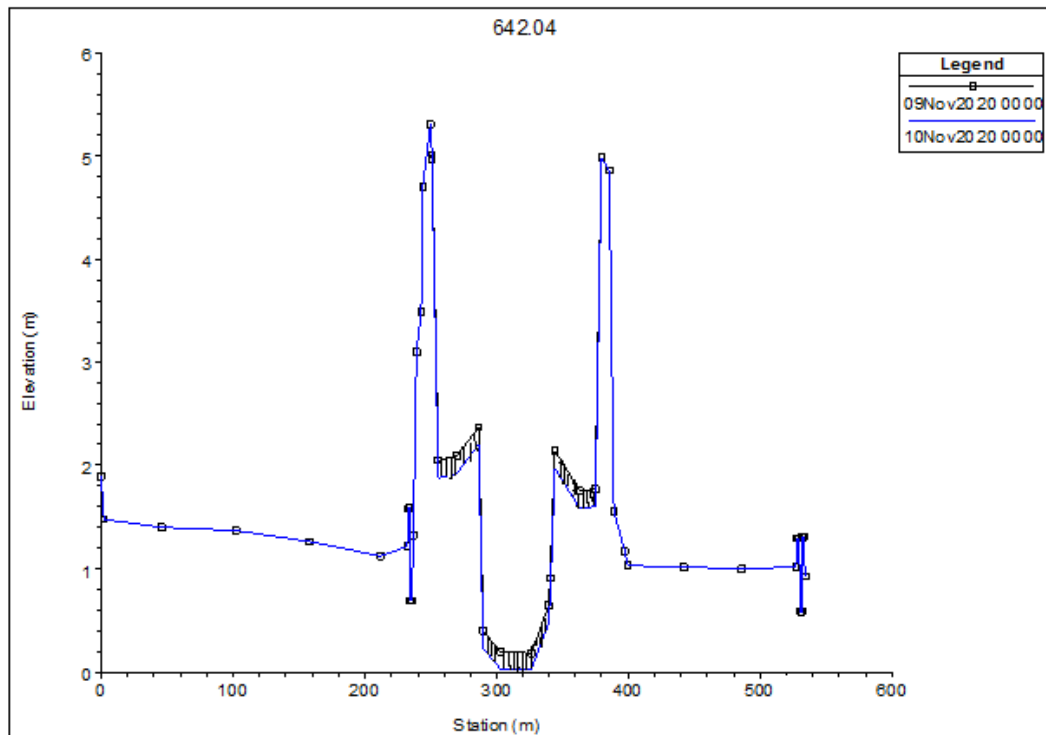
Untuk itu direkomendasikan **minimal setiap 5 tahun sekali harus dilakukan pengerukan sedimen**



