

ANALISIS ARUS BALIK AIR PADA SALURAN DRAINASE PRIMER NGESTIHARJO DAN KARANGWUNI KABUPATEN KULON PROGO DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAHAPAN LANGSUNG

Chandra Wibisono¹⁾, Adi Yusuf Muttaqien²⁾, Rintis Hadiani³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)} Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126.Telp: 0271647069. Email : chandrawibisono@hotmail.com

Abstract

River is a large water flow and extends continuously flowing from upstream to downstream which it can be utilized by creature. River can function well if in a stable condition. If the state of the river is not maintained and no special handling, the river can cause flood that can harm humans. The aim of this study is to prevent flood by knowing the water surface profile drainage channel and backwater. Water surface profiles are known can be used as a reference in the improvement and arrangement the channel as well as the consideration for the construction of waterworks result of overflow of water exceeds the existing embankment. This research was conducted in two primary drainage channel in the area Wates is the primary drainage channel Ngestiharjo and Karangwuni, which is always in danger of flooding as a result of the meeting in the mouth of the channel by the Serang. Channel water surface profile analysis will be done using the direct method and program phases Hydraulic Engineering Center - River Analysis System (HEC-RAS). Discharge used in the calculation is the maximum discharge that occurs in the primary drainage channel Ngestiharjo and Karangwuni, in which the calculation is taken from rainfall data between the years 2004-2013. Primary drainage channel Ngestiharjo and Karangwuni including the sloping surface flow pattern classification / profile M (Mild) for basic slope of the channel is greater than the critical slope. The maximum value of the drainage channel yn Ngestiharjo occurred in December is 2,174 m, with smaller yc value is 1,436 m. While the value of yn maximum drainage channel Karangwuni also occurred in December in the amount of 2,107 m, with smaller yc value is 1,453 m. This flow pattern occurs because the primary drainage channel downstream Ngestiharjo and Karangwuni submerged in Serang River that in a given month is greater water depths. The calculation result shows that the flow of water through the reverse flow of water drainage channels Ngestiharjo biggest occurred in January with a length of 1347 m. While the drainage channel Karangwuni, the largest water backflow also occurs in August with a length of 1034.32 m. Based on the analysis by HEC-RAS program, it can be seen that the water level that occurred profile higher than the dike around. Therefore, the necessary planning doors valve at the meeting point between the primary drainage channel Ngestiharjo and Karangwuni with the Serang and repair embankments along the channel, so that the floods caused by the reverse flow of water or as a result of increasing water depth normal channels that occur during the rainy season can be avoided.

Keywords : back water, flood, flow profile of river, direct step, HEC-RAS.

