

# Simulasi dan Evaluasi Limpasan Saat Debit Maksimum Kanal Banjir Timur Kota Semarang

Prasetyo Budi<sup>1</sup>, S. Imam Wahyudi<sup>1\*</sup>, M. Faiqun Niam<sup>1</sup>, Dani Prasetyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Jl. Kaligawe Raya Km 4 Semarang Jawa Tengah 50112 (024) 6583584

<sup>2</sup>Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juwana, Jl. Majapahit 375 Semarang

Email: <sup>1\*</sup>simamwahyudi@unissula.ac.id

---

## Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

---

## Sejarah Artikel

Diterima pada 9 February 2022

Disetujui pada 22 Maret 2022

Dipublikasikan pada 23 Maret 2022

Hal. 512-521

---

## Kata Kunci:

Limpasan; Debit Maksimum;  
Hec-Ras; Kanal Banjir Timur

---

## DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v7i2.963>

---

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan menganalisis data hidrologi dan limpasan saat Debit Maksimum (Q50, Q100) di alur sungai, kemudian diimplementasikan pada pekerjaan normalisasi Kanal Banjir Timur Semarang. Penelitian berupa simulasi yang dievaluasi dengan pengamatan dan pencatatan besaran tingkat elevasi banjir yang terjadi pada saat debit banjir maksimum di Q50 dan Q100 terhadap tingkat limpasan air yang melewati top elevasi parapet. 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 Kartini 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>, sehingga didapat luas penampang sungai yang lebih besar; dimana luas penampang ini berbanding lurus dengan penurunan top elevasi pada saat debit maksimum dialur sungai. Elevasi Q50 sebelum normalisasi +4,4m (melimpas) dan setelah normalisasi +3,54m. Sedang Q100 sebelum normalisasi +4,84; setelah normalisasi +3,89m sehingga bisa tertahan oleh dinding parapet di top elevasi +4,4m dan tidak terjadi limpasan.

## PENDAHULUAN

Rekayasa Teknik terkait pengendalian banjir dan rob adalah Normalisasi Daerah Aliran Sungai (DAS); seperti tertuang dalam (*Renstra BBWS Pemali Juwana, 2015*); Hingga tahun 2014 telah dilaksanakan berbagai langkah kebijakan, dengan capaian sasaran-sasaran strategis meliputi: Peningkatan dukungan terhadap ketahanan air melalui peningkatan kapasitas tampung; peningkatan layanan air baku; dan peningkatan pengendalian daya rusak air. Dalam pengembangan terkait pengendalian daya rusak air terutama limpasan air sungai saat banjir yang keluar dari parapet. 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 control kualitas tanah terkait sanitasi (Suripin 2004).

Pada sungai Kanal banjir Timur Semarang terdapat bangunan *Revetment* dan *Parapet; Retaining Wall*. Fungsi *Revetment* untuk melindungi sungai langsung dari arus air sungai yang menggerus agar tidak terjadi pengikisan akibat debit aliran yang besar. Sedang fungsi parapet adalah sebagai penahan limpasan akibat kenaikan elevasi muka air saat terjadi banjir. Normalisasi Kanal Banjir Timur ini juga bertujuan meningkatkan kapasitas pengaliran penampang sungai antara Debit Maksimum pada Q50 dan Q100 yang diperhitungkan bisa terjadi serta kondisi morfologi sungainya.

Faktor terjadinya banjir dan rob diantaranya seperti disampaikan oleh (Hardianto dan Hary Christiady 2010); penurunan tanah dasar berupa tanah lunak di suatu wilayah yang berdekatan dengan garis pantai berpengaruh pada bidang tanah dasar tersebut sehingga air mengisi bidang elevasi yang lebih rendah di bawahnya dan berakibat pada penurunan tanah yang berpengaruh pada struktur pondasi. Lokasi pembangunan pengendalian Kanal Banjir Timur Kota Semarang sepanjang 6.700 m dari hulu Jembatan Majapahit hingga kearah muara dengan elevasi +6m.