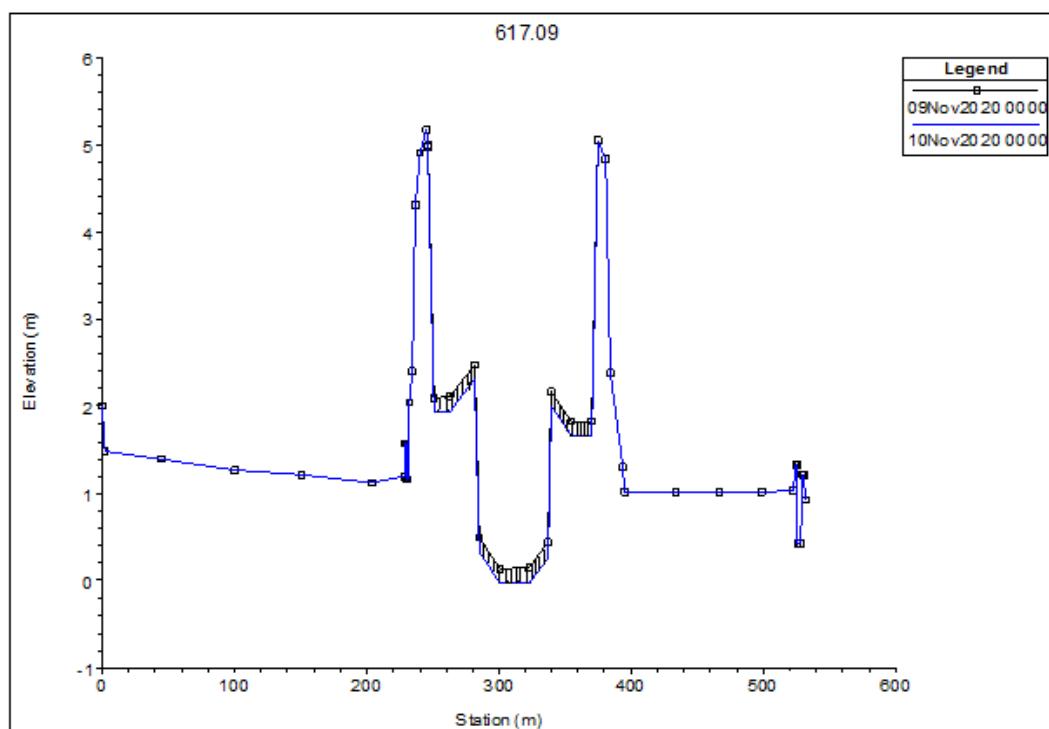
Gambar 4.71. Hasil analisa pada STA 3+600



Gambar 4.72. Tampilan hasil Analisa pada STA 3+200



Gambar 4.73. Tampilan hasil Analisa pada STA 2+750



Gambar 4.74. Tampilan hasil Analisa pada STA 2+550

#### **4.6 Dokumentasi Lapangan dan Matriks Tingkat Kerusakan Kanal Banjir Timur**

##### **4.6.1 Dokumentasi Observasi Lapangan**

Dalam pelaksanaan observasi lapangan dapat dijabarkan sebagai berikut:

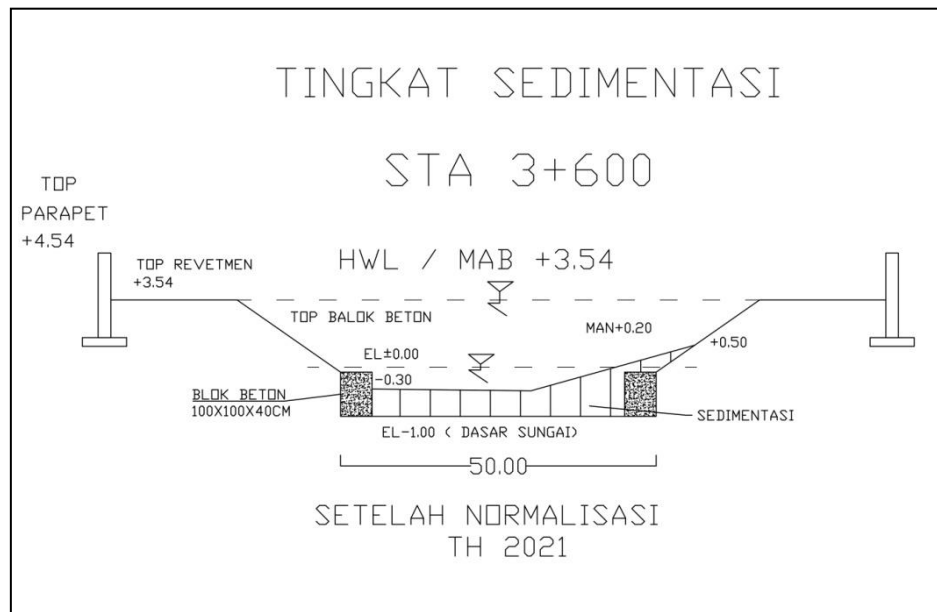
##### **1) Tinjauan Penelitian Arah STA 3+600 Kondisi Ekstrem Desember 2021**



