

BANJIR RANCANGAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP KENAIKAN MUKA AIR BANJIR DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HEC-RAS 4.1.0 (Studi Kasus: Sub-DAS Sungai Tenggang Semarang)

Adwiyah Asyifa¹, Billy Mubarok²

^{1,2}Universitas Teknologi Yogyakarta
Email: Adwiyah.asyifa@staff.uty.ac.id

Abstrak

Sungai Tenggang merupakan bagian dari sistem drainase Kota Semarang. Sungai Tenggang tidak terlepas dari masalah banjir. Masalah utama penyebab luapan Kali Tenggang dan banjir di Kota Semarang adalah curah hujan yang cukup tinggi di Wilayah Kota Semarang dan elevasi muka air pada penampang sungai meningkat. Dalam hal ini akan dilakukan analisis kenaikan muka air banjir sungai dengan menggunakan software HEC-RAS 4.1.0. Metode Nakayasu HSS digunakan untuk menghitung debit banjir yang dirancang, dan memberikan hubungan antara parameter aliran dan waktu. Parameter ini bisa berupa kedalaman aliran atau debit aliran. Dalam analisis hidrolis, program HEC-RAS 4.1.0 digunakan untuk memodelkan penampang melintang sungai. Hasil perhitungan debit banjir rencana Sungai Tenggang menggunakan metode HSS Nakayasu menghasilkan debit banjir maksimum sebesar 303.715 m³/detik periode 2 tahun; 356.318 m³/detik, untuk jangka waktu 5 tahun; 386.651 m³/detik; 421.348 m³/detik, selama 10 tahun; 445.047 m³/detik, selama 25 tahun; dan 467.190 m³/detik periode 100 tahun. Berdasarkan hasil pemodelan banjir dengan menggunakan software HEC-RAS, terdapat debit air yang tinggi akibat luapan dari Kali Tenggang Semarang. Di STA 1800 terjadi elevasi muka air yang cukup tinggi yaitu 4,5 m, dan untuk STA 2000 terjadi elevasi muka air yang sangat tinggi yaitu 5 m.

Kata Kunci : Hujan, Banjir, Nakayasu, HEC-RAS, DAS Tenggang

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan peristiwa terjadinya aliran air yang berlebihan merendam daratan. Pengelolaan sumber daya air selalu mengkhawatirkan masyarakat serta pemerintah saat musim hujan datang. Banjir dapat menimbulkan beberapa kerugian jiwa, harta dan benda. Bencana banjir tidak bisa di cegah tetapi bisa dikendalikan. Perubahan tata guna lahan, semakin terbatasnya kemampuan saluran drainase kota dalam menerima limpasan air hujan ditambah dengan perilaku masyarakat yang menjadikan saluran air atau sungai sebagai tempat pembuangan sampah serta akibat dampak dari perubahan iklim global semakin memperberat upaya pengendalian banjir di suatu wilayah (Harsoyo,2010).

Beberapa permasalahan pokok menjadi penyebab meluapnya Sungai Tenggang dan mengakibatkan banjir di Kota Semarang. Masalah tersebut adalah curah hujan yang cukup tinggi, adanya endapan atau sedimentasi akibat deforestasi di bagian hulu serta pengaruh air balik (backwater) yang terjadi pada saat pasang laut dalam kondisi tinggi kemudian menyebabkan aliran air dari hulu terbungkus

sehingga akibatnya elevasi muka air pada penampang sungai meningkat.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan analisis mengenai masalah banjir yang terjadi di Wilayah Kota Semarang guna mengetahui berapa besar kenaikan muka air banjir di sungai Tenggang tersebut dan bagaimana langkah yang akan dilakukan sebagai upaya penyelesaian masalah banjir tersebut. Dalam hal ini akan dilakukan analisis kenaikan muka air banjir serta kondisi eksisting sungai dengan menggunakan program HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's - River Analysis System) versi 4.1.0.