Abstrak

Sungai merupakan tempat aliran air besar dan memanjang yang mengalir secara terus menerus dari hulu ke hilir yang dapat dimanfaatkan makhluk hidup. Sungai dapat berfungsi dengan baik apabila dalam keadaan stabil. Apabila keadaan sungai tidak terpelihara dan tidak ada penanganan khusus, sungai dapat menimbulkan bencana banjir yang dapat merugikan manusia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencegah terjadinya banjir dengan cara mengetahui profil muka air permukaan saluran drainase dan arus balik air. Profil muka air yang diketahui dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan perbaikan dan pengaturan tata ruang saluran serta pertimbangan untuk pembangunan bangunan air akibat dari meluapnya air melebihi tanggul yang ada. Penelitian ini dilakukan pada dua saluran drainase primer di daerah Wates yaitu saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni, yang selalu terancam bahaya banjir akibat dari pertemuan di muara saluran dengan sungai Serang. Analisis profil muka air saluran akan dilakukan dengan menggunakan metode tahapan langsung dan program *Hydraulic Engineering Center – River Analysis System (HEC-RAS)*. Debit yang digunakan dalam perhitungan adalah debit maksimum yang terjadi di saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni, dimana perhitungannya diambil dari data hujan antara tahun 2004-2013. Saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni termasuk pada penggolongan pola aliran permukaan landai / profil M (Mild) karena kemiringan dasar saluran lebih besar dari kemiringan kritis. Nilai yn maksimum pada saluran drainase Ngestiharjo terjadi pada bulan Desember yaitu 2,174 m, dengan nilai yc lebih kecil yaitu 1,436 m. Sedangkan nilai yn maksimum pada saluran drainase Karangwuni juga terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 2,107 m, dengan nilai yc lebih kecil yaitu 1,453 m. Pola aliran ini terjadi dikarenakan pada hilir saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni terendam dalam Sungai Serang yang pada bulan tertentu kedalaman airnya lebih besar. Hasil perhitungan arus balik air menunjukkan bahwa arus balik air terbesar pada saluran drainase Ngestiharjo terjadi pada bulan Januari dengan panjang 1347 m. Sedangkan pada saluran drainase Karangwuni, arus balik air terbesar juga terjadi pada bulan Agustus dengan panjang 1034,32 m. Berdasarkan hasil analisis dengan program HEC-RAS, dapat dilihat bahwa profil muka air yang terjadi lebih tinggi dibandingkan tanggul di sekitar. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan pintu Klep pada titik pertemuan antara saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni dengan sungai Serang dan perbaikan tanggul di sepanjang saluran, sehingga banjir akibat arus balik air atau akibat dari bertambahnya kedalaman air normal saluran yang terjadi pada saat musim hujan dapat dihindari.

Kata Kunci: arus balik air, banjir, profil aliran sungai, tahapan langsung, HEC-RAS.

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi keberlangsungan makhluk hidup, terlebih manusia. Terdapat aliran air besar dan memanjang yang mengalir secara terus menerus dari hulu ke hilir yang dapat dimanfaatkan makhluk hidup di sekitarnya, yang biasa disebut dengan sungai.

Sungai dapat berfungsi dengan baik apabila sungai berada dalam keadaan stabil. Namun, apabila keadaan sungai tidak terpelihara dan tidak ada penanganan khusus, sungai dapat menimbulkan sesuatu yang merugikan manusia seperti banjir.

Sungai Serang merupakan salah satu sungai utama di Kabupaten Kulon Progo. DAS Serang mempunyai luas DAS ± 280 km² dengan panjang sungai utamanya ± 28 km. Sebagai sungai utama, Sungai Serang memegang peranan yang penting, yaitu sebagai saluran drainase buangan air irigasi dan air hujan yang mengalirkan air buangan langsung menuju ke laut.

Saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni merupakan saluran drainase utama yang terletak di Kecamatan Wates Kabupaten Kulonprogo. Luas saluran drainase primer Ngestiharjo $\pm 3,43$ km² dengan panjang saluran 2,375 km. Sedangkan saluran drainase primer Karangwuni mempunyai luas $\pm 4,263$ km² dengan panjang saluran 3,075 km. Saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni berfungsi membuang atau mengalirkan air menuju sungai Serang. Menurut keterangan warga sekitar, setiap musim hujan sering terjadi banjir pada titik pertemuan muara saluran akibat dari debit maksimum saluran drainase primer yang tidak dapat teralirkan secara lancar menuju sungai Serang. Hal ini disebabkan debit sungai Serang juga dalam kondisi maksimum, dan ketinggian muka air sungai Serang juga bertambah sehingga air yang berasal dari sungai Serang mendorong mundur air dari saluran drainase primer. Terjadilah luapan air yang menggenangi daerah pemukiman dan pertanian di lingkungan sekitar.

Meluapnya air ini terjadi akibat pengaruh pasang surut di muara sungai. Pada saat permukaan air induk sungai melebihi ketinggian permukaan air saluran drainase primer, alirannya berbalik dari induk sungai masuk kembali menuju saluran drainase primer. Tentunya hal ini dapat berpengaruh terhadap saluran drainase yang bermuara ke sungai itu sendiri, yaitu terjadinya banjir karena meluapnya air yang seharusnya dibuang ke laut. Peristiwa ini disebut arus balik air (*backwater*).