Gambar 4.75. Gambar area sedimentasi STA 3+600



Gambar 4.76. Struktur Revetment STA 3+600 dalam kondisi baik



Gambar 4.77. Cross section STA 3+600

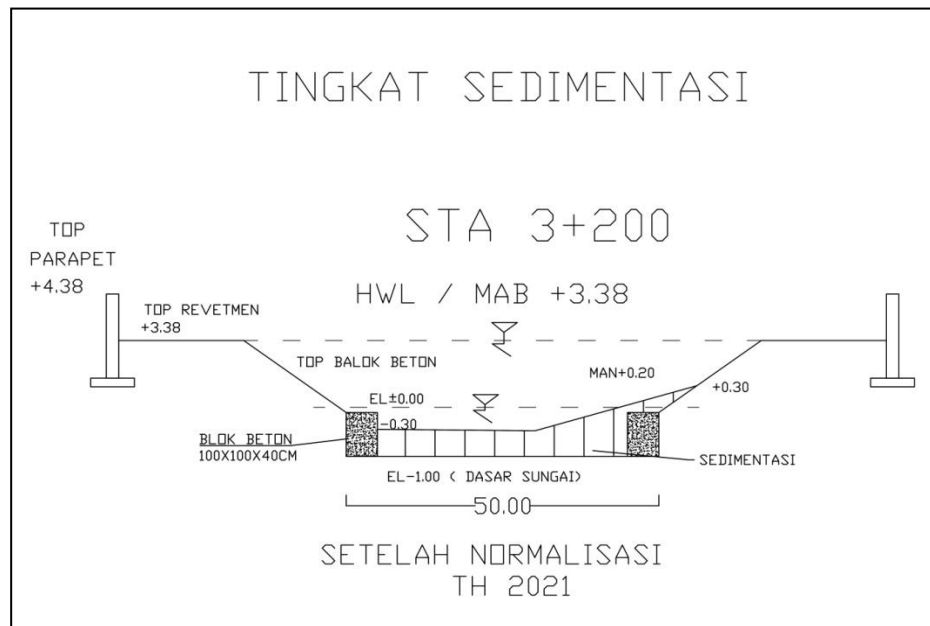
## 2) Tinjauan Penelitian Arah STA 3+200 Kondisi Ekstrem Desember 2021



Gambar 4.78. Area Sedimentasi STA 3+200



Gambar 4.79. Revetmen & Sedimentasi STA 3+200



Gambar 4.80. Cross section STA 3+200

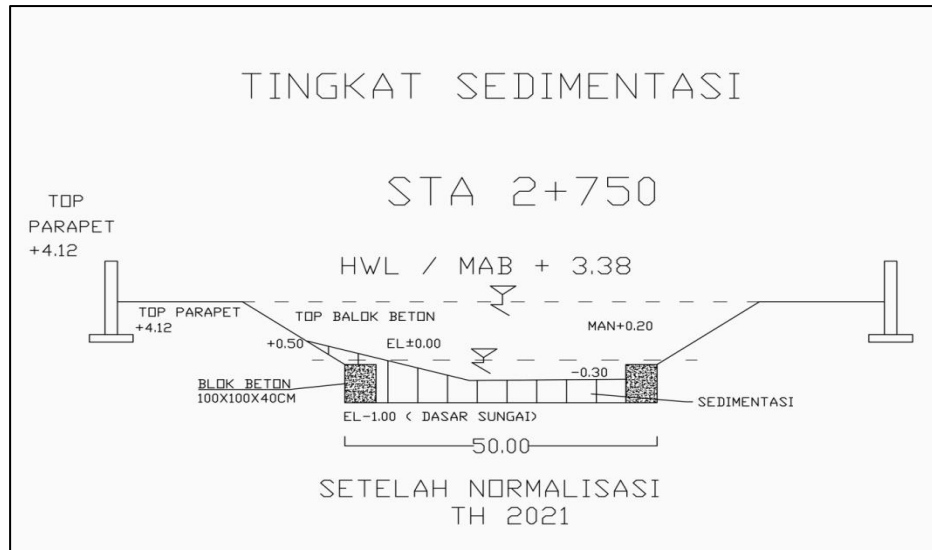
3) Tinjauan Penelitian Arah STA 2+750 Kondisi Ekstrem Desember 2021