Ada beberapa alasan kenapa kemudian analisis dilakukan dengan menggunakan program HEC-RAS. Seperti yang sudah dipaparkan sebelumnya bahwa analisa dengan HEC-RAS merupakan bentuk tiruan atau simulasi yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi dari apa yang sebetulnya terjadi dilapangan. Aplikasi ini sudah dilengkapi dengan berbagai item input data yang dibutuhkan dalam analisa. Seperti halnya input data penampang sungai, river reach, data manning dan data yang lainnya. dengan selesainya diinput data-data yang dibutuhkan

maka, dapat dilakukan analisa dengan otomatis oleh program HEC-RAS. Sehingga dengan demikian aplikasi ini dapat memudahkan dan untuk menganalisis kejadian yang sebenarnya dengan cukup mudah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui debit banjir rancangan di DAS Tenggang dan kenaikan muka air banjir Sungai Tenggang akibat luapan sungai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah.

2.2 Pemeriksaan Konsistensi Data

Perubahan lokasi stasiun hujan atau perubahan prosedur pengukuran hujan dapat memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap jumlah hujan yang terukur, sehingga dapat menyebabkan terjadinya kesalahan. Konsistensi dari pencatatan hujan diperiksa dengan metode kurva massa ganda (double mass curve). Metode ini membandingkan hujan tahunan kumulatif di stasiun y terhadap stasiun referensi x. Stasiun referensi biasanya adalah nilai rerata dari beberapa stasiun di dekatnya. Nilai kumulatif tersebut digambarkan pada sistem koordinat kartesian x-y, dan kurva yang terbentuk diperiksa untuk melihat perubahan kemiringan (trend). Apabila garis yang terbentuk lurus berarti pencatatan distasiun y adalah konsisten. Apabila kemiringan kurva patah/berubah, berarti pencatatan di stasiun y tak konsisten dan perlu dikoreksi. Koreksi dilakukan dengan mengalikan data setelah kurva berubah dengan perbandingan kemiringan setelah dan sebelum kurva patah.

2.3 Kapasitas Penampang Sungai

Perencanaan penampang melintang diperlukan untuk mendapatkan penampang yang ideal dan efisien dalam penggunaan lahan serta dapat mengalirkan debit air agar tidak sampai

meluap ke daerah yang akan dikeringkan. Prinsip pelaksanaan pengukuran atau perhitungan kapasitas tampang sungai adalah mengukur luas penampang basah, kecepatan aliran dan kedalaman sungai tersebut.

Rumus Debit Tampang

Dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = A_{tb} \times V$$

Keterangan:

Q = Debit (m³/detik)

A_{tb} = Luas tampang basah (m²)

V = Kecepatan Aliran rata-rata (m/detik)

2.4 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah besarnya air hujan yang jatuh ke permukaan bumi pada satuan luas (Kensaku Takeda dan Suyono.S).

Dengan demikian apabila diketahui curah hujan 1 mm berarti curah hujan tersebut adalah sama dengan 1 liter/m². Jadi curah hujan merupakan jumlah air hujan yang jatuh pada satu satuan luas. Satuan curah hujan dinyatakan dalam mm sedangkan derajat curah hujan dinyatakan dalam curah hujan per-satuan waktu dan disebut juga dengan intensitas hujan. Intensitas hujan dipergunakan untuk mencari debit banjir rencana. Dalam menghitung hidrograf banjir rancangan dengan cara hidrograf satuan, perlu diketahui dulu sebaran hujan jam – jaman dengan suatu interval tertentu. Prosentasi distribusi hujan yang terjadi dihitung dengan rumus Dr. Mononobe (Sosrodarsono, 1976 : 146) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_t = \frac{R_{24}}{t} \left(\frac{t}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$R_T = t \cdot R_t - (t-1)R_{t-1}$$

Keterangan:

R_t = rata-rata hujan dari awal sampai jam ke-T (mm/jam)

T = waktu mulai hujan hingga ke-T (jam)

R₂₄ = curah hujan efektif dalam 24 jam (mm)

t = waktu konsentrasi hujan (jam)

R_T = curah hujan pada jam ke-T (jam)