Salah satu upaya pencegahannya adalah dengan mempelajari pengetahuan tentang pola aliran dan profil permukaan saluran. Tujuannya untuk mengetahui adanya kenaikan muka air saluran, dimana profil muka air yang telah diketahui dapat dijadikan pertimbangan dalam perencanaan bangunan air pada saluran drainase tersebut.

Metode yang dapat digunakan untuk perhitungan pola aliran meliputi metode integrasi grafis dan numerik, metode tahapan langsung, serta metode tahapan standar. Metode tersebut bertujuan untuk mempermudah seseorang dalam menggambarkan profil muka air. (Amiroh Lina Fauziyyah, 2014).

Selain itu, analisis pola aliran juga dapat dilakukan dengan menggunakan software *Hydrologic Engineering Center-River Analysis Sistem* (HEC-RAS). Simulasi dengan software HEC-RAS bertujuan untuk mengetahui profil memanjang Sungai Serang, anak sungainya dan saluran drainase, elevasi muka air maksimum, kecepatan aliran, serta membuat modifikasi penampang sungai sebagai upaya penanganan banjir yang terjadi.

Penelitian ini dilakukan untuk membantu mempertimbangkan perencanaan bangunan air. Bangunan air yang direncanakan adalah tanggul dan pintu air. Tanggul merupakan konstruksi yang dibuat untuk mencegah air sungai Serang tidak meluap kembali ke daerah sekitar saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni yang mengakibatkan daerah pertanian dan pemukiman tergenang. Analisis profil muka air ini dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan menggunakan HEC-RAS 4.1.0 dan metode tahapan langsung.

LANDASAN TEORI

Tujuan utama penelitian ini merupakan untuk mengetahui profil aliran, dimana dari profil aliran tersebut dapat diketahui tindakan pencegahan yang harus dilakukan. Analisis profil aliran yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan dua metode yaitu menggunakan metode tahapan langsung dan menggunakan *software* HEC-RAS 4.1.0. Metode tahapan langsung menganalisis profil aliran dengan membagi saluran menjadi bagian-bagian saluran yang pendek sehingga bisa dianggap saluran yang seragam, lalu menghitung secara bertahap dari ujung yang satu ke ujung lainnya. Selain menggunakan metode konvensional, profil aliran dapat diketahui dengan HEC-RAS. *Software* HEC-RAS ini dikembangkan untuk mempermudah perhitungan hidrolika yang mencakup empat komponen hitungan, yaitu: profil muka air aliran permanen, simulasi aliran tak permanen, transpor sedimen, serta hitungan kualitas air. HEC-RAS merupakan *software* yang mengintegrasikan fitur *graphical user interface*, analisis hidraulik, manajemen, dan penyimpanan data, grafik serta pelaporan.