Gambar 4.81. Area Sedimentasi STA 2+750



Gambar 4.82. Struktur Revetment STA 2+750



Gambar 4.83. Cross section STA 2+750

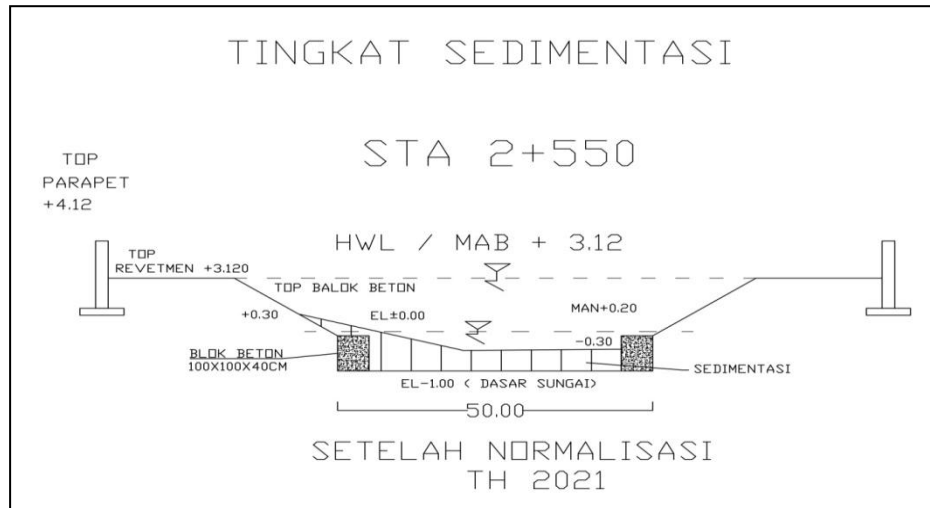
#### 4) Tinjauan Penelitian Arah STA 2+550 Kondisi Ekstrem Desember 2021



Gambar 4.84. Area Sedimentasi STA 2+550



Gambar 4.85. Struktur Revetment STA 2+550



Gambar 4.86. Cross section STA 2+550

- 5) Tinjauan Penelitian Parapet Arah STA 3+600 sampai dengan 2+550  
Kondisi Ekstrem Desember 2021



Gambar 4.87. Parapet sepanjang STA 3+600 hingga STA 2+550



Gambar 4.88. Parapet sepanjang STA 3+600 hingga STA 2+550

#### 4.6.2 Matrik Kondisi Sedimentasi setiap STA Penelitian

Berdasarkan observasi kondisi lapangan dapat dijabarkan dalam matrik berikut:

| No | Uraian              | Sta 3+600                                                                                                                                                  | Sta 3+200                                                                                                                                                | Sta 2+750                                                                                                                                                       | Sta 2+550                                                                                                                                                    |
|----|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Kondisi Revetment   | Baik (90%)<br>Kerusakan Spot batu muka                                                                                                                     | Baik (90%)                                                                                                                                               | Baik (90%)<br>Pasangan Batu Muka ada yg lepas                                                                                                                   | Baik (90%)                                                                                                                                                   |
| 2  | Kondisi Parapet     | Baik (90%)                                                                                                                                                 | Baik (90%)                                                                                                                                               | Baik (90%)                                                                                                                                                      | Baik (90%)                                                                                                                                                   |
| 3  | Kondisi Bantaran    | 1. Sisi kiri 80 % ditumbuhi vegetasi ; Fasilitas jogging track<br><br>2.sisi kanan 20 % ditumbuhi vegetasi; fasilitas jogging track, lapangan olah raga    | 1.Sisi kiri 80 % ditumbuhi vegetasi ; Fasilitas jogging track<br><br>2.sisi kanan 20 % ditumbuhi vegetasi; fasilitas jogging track                       | 1.Sisi kiri 20 % ditumbuhi vegetasi ; Fasilitas umum belum ada<br><br>2.sisi kanan 10 % ditumbuhi vegetasi; fasilitas umum belum ada                            | 1.Sisi kiri 20 % ditumbuhi vegetasi ; Fasilitas umum belum ada<br><br>2.sisi kanan 10 % ditumbuhi vegetasi; fasilitas umum belum ada                         |
| 4  | Tingkat Sedimentasi | 1. Sisi kiri sedimentasi pada elevasi – 0,30m (300 cm dari dasar sepanjang variatif spot 20m, lebar 2 m)<br><br>2. Sisi Kanan; dikarenakan arah aliran air | 1. Sisi kiri sedimentasi pada elevasi – 0,20m (20 cm dari dasar sepanjang variatif spot 10m, lebar 1 m)<br><br>2.Sisi Kanan; dikarenakan arah aliran air | 1. Sisi kanan sedimentasi pada elevasi – 0,10m ( 10 cm dari dasar sepanjang variatif spot rata 15m, lebar 2,0 m<br><br>2.Sisi Kiri; dikarenakan arah aliran air | 1. Sisi kanan sedimentasi pada elevasi – 0,05m (5 cm dari dasar sepanjang variatif spot rata 10m, lebar 1 m)<br><br>2.Sisi Kiri; dikarenakan arah aliran air |

| No | Uraian             | Sta 3+600                                                                                                                                                                    | Sta 3+200                                                                                                                                                                    | Sta 2+750                                                                                                                                                                    | Sta 2+550                                                                                                                                                                |
|----|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                    | cenderung ke arah kanan, sehingga kecenderungan penumpukan sedimentasi ke arah revetment kanan, pada elevasi (-) 0,5m sd 0,9m ; Panjang variatif spot 30m dengan lebar 2,5 m | cenderung ke arah kanan, sehingga kecenderungan penumpukan sedimentasi ke arah revetment kanan, pada elevasi (-) 0,3m sd 0,5m ; Panjang variatif spot 10m dengan lebar 1,5 m | cenderung ke arah kiri, sehingga kecenderungan penumpukan sedimentasi ke arah revetment kiri, pada elevasi (-) 0,5m - 0,9m; Panjang variatif spot 20m dengan lebar 2,0 meter | cenderung ke arah kiri, sehingga kecenderungan penumpukan sedimentasi ke arah revetment kiri, pada elevasi (-) 0,3m - 0,7m; Panjang variatif spot 10m dengan lebar 1,0 m |
| 5  | Jenis Sedimentasi  | Silt berpasir, berbutir halus, ada sedikit batuan                                                                                                                            | Silt berpasir, berbutir halus, terdapat batuan                                                                                                                               | Silt berpasir, berbutir halus, batuan berbutir kecil                                                                                                                         | Silt berpasir, berbutir halus                                                                                                                                            |
| 6  | Vegetasi           | Terdapat vegetasi                                                                                                                                                            | Terdapat vegetasi                                                                                                                                                            | Terdapat vegetasi                                                                                                                                                            | Terdapat vegetasi                                                                                                                                                        |
| 7  | Volume Sedimentasi | Elevasi rata rata (-0,3) 30cm pada sisi revetment<br>Tebal rata rata sedimentasi 30cm<br>Panjang sedimentasi terkonsentrasi 20m                                              | Elevasi rata rata (-0,2) 20cm pada sisi revetment<br>Tebal rata rata sedimentasi 20cm<br>Panjang sedimentasi terkonsentrasi 10m                                              | Elevasi rata rata (-0,15) 15cm pada sisi revetment<br>Tebal rata rata sedimentasi 15cm<br>Panjang sedimentasi terkonsentrasi 15m                                             | Elevasi rata rata (-0,1) 10cm pada sisi revetment<br>Tebal rata rata sedimentasi 10cm<br>Panjang sedimentasi terkonsentrasi 10m                                          |