2.5 Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan debit maksimum di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang (rata-rata) yang sudah ditentukan yang dapat dialirkan tanpa membahayakan proyek irigasi dan stabilitas bangunan-bangunannya. Debit banjir rencana ditetapkan dengan cara menganalisis debit

puncak, dan biasanya dihitung berdasarkan hasil pengamatan harian tinggi muka air. Melalui periode ulang, dapat ditentukan nilai debit rencana. Debit rencana dapat dihitung dari kedalaman hujan dalam penggunaan metode rasional untuk menentukan debit puncak pada perencanaan drainase dan jembatan (gorong-gorong). Pada bangunan pelimpah suatu bendungan, perencanaan tanggul banjir, analisis penelusuran banjir (*flood routing*) di waduk atau sungai, diperlukan hidrograf banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Hidrograf banjir dapat diperoleh dengan menggunakan metode hidrograf satuan. Data yang perlu dimasukkan adalah hidrograf hujan rencana.

2.6 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Hidrograf merupakan kurva yang memberikan hubungan antara parameter aliran dan waktu. Parameter tersebut bisa berupa kedalaman aliran (elevasi) atau debit aliran, sehingga terdapat dua macam hidrograf yaitu hidrograf muka air dan hidrograf debit. Metode Hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Metode ini relatif sederhana, mudah penerapannya, tidak memerlukan data yang kompleks dan memberikan hasil rancangan yang cukup teliti. Di daerah di mana data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintetik yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS.

Nakayasu dari Jepang telah mengamati hidrograf satuan pada beberapa sungai Jepang (Soemarto, 1987). Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti:

- Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (time of peak).
- Tenggak waktu dari titik berat hujan sampai berat hidrograf (time lag).
- Tenggang waktu hidrograf (time base of hydrograph).

Kemudian Nakayasu membuat persamaan empiris hidrograf satuan sintetik sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{A \cdot R_0}{3,6 \cdot \{0,3 \cdot T_p + T_{0,3}\}}$$

$$t_g = 0,4 + 0,058 L \text{ untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$t_g = 0,21 L_{0,7} \text{ untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$T_r = 0,5 t_g$$

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

$$T_{0,3} = t_g$$

Keterangan:

Q_p = debit puncak banjir (m³/detik)

A = luas DAS (m²)

R_0 = hujan satuan (mm)

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

t_g = waktu konsentrasi (jam)

T_r = satuan waktu dari curah hujan (jam)

L = panjang sungai utama (m)

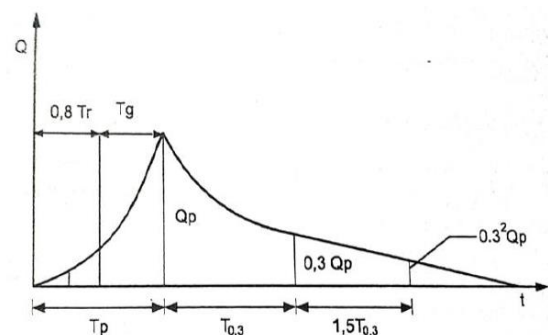
α = koefisien karakteristik DAS

Nilai α berdasarkan kondisi daerah dibagi 3 (Soemarto, 1987:169)

$\alpha = 1,5$; untuk bagian naik hidrograf lambat dan menurun cepat

$\alpha = 2$; untuk daerah pengaliran biasa

$\alpha = 3$; untuk bagian naik hidrograf cepat dan menurun lambat



Gambar 1. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu
(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2015)

Ordinat hidrograf pada bagian sisi naik dan sisi turun digabung selanjutnya dihitung volume limpasan yang diperoleh dengan penjumlahan dari perkalian antara ordinat hidrograf satuan dengan interval waktu hidrograf dapat dihitung dengan persamaan 3.34 sebagai berikut:

$$V = (Q_t + Q_{t+1}) \times (T_{t+1} - T_t) \times 0,5 \times 60 \times 60$$

Keterangan:

V = volume limpasan (m³)

Q_t = debit banjir awal (m³/detik)

Q_{t+1} = debit banjir selanjutnya (m³/detik)