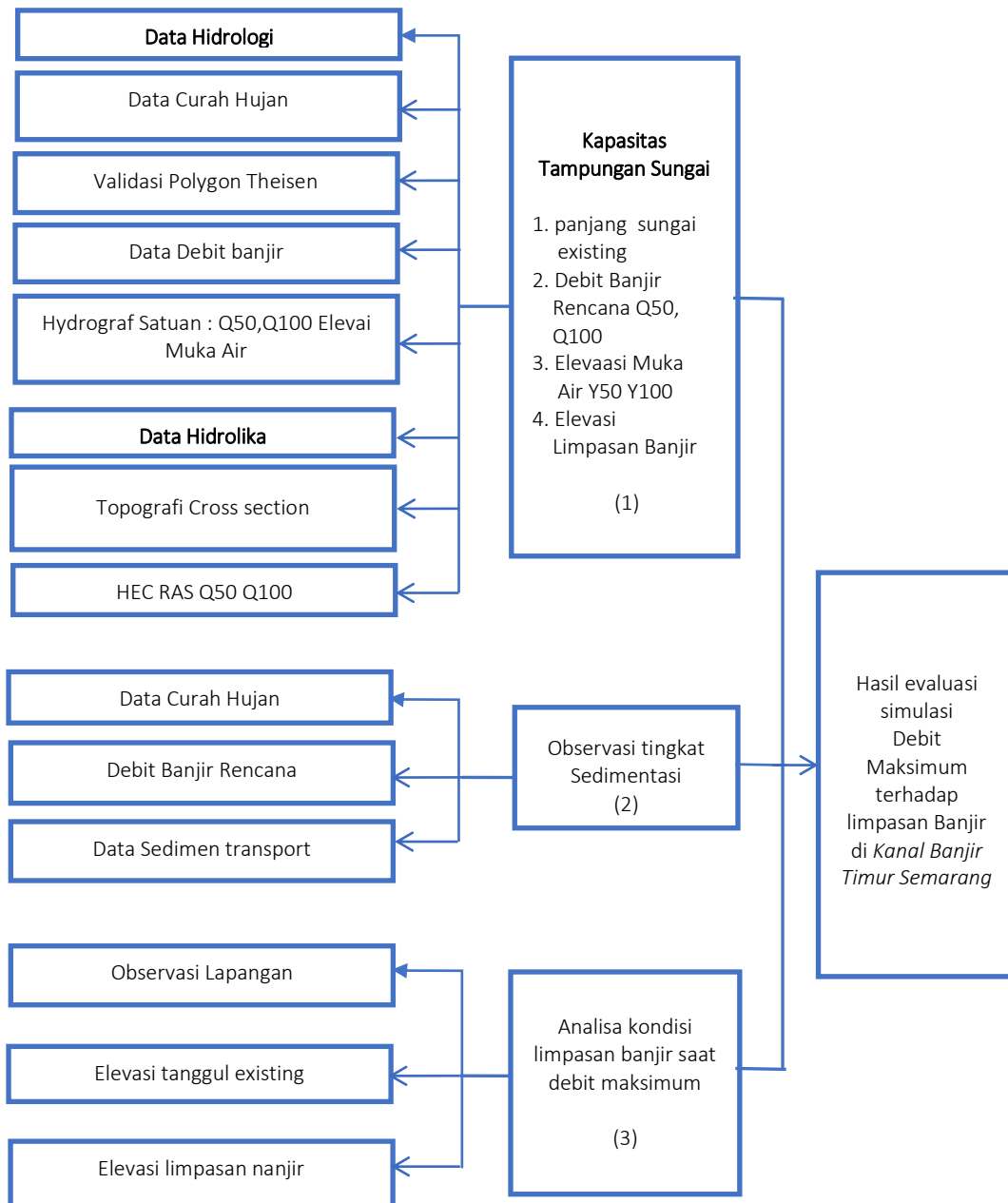
Penelitian ini berupa analisa kuantitatif terkait simulasi dan evaluasi untuk menilai tingkat limpasan air akibat debit banjir yang dipengaruhi oleh hidrologi dan kondisi eksisting yang ada saat ini. Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu: bagaimana hubungan antara Simulasi dan Evaluasi Debit Banjir Maksimum Pada Kanal Banjir Timur Semarang terhadap tingkat elevasi banjir yang menimbulkan kerusakan berupa limpasan air diatas parapet.

Penelitian ini bertujuan menilai (*assessment*) dan mengevaluasi fungsi bangunan sebagai pengendali banjir saat debit banjir maksimum yang terjadi pada Kanal Banjir Timur Semarang baik sebelum maupun sesudah normalisasi. Sedang manfaat yang diharapkan adalah: menghasilkan suatu usulan program penataan sistem penanganan banjir di Kanal Banjir Timur Kota Semarang berdasarkan kajian potensi dan permasalahan.