Dari hasil observasi diatas dapat disimpulkan :

1. Tingkat sedimentasi kearah hilir semakin kecil, ini bisa dilihat untuk tingkat sedimentasi kearah hulu (dari jembatan majapahit) lebih tinggi jika dibandingkan dengan area penelitian (dari jembatan citarum ke arah jembatan arteri) hal ini diakibatkan dari debit aliran yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran dan luas hidrolis sungai dari arah hulu lebih besar yang menuju ke arah hilir. Selain itu degradasi di daerah hulu mempengaruhi tingkat sedimentasi yang besar di daerah hulu sampai dengan ke hilir. Hal ini ditambahkan dari debit masuk yang membawa aliran sediemen dari alur alur anak sungai yang masuk ke aliran utama Kanal Banjir Timur
2. Arah aliran dari jembatan citarum dipengaruhi oleh bentuk aliran dan bangunan jembatan citarum; arah tikungan dalam ke kanan, sehingga sedimentasi banyak terkumpul pada revetment sebelah kanan
3. Arah aliran berubah setelah jembatan pasar waru sampai dengan muara sungai, lebih kearah kiri tikungan luar sehingga sedimentasi cenderung ke arah kiri revetment
4. Jenis material sedimentasi silt berbutir halus dan ditumbuhi vegetasi
5. Kondisi parapet dan revetment masih baik (diatas 90%) dari akhir normalisasi tahun 2019, tingkat kerusakan pada spot pasangan batu muka.
6. Elevasi revetment +4,7 m dan parapet +5,7 m (tinggi jagaan 1 meter); sedangkan ketinggian elevasi banjir tertinggi yang tercatat pada tahun 2019 (akhir konstruksi) adalah +3,0 m; pada kondisi setelah normalisasi dan jembatan kaligawe telah dinaikkan 2 m diatas elevasi revetment; sehingga mereduksi banjir pada area penelitian (dari jembatan citarum ke arah jembatan arteri).
7. Tidak terjadi gerusan (*scouring*) yang diakibatkan gerakan aliran air sepanjang alur sungai Kanal Banjir Timur dikarenakan posisi kemiringan revetment sangat landai (1:2) dan menggunakan tiang pancang minipile serta terdapat blok beton pada dasar sungai yang menahan revetment dari kelongsoran (*sliding*).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah menjawab tiga tujuan utama yaitu:

- 1) Hasil Analisa hidrologi untuk curah hujan tertinggi terjadi tahun 2015 sebesar 113,28 mm/tahun dimana titik limpasan terdapat disebelah hilir Semarang Bagian Timur dan Utara sebagai analisa hasil pengamatan tingkat kerusakan di Kanal Banjir Timur. Selanjutnya untuk data perhitungan debit banjir didapatkan hasil sesuai *passing grade* metode debit banjir Hidrograf Sintetik Satuan Gamma I sebesar (Q) 418,17 m<sup>3</sup>/detik untuk kala ulang 50 tahun (Q50), dan besaran debit (Q) 462,52 m<sup>3</sup>/detik kala ulang 100 tahunan (Q100). Sedangkan debit andalan Kanal Banjir Timur dengan pengaruh surut air sebesar 0,39 m<sup>3</sup>/detik. Perhitungan luas hidrolis (A) penampang sungai berdasarkan hasil survey pengukuran seluas 45 m<sup>2</sup>, setelah normalisasi dengan pengerukan sedimen dan pembangunan revetment parapet luas hidrolis sungai menjadi 112 m<sup>2</sup>. Sehingga meminimalisir tingkat limpasan banjir yang menimbulkan kerusakan disekitar alur sungai Kanal Banjir Timur. Tinjauan elevasi banjir pada debit banjir Q50 dan Q100 sebelum normalisasi +4,4 m sehingga terjadi limpasan pada tanggul sungai yang ada dan mengakibatkan genangan banjir dititik tersebut. Setelah normalisasi dengan peninggian parapet +4,4 m, saat elevasi debit banjir Q50 setinggi +3,54 m tidak terjadi limpasan dan aman dari banjir. Sedangkan pada elevasi debit banjir Q100 setinggi +3,89 m setelah normalisasi tetap aman dan tidak terjadi limpasan karena elevasi parapet +4,40 meter.