T_t = waktu awal (jam)

T_{t+1} = waktu selanjutnya (jam)

Kedalaman hujan diperoleh dari pembagian antara volume limpasan dan luas DAS yang nilainya harus sama dengan 1. Jika kedalaman hujan tidak sama dengan 1, maka dilakukan koreksi terhadap hidrograf satuan dengan

mengalikan faktor koreksi dengan volume limpasan dengan persamaan sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{\text{Kedalaman hujan}}$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan yang dimaksud adalah pengumpulan literatur dari pengertian ini, literatur berfungsi untuk:

- Membantu penggunaanya dalam mencari informasi yang diperlukan.
- Memperkuat informasi yang diperoleh dari analisis atau hipotesa.
- Informasi tambahan sebagai pelengkap suatu informasi.

sebagai referensi yang menjadi landasan teori, serta sebagai langkah pelaksanaan. Tahap persiapan ini akan memberikan gambaran tentang langkah-langkah yang diambil selanjutnya untuk kemudian dijadikan sebagai tahapan penelitian.

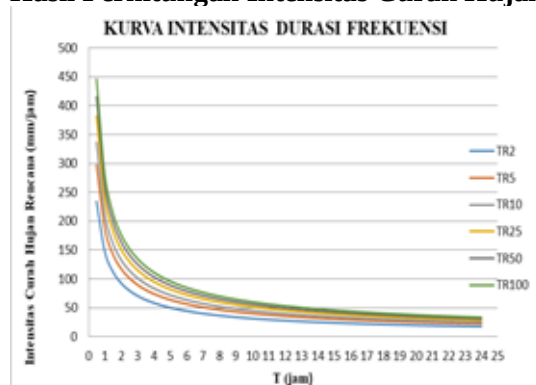
3.2 Metode Analisis Data

Metodologi adalah cara atau langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisa dan menyelesaikan suatu permasalahan. Langkah-langkah atau metode yang digunakan dalam menganalisis debit banjir dan kapasitas penampang ini meliputi :

- Survei Lokasi Penelitian
- Pengumpulan Data
- Analisis Data
- HEC-RAS

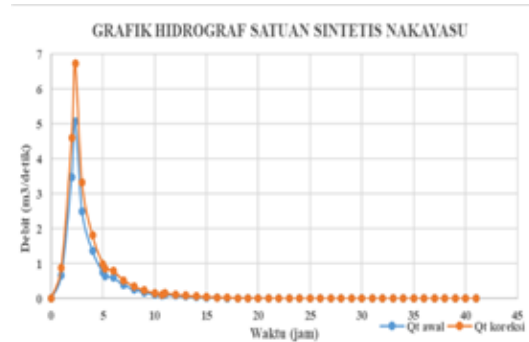
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan



Gambar 2. Kurva Intensitas Durasi Frekuensi
(Sumber: Data Analisis Pribadi, 2021)

Hasil Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

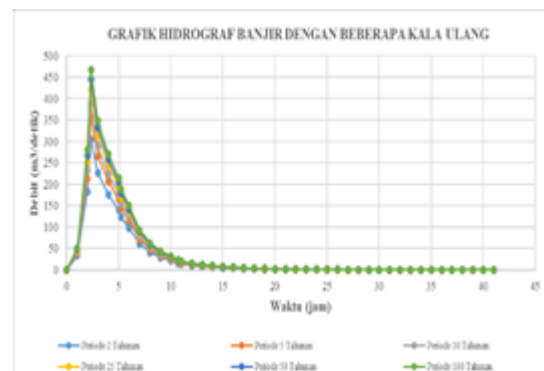


Grafik 3. HSS Nakayasu Awal dan Koreksi
Sumber: Data Analisis Pribadi, 2021

Hasil perhitungan debit banjir rancangan untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 100 tahun dengan metode HSS Nakayasu terlampir dan hasil hidrograf banjir rancangan dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 1. Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan HSS Nakayasu

Kala Ulang (Tahun)	Rn (mm)	Qt (m3/detik)
2	68,290	303,715
5	80,118	356,318
1	86,939	386,651
2	94,740	421,348
5	100,069	445,047
1	105,048	467,190