## METODE

Analisa kuantitatif dalam bentuk studi kasus ini merupakan bentuk penelitian, merupakan penyelidikan mendalam tentang subyek tertentu untuk memberikan gambaran yang lengkap; Seperti disampaikan oleh Indriantoro dan Supomo, 2002, studi kasus merupakan penelitian yang bertujuan menyelidiki secara mendalam mengenai subyek tertentu untuk memberikan gambaran yang lengkap mengenai subyek tertentu. Metode pendekatannya adalah analisis kuantitatif, yang dirancang untuk mengumpulkan berbagai informasi mengenai kondisi maupun keadaan yang sedang terjadi. Soehardi Sigit, 2001, mendefinisikan metode penelitian Analisis Kualitatif sebagai kegiatan yang meliputi pengumpulan data dalam rangka menjawab pertanyaan yang menyangkut keadaan pada waktu yang sedang berjalan dari pokok suatu penelitian.

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 1. Kerangka Tahapan Analisa

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil observasi dapat diuraikan dalam 2 faktor:

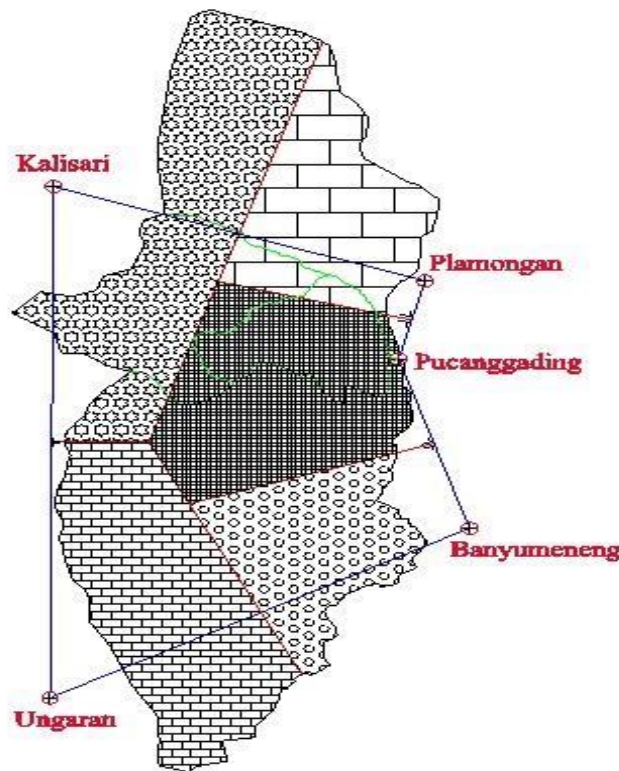
- 1) Faktor *External* dari luar dan terjadi di lapangan: Curah hujan, Debit air, Tekanan *Hidrostatik*, Perubahan tata guna lahan

- 2) Faktor Internal dari dalam secara analisis deskriptif: Sifat tanah asli, endapan sedimentasi, komposisi tanah, backsoil *Revetment* dan *parapet* berupa sedimentasi

### Analisa Hidrologi

Tahapan Analisa hidrologi yang dilakukan:

Data Curah Hujan diambil dari 3 stasiun yang menjadi titik polygon penghubung di sekitar Daerah Aliran Sungai Kanal Banjir Timur yaitu Stasiun Karangroto, Stasiun Pucanggading, Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Emas. Analisa menggunakan Polygon Thiessen, berdasarkan pengamatan dan analisa sungai Kanal Banjir Timur Kota Semarang, Daerah Aliran Sungai (DAS) Kanal Banjir Timur dan Sungai Penggaron.