- 2) Berdasarkan kajian terhadap tingkat kerusakan dan kestabilan konstruksi saat debit maksimum dapat diambil kesimpulan secara runtut; dari tinjauan analisis perhitungan yang diperoleh dari hasil simulasi antara Program Plaxis 8.6 dan Manual Excel: Pada Struktur Revetment tingkat Deformasi (penurunan tanah didapatkan nilai Plaxis 19,21 mm, Excel = 33,15 mm; Tingkat Efektif Stress (tegangan efektif tanah) hasil dari Plaxis 63,32 KN/m<sup>2</sup> dan Excel = 78,908 KN/m<sup>2</sup>. Safety Faktor untuk Plaxis 2,59 > 1,2 sehingga aman secara stabilitas konstruksinya. Sedang pada hitungan excel Faktor Keamanan 0,439 < 0,48 sehingga aman terhadap longsor. Sedangkan untuk Struktur Parapet: didapatkan tingkat Deformasi untuk Plaxis sebesar 10,00 mm, dan program Excel = 28,70 mm. Analisa Hasil Efektif Stress untuk Plaxis sebesar 162,88 KN/m<sup>2</sup> sedangkan Excel = 67,938 KN/m<sup>2</sup>. Tingkat Safety Faktor untuk Plaxis 4,56 > 1,2 sehingga aman terhadap stabilitasnya. Untuk Faktor Keamanan pada perhitungan excel 2,09 > 1,50 sehingga aman terhadap kelongsoran.
- 1) Kajian Hasil Analisa Sedimentasi saat Debit Maksimum didapatkan nilai Volume sedimen terangkut ( $V_s$ ) =  $169.902,50/2,58 = 65.853,68$  m<sup>3</sup>/tahun untuk sepanjang alur sungai Kanal Banjir Timur. Sedang berdasarkan rumus empiris sesuai luasan catchment area (310 km<sup>2</sup>) didapatkan nilai SY= 5,30 ton/ha/tahun dengan volume sedimentasi = 63.725,87 m<sup>3</sup>/tahun. Sehingga dari kedua hasil volume sedimentasi tersebut diatas dirata-ratakan sebesar 64.789,78 m<sup>3</sup>/tahun.