Gambar 4. Grafik Hidrograf Banjir dengan Beberapa Kala Ulang
(Sumber: Data Analisis Pribadi, 2021)

Hasil Analisis Kapasitas Penampang

Dalam perhitungan analisis kapasitas penampang aliran Sungai Tenggang ini, daerah yang diukur untuk dijadikan sebagai contoh penampang berada di Sungai Tenggang. Data yang diperlukan berupa data luas dan keliling

setiap stasiun, elevasi dasar, jarak setiap stasiun, dan koefisien manning.

Tabel 2. Hasil Penentuan Luas Penampang Basah dan Keliling Basah

No	Penampang	A (luas tampang basah) m ²	P (keliling basah) m'
1	sta 200	49,14	25,44
2	sta 400	47,32	24,22
3	sta 600	47,24	24,04
4	sta 800	44,58	22,88
5	sta 1000	41,76	22,76
6	sta 1200	39,1	20,5
7	sta 1400	40,86	22,36
8	sta 1600	41,52	21,62
9	sta 1800	42,02	21,92
10	sta 2000	36,84	19,54

Tabel 3. Hasil Perhitungan Kapasitas Debit Penampang Sungai Tenggang

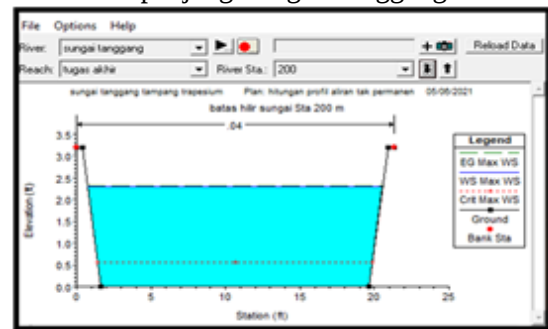
Profil	Kemiringan (S)	Kecepatan Aliran (V)	Debit Tampang (Q)
	%	m/detik	m ³ /detik
200	0,017	4,981	244,754
400	0,002	1,513	71,605
600	0,004	2,320	109,614
800	0,002	1,744	77,753
1000	0,000	0,838	34,987
1200	0,001	0,860	33,616
1400	0,001	0,836	34,141
1600	0,005	2,591	107,582
1800	0,003	1,929	81,054
2000	0,003	1,929	81,054

Dari perhitungan kapasitas debit tampang di atas, STA 200 merupakan penampang terbesar yang dapat menampung debit sebesar 244,754 m³/s, sedangkan penampang sungai tersempit adalah STA 1200 yang hanya dapat menampung debit sebesar 33,616 m³/s.

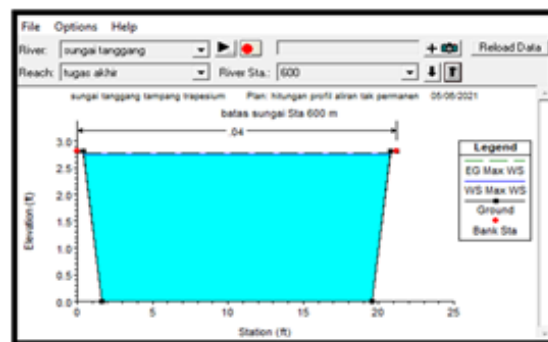
Hasil Output Software HEC-RAS

Analisis hidraulika dimaksudkan untuk mengetahui elevasi muka air banjir untuk berbagai nilai debit banjir rencana. Penelitian ini menggunakan Software HEC-RAS untuk mempermudah dalam menganalisis debit banjir

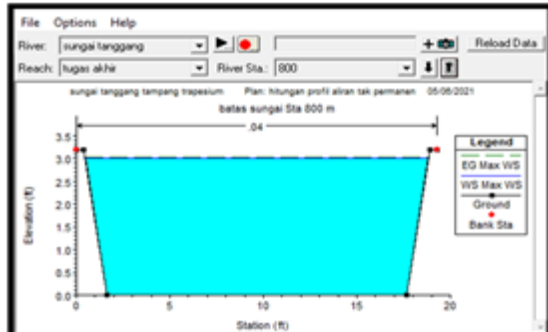
rancangan serta disajikan secara visual seperti tampang sungai, tinggi muka air dan banjir rancangan serta dapat juga ditampilkan tinggi muka air sepanjang Sungai Tenggang.