TAHAPAN PENELITIAN

Mengumpulkan Data

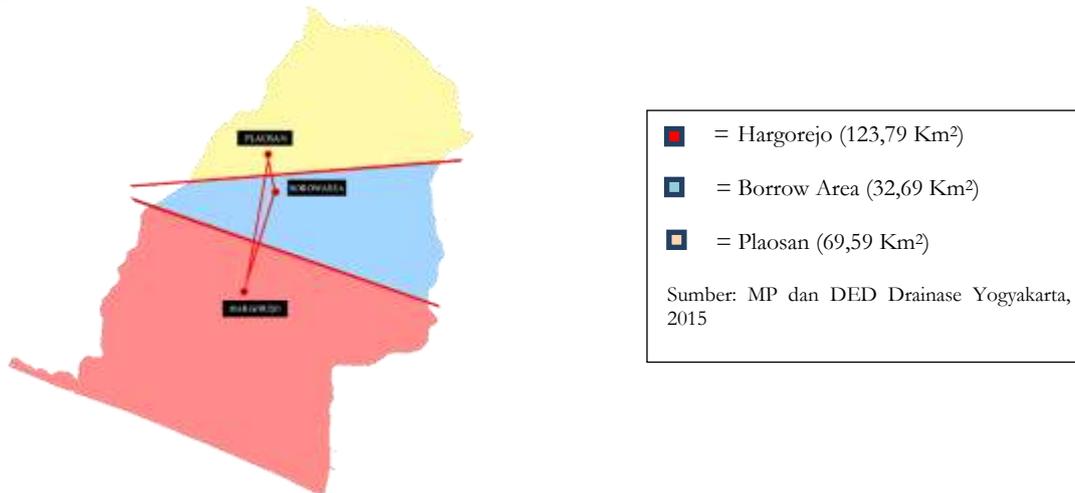
Pengumpulan data penelitian dilakukan untuk menunjang analisis arus balik pada saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni. Data yang dikumpulkan berupa data hujan pada DAS Serang pada tahun 2004-2013, data potongan melintang, potongan memanjang saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni, peta situasi alur saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni, peta situasi, dan AWLR Sungai Serang. Data diambil dari Balai Pengelolaan Sumber Daya Air, Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, dan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Cipta Karya D.I.Y.

Uji Kepanggahan Hujan

Uji kepenggahan menggunakan metode kurva massa ganda dengan menggunakan grafik tipe scatter dengan mencari nilai determinan R^2 . Data hujan suatu stasiun hujan dianggap pangkah jika kumulatif hujan tahunan suatu stasiun terhadap rata-rata kumulatif hujan tahunan stasiun lain yang berkaitan sehingga memiliki nilai $R^2 \approx 1$.

Hujan Wilayah

Data hujan biasanya didapat pada alat penakar hujan yang biasanya terletak pada titik-titik tertentu. Suatu daerah yang memiliki area yang luas tidak dapat diwakilkan oleh satu alat penakar saja sehingga perlu digambarkan dengan menggunakan rata-rata curah hujan kawasan. Metode yang digunakan adalah metode *polygon Thiessen*. Sebaran hujan wilayah pada DAS Serang berdasarkan sebaran wilayah tiap stasiun hujan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sebaran wilayah hujan tiap stasiun hujan DAS Serang

Setelah mengetahui luasan sebaran wilayah hujan DAS Serang selanjutnya menentukan koefisien *Thiessen* untuk masing-masing stasiun hujan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Thiessen untuk stasiun Hargorejo, Plaosan, Borrow Area.

No	Nama Stasiun	Luas DAS (A_i) (km ²)	Koefisien Thiessen (C_i) (%)
1	Hargorejo	123.79	54.77
2	Plaosan	69.59	30.79
3	Borrow Area	32.65	14.44
Jumlah		226.03	100

Intensitas Curah Hujan

Sifat umum hujan adalah semakin singkat hujan berlangsung cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya. Pada penelitian ini data hujan yang didapat adalah data hujan harian, karena itu intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus mononobe. Pada penelitian ini menggunakan tinjauan durasi hujan selama dua jam-an.

Analisis Profil Aliran dan Arus Balik Air

Analisis profil aliran dan arus balik air menggunakan dua metode yaitu metode tahapan langsung dan *software* HEC-RAS 4.1.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data

Data debit saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni yang digunakan adalah pada tahun 2004-2013, sedangkan pada Sungai Serang menggunakan data debit maksimum bulan Januari-Desember antara tahun 2011-2013. Hasil hitungan debit saluran drainase primer Ngestiharjo dan Karangwuni dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Debit saluran drainase primer Ngestiharjo

Bulan	Debit (m ³ /dtk)	Bulan	Debit (m ³ /dtk)
Januari	18,85	Juli	7,09
Februari	15,86	Agustus	2,5
Maret	21,9	September	11,77
April	16,77	Oktober	16,15
Mei	14,42	November	25,76
Juni	15,7	Desember	26,03