## 5.2 Saran:

- 1) Pembuatan rencana kerja yang berkesinambungan karena keterkaitan antara kinerja di perencanaan dan tahapan pelaksanaan.
- 2) Survey dan pengumpulan data dalam quantity, kualitas dalam jangka panjang merupakan komponen penting termasuk survey topografi dan geospasial dalam kegiatan proyek yang berkesinambungan.
- 3) Pengendalian faktor eksternal terutama pada konservasi hulu dan pengendalian air yang masuk ke Kanal Banjir Timur Semarang
- 4) Pengendalian sedimentasi yang ada di alur Sungai Kanal Banjir Timur secara komprehensif dari hulu ke hilir
- 5) Keterkaitan antara simulasi di perencanaan dan pelaksanaan di lapangan dalam hal evaluasi struktur pondasi dalam kestabilan memenuhi syarat kapasitas dukung tanah yang diijinkan.
- 6) Evaluasi terhadap struktur penyeimbang seperti penambahan blok beton di depan revetment dapat memperkuat stabilitas nya.
- 7) Penggantian tanah lunak asli di belakang struktur dengan timbunan tanah mendapatkan dengan Berat Isi Kering ( $\gamma_d$ ) diatas 1,6 Ton/m<sup>3</sup> menambah kestabilan konstruksi ditambah dengan kombinasi tritik dan Geotextile.
- 8) Setiap 5 tahun sekali dilakukan pengerukan sedimen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anthony and Govindarajan, 2001, Management Control System, Tenth Edition, New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Triatmodjo, Bambang; Repository Universitas Gadjah Mada th 2008 Penanganan Banjir di Sungai Banjir Kanal Timur Kota Semarang
- Bowless, J.E, 1986, Engineering Properties Of Soils and Their Measurement, McGraw Hill International , Edition, New York.
- Bungin, Burhan 2014, Metodologi Penelitian Kuantitatif. Jakarta; Kencana Prenamedia Group.
- Craig, RF, 1992, Soil Mechanics, Chapman Hall, London
- Braja, Das M 1995. Mekanika Tanah Jilid 2. Jakarta: Badan Penerbit Erlangga.
- Erizal, 2018, Silabi Mekanika Tanah, 3; Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, IPB
- Hardianto dan Hary Christiady 2010 ; Analisis dan Perancangan Pondasi Bagian 1 Jogya : Penerbit Gajahmada University Press.
- Hydrologic Engineering Center (2002). HEC-RAS River Analysis System (Application Guide), US Army Corps of Engineers, Davis, CA.
- Hydrologic Engineering Center (2002). HEC-RAS River Analysis System (Hydraulic Reference Manual), US Army Corps of Engineers, Davis, CA.
- Hydrologic Engineering Center (2002). HEC-RAS River Analysis System (User's Manual), US Army Corps of Engineers, Davis, CA.
- Kodoatie, Robert J. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Cetakan 2-Edisi Revisi. Yogyakarta: Andi, 2010
- Krisna, Adijaya ; Wisnu, Pranoto ; Suripin dan Budieny, Hary : jurnal Karya Teknik Sipil universitas diponegoro Vol 4 no,4 th 2015 hal 313-323 Penataan Kanal Banjir Timur Kota Semarang
- Kusumajaya, Asyraf dan Yudistian Renal (2015) Perencanaan Sistem Saluran Drainase Sungai Bendung Kota Palembang, 2015
- Mia, Anggorowati ; Arief, Laila Nugraha ; Arwan, Wijaya Putra: Teknik Geodesi Undip, 2014 Analisis Area Luapan Banjir Akibat Kenaikan Debit Air Berbasis Sistem Informasi Geografis (Study Kasus DAS Banjir Kanal Timur Semarang)

- Meyerhof, GG 1963, Some Recent Research On Bearing Capacity Of Foundation, Canadian Geotechnical, Journal Vol , 1.
- Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Jratunseluna, Satuan kerja Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juanan, 2010
- Roosseno (1989). “Roosseno dan Karya Ilmiah”, Laporan Karya Ilmiah, 640-656.
- Wahyudi, S. Imam dan Adi, Henny Pratiwi “Drainase Sistem Polder“ Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2014
- Sugiyono, 2010, Statistik untuk Penelitian, Bandung: Alfabeta, hlm. 260
- Suripin (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. ANDI Offset Yogyakarta
- Terzaghi, K and Peck, RB. (1948). “Soil Mechanics in Engineering Practice” John & Sons, Inc., 299-304
- Handayani, Wawan ; Ansor, Gunawan ; Ridho, Muhammad Taufik : Jurnal karya Teknik Sipil Universitas Banten Feb 2019; P ISSN 2656=0844, Perencanaan Bangunan Penahan Sedimen (Check Dam II) di Daerah Aliran Sungai
- Aprinato, Widhi Kurniawan ; Sanjoto, Tjatusungkono Budi ; Tjahjono, Heri; Jurnal Unnes Geo Image 8(2) (2019) Permodelan Banjir di Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Banjir Kanal Timur Kota Semarang.
- Detail Engineering Design*, Kanal Banjir Timur Kota Semarang, CTI Engineering International, Co, Ltd., 2015-2016
- Laporan-laporan Konsultan Supervisi Kanal Banjir Timur Kota Semarang Paket I, PT Alles Klar Prima, 2017-2019