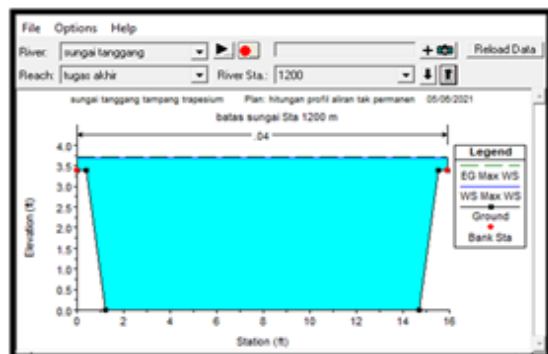
Gambar 5. Hasil Pemodelan *Unsteady Flow* Pada STA 200



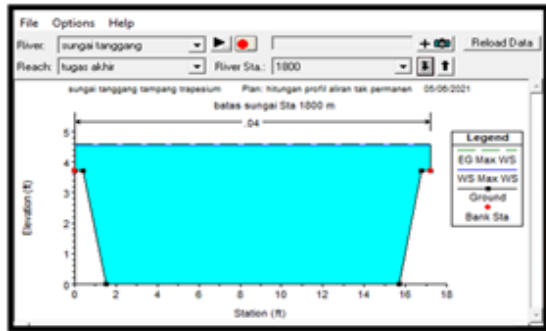
Gambar 6. Hasil Pemodelan *Unsteady*



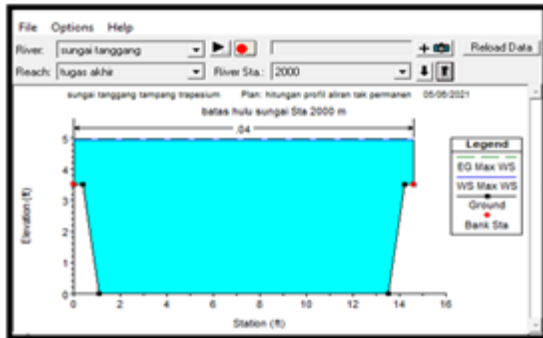
Gambar 7. Hasil Pemodelan *Unsteady Flow* Pada STA 800



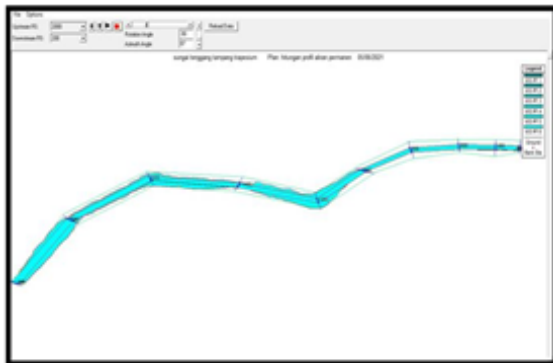
Gambar 8. Hasil Pemodelan *Unsteady Flow* Pada STA 1200



Gambar 9. Hasil Pemodelan Unsteady Flow Pada STA 1800



Gambar 10. Hasil Pemodelan Unsteady Flow Pada STA 2000



Gambar 11. Hasil Pemodelan Aliran Sungai Tenggang

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data tentang “Analisis Debit Banjir Rancangan Dan Pengaruhnya Terhadap Kenaikan Muka Air Banjir Dengan Menggunakan *Software* Hec-Ras 4.1.0 (Studi Kasus: Sub-DAS Sungai Tenggang Semarang)” dan sesuai dengan rumusan masalah yang ada dapat diambil beberapa kesimpulan. Kesimpulan tersebut dipaparkan sebagai berikut:

- Hasil perhitungan debit banjir rancangan aliran Sungai Tenggang dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dan menghasilkan debit banjir maksimum sebesar 303,715 m³/detik untuk kala ulang 2 tahun, 356,318 m³/detik untuk kala ulang

5 tahun, 386,651 m³/detik untuk kala ulang 10 tahun, 421,348 m³/detik untuk kala ulang 25 tahun, 445,047 m³/detik untuk kala ulang 50 tahun, dan 467,190 m³/detik untuk kala ulang 100 tahun.