Gambar 2. Pembagian DAS menurut Metode Poligon Thiessen

Dimana analisis rumus Metode Theissen ini berdasarkan hubungan antara polygon titik lokasi stasiun hujan yang digambarkan dengan luasan pengaruh dalam polygon kemudian dibagi dengan luasan prosentase cakupan area stasiun curah hujan; sehingga hasilnya dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 1. Luas Pengaruh Stasiun Hujan terhadap DAS Kanal Banjir Timur

| No | No STA | Nama Stasiun Hujan | Prosentase (%) | Poligon Theisen Faktor          |
|----|--------|--------------------|----------------|---------------------------------|
|    |        |                    |                | Luas Pengaruh (Km) <sup>2</sup> |
| 1  | 09042a | Kalisari           | 47,19          | 34,87                           |
| 2  | 9065   | Plamongan          | 33,46          | 24,73                           |
| 3  | 098098 | Pucanggading       | 19,35          | 14,30                           |
|    |        | Jumlah             | 100            | 73,90                           |

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 2. Curah Hujan Berdasarkan Periode Kala Ulang

| Periode Ulang (Tahun) | 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               |

Sebaran data pada Tabel 2 didapatkan curah hujan tertinggi terjadi pada tahun 2015 sebesar 113,28 mm/tahun dimana Kanal Banjir Timur Kota Semarang mengalami limpasan di beberapa titik sepanjang aliran sungai disebelah hilir 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 ditahun 2010 mengalami penurunan. Periode Ulang Curah Hujan sebesar 53,29 mm/tahun.

Hasil Analisa curah hujan pada Tabel 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.

### Analisa Debit Rencana

Pintu pembagi banjir pada aliran Kanal Banjir Timur (KBT) ditutup sehingga debit yang sebelumnya ke Kanal Banjir Timur dialirkan ke Kanal Dombo Sayung dengan debit sebesar 334 m<sup>3</sup>/detik. Kapasitas sungai yang sebelumnya hanya 210 m<sup>3</sup>/detik ditingkatkan menjadi 300 m<sup>3</sup>/detik. Dengan adanya peningkatan kapasitas sungai Kanal Dombo Sayung, maka perlu dilakukan *River Improvement* sebagaimana data debit dengan pembagian sebagai berikut:

1. Debit Masuk Sungai Penggaron : 580 m<sup>3</sup>/detik;
2. Debit Keluar Kanal Banjir Timur : 334 m<sup>3</sup>/detik ;
3. Debit Keluar Kali Babon : 245 m<sup>3</sup>/detik

### Analisa Curah Hujan Rencana

Perolehan dispersi ini sebagai langkah awal, kemudian dilakukan pemilihan distribusi dengan cara analisis dan grafis. Dari kedua cara tersebut, metode Log Pearson III yang paling mendekati. 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 3. Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Tipe III

| 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                   |

### Simulasi Debit Banjir

Tahapan perhitungan dengan memperkirakan besarnya debit banjir yang akan terjadi pada berbagai periode ulang.

Tabel 4. Debit Banjir Rencana DAS Kanal Banjir Timur

| Periode Ulang (thn) | Debit Banjir Rencana (M3/detik) |         |        |           |
|---------------------|---------------------------------|---------|--------|-----------|
|                     | Rasional                        | Weduwen | Hasper | HSSGamma1 |
| 2                   | 72,35                           | 144,34  | 83,61  | 138,07    |
| 5                   | 98,40                           | 196,31  | 113,71 | 189,43    |
| 10                  | 117,46                          | 234,33  | 135,74 | 223,20    |
| 25                  | 143,65                          | 286,58  | 166,00 | 265,17    |
| 50                  | 164,77                          | 328,73  | 190,42 | 295,92    |
| 100                 | 187,31                          | 373,7   | 216,47 | 325,63    |

Penentuan debit banjir rencana yang akan dipakai adalah debit banjir yang mendekati perencanaan yang dilakukan oleh Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana dengan memperhatikan passing capacity sebesar 428,47 m<sup>3</sup>/det.

Tabel 5. Tabel Debit Banjir Rencna

| Periode Ulang (thn) | Debit Banjir Rencana (m3/detik) |         |        |               |                 |         |
|---------------------|---------------------------------|---------|--------|---------------|-----------------|---------|
|                     | Rasional                        | weduwen | Hasper | HSS Gamma 1   | 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> |                 |         |