Tabel 3. Debit saluran drainase primer Karangwuni

Bulan	Debit (m ³ /dtk)	Bulan	Debit (m ³ /dtk)
Januari	23,41	Juli	8,81
Februari	26,88	Agustus	3,11
Maret	27,19	September	14,62
April	20,82	Oktober	20,05
Mei	18,43	November	31,98
Juni	19,49	Desember	32,32

Perhitungan luas basah penampang dapat dilakukan dengan mengetahui data penampang sungai berupa lebar dasar saluran (B), kemiringan talud (m) dan ketinggian muka air yang direncanakan. Elevasi dasar saluran digunakan untuk menentukan kemiringan saluran. Kemiringan saluran yang digunakan untuk analisis pada saluran drainase primer Ngestiharjo adalah 0.0011 sedangkan saluran drainase primer Karangwuni adalah 0,0015.

Perhitungan kedalaman normal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Manning $V = \frac{1,49 R^{2/3} S_0}{n}$. Sedangkan kedalaman kritis terjadi pada kondisi bilangan *froude* sama dengan satu, dihitung dengan persamaan $Fr = \frac{V}{\sqrt{gR}} = 1$. Perhitungan dilakukan dengan cara coba-coba dengan memasukkan nilai debit (Q), Manning (n), gravitasi (g), kemiringan talud (m), lebar dasar saluran (B), dan kemiringan dasar saluran (S₀). Kemiringan kritis dapat dihitung dengan berdasarkan persamaan $S_0 = \frac{Q^2}{gR^3}$ dimana kondisi luasan (A) dan jari-jari hidrolis (R) pada kondisi kritis. Hasil hitungan kedalaman kritis dan kemiringan kritis dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Hasil perhitungan kedalaman kritis dan kemiringan kritis saluran drainase Ngestiharjo

Bulan	yc(m)	Sc	Bulan	yc(m)	Sc
Januari	1,22	0,0072	Juli	0,731	0,0081
Februari	1,12	0,0072	Agustus	0,405	0,0095
Maret	1,317	0,007	September	0,958	0,0076
April	1,151	0,0072	Oktober	1,128	0,0073
Mei	1,065	0,0074	November	1,428	0,0068
Juni	1,112	0,0073	Desember	1,436	0,0068

Tabel 5. Hasil perhitungan kedalaman kritis dan kemiringan kritis saluran drainase Karangwuni

Bulan	yc(m)	Sc	Bulan	yc(m)	Sc
Januari	1,218	0,0069	Juli	0,695	0,008
Februari	1,314	0,0068	Agustus	0,369	0,0093
Maret	1,322	0,0068	September	0,934	0,0074
April	1,14	0,0071	Oktober	1,118	0,0071
Mei	1,065	0,0072	November	1,445	0,0066
Juni	1,099	0,0071	Desember	1,453	0,0066

Sedangkan hasil perhitungan kedalaman normal dan rekapitulasi antara kedalaman kritis dan kemiringan kritis dari bulan Januari-Desember dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Rekapitulasi kedalaman normal, kedalaman kritis dan kemiringan kritis saluran drainase Ngestiharjo Karangwuni

Bulan	Nilai yn (S ₀ = 0.0011)	Nilai yc	Sc
Januari	1,882	1,22	0,0072
Februari	1,74	1,12	0,0072
Maret	2,013	1,317	0,007
April	1,785	1,151	0,0072
Mei	1,666	1,065	0,0074
Juni	1,732	1,112	0,0073
Juli	1,197	0,731	0,0081
Agustus	0,715	0,405	0,0095
September	1,518	0,958	0,0076

Tabel 7. Rekapitulasi kedalaman normal, kedalaman kritis dan kemiringan kritis saluran drainase Karangwuni

Bulan	Nilai yn (S ₀ = 0.0015)	Nilai yc	Sc
Januari	1,882	1,22	0,0072
Februari	1,74	1,12	0,0072
Maret	2,013	1,317	0,007
April	1,785	1,151	0,0072
Mei	1,666	1,065	0,0074
Juni	1,732	1,112	0,0073
Juli	1,197	0,731	0,0081
Agustus	0,715	0,405	0,0095
September	1,518	0,958	0,0076