- Pada hasil permodelan dengan *Software* HEC-RAS menunjukkan bahwa debit banjir rancangan sampai dengan kala ulang 100 tahun untuk *unsteady flow* terjadi limpasan di sekitar aliran sungai tersebut dan terdapat tinggi muka air akibat luapan dari Sungai Tenggang Kota Semarang. Pada STA 200 terdapat nilai muka air sebesar 2,2 m, untuk STA 400 terdapat nilai muka air sebesar 2,5 m, untuk STA 600 terdapat nilai muka air sebesar 2,8 m, untuk STA 800 terdapat nilai muka air sebesar 3 m, untuk STA 1000 terdapat nilai muka air sebesar 3,3 m, untuk STA 1200 terdapat nilai muka air sebesar 3,8 m, untuk STA 1400 terdapat nilai muka air sebesar 4 m, untuk STA 1600 terdapat nilai muka air sebesar 4,3 m, Sedangkan untuk STA 1800 terdapat luapan air yang cukup tinggi sebesar 4,5 m, dan sedangkan untuk STA 2000 memiliki tinggi muka air akibat luapan yang cukup tinggi

6. DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Gede Putra, “Tahapan Perhitungan Tinggi Muka Air Di Sungai”, Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana. 2016.
- Agus, Indra, “Modifikasi Persamaan Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Terhadap Hidrograf Satuan Observasi DAS Ciliwung Hulu”, Rekayasa Sipil Volume III No 2. 2007
- Hasibuan, S.H., “Analisa Debit Banjir Sungai Bonai Kabupten Rokan Hulu Menggunakan Pendekatan Hidrograf Satuan Nakayasu”, Jurnal Aptek Volume 4 No 1, 2009.
- Istiarto, Modul Pelatihan “Simulasi Aliran 1 Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS”, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2014.
- Sihotang. L.T, Syahrizal & Ivan Indrawan, “Analisa Kapasitas Pengendalian Bajar dengan Perbandingan Metode HSS, HEC-HMS, dan HEC-RAS di Daerah Aliran Sungai Sei Sikambang, Kabupaten Deli Serdang”, Universitas Sumatra Utara, Sumatra Utara.
- Siregar, Frengki Parulian, “Analisis

- Pengendalian Debit Banjir Sungai Padang di Kota Tebing Tinggi”, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area, Medan, 2017.
- Soemarto, C.D, “Hidrologi Teknik (Edisi 2)”, Jakarta: Erlangga, 1995.
- Surentu, Anugerah A.J. “ Analisa Debit Banjir Sungai Ranoyapo di Desa Lindangan, Kecamatan Tompaso Baru, Kabupten Minahasa Selatan”, Jurnal Sipil Statik, Volume 4 No 11, 2016
- Syakuri, Irvan, “Analisis Debit Banjir Rancangan dan Kapasitas Tampang Sungai Kali Gendol Antara Plumbon sampai Kejambon”, Universitas Islam Indonesia,, Yogyakarta, 2013
- Triatmodjo, Bambang, “Hidraulika I”, Yogyakarta: Beta Offset, 1996
- Triatmodjo, Bambang, “Hidraulika I”, Yogyakarta: Beta Offset, 1996
- Triatmodjo, Bambang, “Hidrologi Terapan”, Yogyakarta : Beta Offset, 2008.
- Widiya, “Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Wulan dengan Menggunakan Program HEC-RAS”, 2008.
- Yuniastiti, Nurita, “Prakiraan Debit Banjir Rencana Dalam Analisis Kapasitas Tampung Banjir Kanal Barat, Provinsi DKI Jakarta”, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2012.