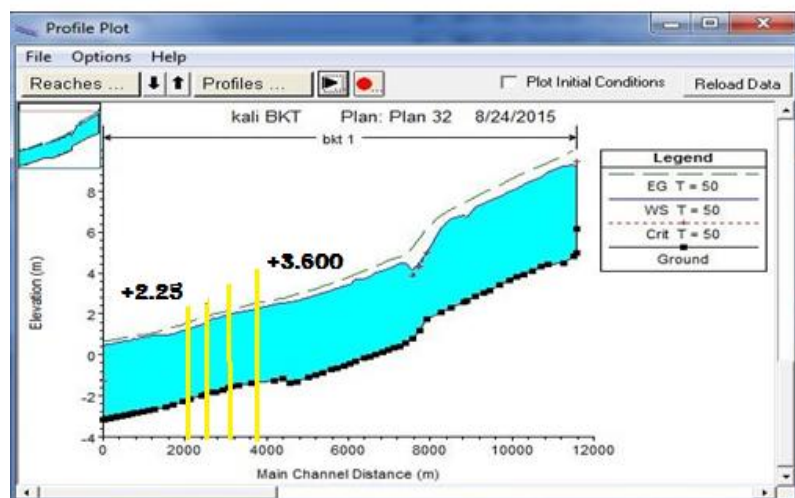
Berdasarkan perhitungan diatas maka debit banjir yang dipakai adalah Metode Hidrograf Sintetik Satuan Gamma I dengan debit 418,17 m<sup>3</sup>/det.

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

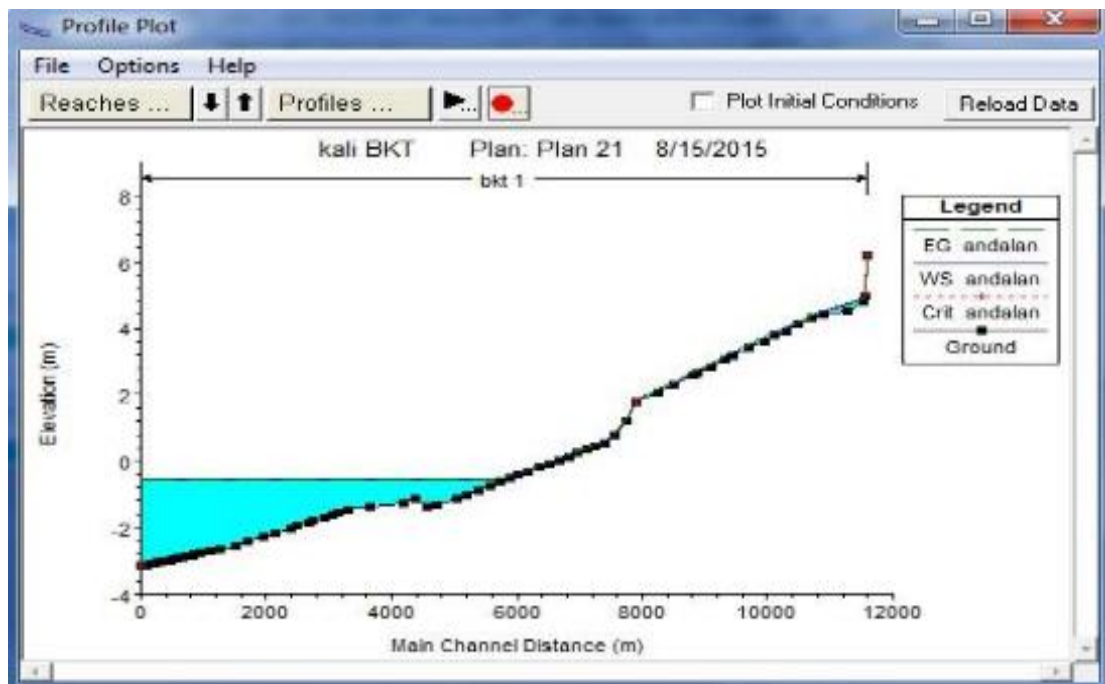
1. Debit (Q2 tahunan ) 268 m<sup>3</sup>/detik
2. Debit (Q5 tahunan ) 320 m<sup>3</sup>/detik
3. Debit (Q10 tahunan) 385 m<sup>3</sup>/detik
4. Debit (Q50 tahunan ) 423 m<sup>3</sup>/detik

Analisa Hidrolika

Analisa HEC Ras dengan analisis profil muka air bertujuan untuk mengetahui bagaimana kondisi sungai Kanal Banjir Timur Kota Semarang. Dengan *software HEC-RAS* dapat diketahui profil dan tinggi muka airnya.



Gambar 3. Profil Muka Air Q Banjir 50 Tahun



Gambar 4. Profil Muka Air Q Andalan dan Surut Minimal

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

Tabel 6. 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 7. HEC Ras Q100 Kondisi Sebelum dan Sesudah Normalisasi

| No | STA   | Debit | Kondisi        | H-Ras (m)   | Revetment (m) | Parapet (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> |

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

Tabel 8. 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 = m <sup>2</sup> | 45 m <sup>2</sup>   | <b>112 m<sup>2</sup></b> | Luasan bertambah |
| 2  | Elevasi Muka Air                        |                     |                          |                  |
|    | Debit Banjir Q50                        | + 4,40              | <b>+ 3,54</b>            | Tidak Limpas     |
|    | Debit Banjir Q100                       | + 4,84              | <b>+ 3,89</b>            | Tidak Limpas     |

Luas Hidrolis (A) penampang sungai KBT dimana berdasarkan hasil survey pengukuran didapatkan Luas Hidrolis Sungai KBT 45 m<sup>2</sup>, setelah normalisasi dengan dilakukan pengerukan dan pembangunan revetment parapet dihasilkan Luas Hidrolis Sungai menjadi 112m<sup>2</sup>. Sehingga meminimalisir tingkat limpasan banjir yang menimbulkan kerusakan di sekitar lokasi KBT.

## KESIMPULAN

Curah hujan tertinggi tahun 2015 sebesar 113,28 mm/tahun dimana titik limpasan di sebelah hilir di Semarang Bagian Timur dan Utara. Debit banjir Hidrograf Sintetik Satuan Gamma I: 418,17 m<sup>3</sup>/detik (Q50), 462,52 m<sup>3</sup>/detik (Q100), debit andalan sebesar 0,39 m<sup>3</sup>/detik. Sedang luas hidrolis (A) sebelum normalisasi 45m<sup>2</sup> setelahnya 112m<sup>2</sup>. Elevasi Q50 sebelum normalisasi +4,4m (melimpas), sesudah normalisasi +3,54m (tidak limpas). Elevasi pada Q100 sebelum normalisasi +4,84 (melimpas) dan sesudah normalisasi +3,89m (tidak limpas).

## SARAN

Pembuatan rencana kerja yang berkesinambungan karena keterkaitan antara kinerja di perencanaan dan tahapan pelaksanaan. Survey untuk pengumpulan data dalam quantity, kualitas dalam jangka Panjang merupakan komponen penting termasuk survey topografi dan geospasial dalam kegiatan proyek yang berkesinambungan. Pengendalian faktor eksternal terutama pada konservasi hulu dan pengendalian air yang masuk ke Kanal Banjir Timur Semarang. Pengendalian sedimentasi yang ada di alur Sungai Kanal Banjir Timur secara komprehensif dari hulu ke hilir.

## DAFTAR RUJUKAN

- Bungin, Burhan 2014, Metodologi Penelitian Kuantitatif. Jakarta; Kencana Prenamedia Group.
- Detail Engineering Design, Drainase Kota Semarang; 2016*
- Hardianto; Hary Christiady 2010 ; Analisis dan Perancangan Pondasi Bagian 1 ; Jogyakarta ; Penerbit Gajahmada University Press.
- Indriantoro, Nur dan Supomo, Bambang.2002 Metodologi penelitian bisnis akuntansi dan manajemen. BPFEE. Yogyakarta Jamhari Kasa Taruna, 2011,
- Kodoatie, Robert J. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Cetakan 2-Edisi Revisi. Yogyakarta: Andi, 2010
- Kusumajaya, Asyraf dan Yudistian Renal (2015) Perencanaan Sistem Saluran Drainase Sungai Bendung Kota Palembang, 2015
- Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Jratunseluna, Satuan Kerja Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juanan, 2010
- Rencana Strategis Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juwana 2015 – 2019 ; BBWS Pemali Juwana Direktorat Jendral Sumber Daya Air Kementerian PUPR, 2015
- Soehardi Sigit, 2001, Pengantar Metodologi Penelitian, Cetakan kedua, Jakarta; BPFE UST
- Sugiyono, 2010, Statistik untuk Penelitian, Bandung: Alfabeta
- Wahyudi, S. Imam dan Adi, Henny Pratiwi “Drainase Sistem Polder“ Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2014
- Suripin (2004). Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. ANDI Offset Yogyakarta