Oktober	1,755	1,128	0,0073
November	2,164	1,428	0,0068
Desember	2,174	1,436	0,0068

Bulan	Nilai yn (So = 0.0015)	Nilai yc	
Januari	1,8	1,218	0,0069
Februari	1,927	1,314	0,0068
Maret	1,938	1,322	0,0068
April	1,699	1,14	0,0071
Mei	1,598	1,065	0,0072
Juni	1,643	1,099	0,0071
Juli	1,093	0,695	0,008
Agustus	0,622	0,369	0,0093
September	1,422	0,934	0,0074
Oktober	1,667	1,118	0,0071
November	2,097	1,445	0,0066
Desember	2,107	1,453	0,0066

Analisis Profil Aliran dan Arus Balik Air Metode Tahapan Langsung

Perhitungan arus balik air dihitung dari ujung batas hilir saluran, dimana karakteristik hidraulik tersebut diketahui. Perhitungan dimulai dengan *trial* kedalaman aliran hilir saluran (y), *trial* dihentikan jika kedalaman air pada kisaran 1 persen sampai kedalaman normal. Setelahnya akan diperoleh luas basah (A) sehingga kecepatan rata-rata (v), tingginya kecepatan aliran, dan energi spesifik (E) dapat dihitung. Dengan diketahuinya nilai energi spesifik (E) pada setiap kedalaman (y), panjang bagian saluran (Δx) dapat dihitung. Selisih nilai E tampang yang ditinjau dengan nilai E tampang sebelumnya (ΔE),

dibagi dengan selisih kemiringan saluran rata - rata dengan kemiringan gesek rata - rata antar tampang ($So - S_f$). Kemudian panjang arus balik air (x) dapat dihitung dengan menjumlahkan panjang bagian saluran (Δx) dan x sebelumnya. Contoh analisis profil aliran dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Perhitungan profil muka air saat terjadi arus balik air pada saluran drainase Ngestiharjo di bulan Januari

El. Dasar Saluran	El. Muka Air	Kedalaman Air Normal	y	B	An	Pn	Rn	R ^{4/3}	V	$\alpha \cdot V^2 / 2g$	E	ΔE	Sf	Sf rata - rata	So - Sf Rata-rata	Δx	x
9.694	12.91	11.592	3.2	2.5	33.6	19.733	1.703	2.033	0.561	0.016	3.216	0	4.36E-05	0.00E+00	1.10E-03	0	0
9.796	12.914	11.696	3.1	2.5	31.775	19.194	1.655	1.958	0.593	0.018	3.118	0.0981	5.06E-05	4.71E-05	1.05E-03	93.19	93.19
9.899	12.92	11.802	3	2.5	30	18.655	1.608	1.884	0.628	0.02	3.02	0.0978	5.90E-05	5.48E-05	1.05E-03	93.6	186.8
10.003	12.926	11.908	2.9	2.5	28.275	18.117	1.561	1.81	0.667	0.023	2.923	0.0975	6.92E-05	6.41E-05	1.04E-03	94.11	280.91
10.107	12.933	12.015	2.8	2.5	26.6	17.578	1.513	1.737	0.709	0.026	2.826	0.0971	8.14E-05	7.53E-05	1.03E-03	94.73	375.64
10.212	12.941	12.123	2.7	2.5	24.975	17.04	1.466	1.665	0.755	0.029	2.729	0.0966	9.64E-05	8.89E-05	1.01E-03	95.52	471.16
10.318	12.951	12.233	2.6	2.5	23.4	16.501	1.418	1.593	0.806	0.033	2.633	0.096	1.15E-04	1.06E-04	9.94E-04	96.51	567.67
10.426	12.964	12.346	2.5	2.5	21.875	15.963	1.37	1.522	0.862	0.038	2.538	0.0952	1.37E-04	1.26E-04	9.74E-04	97.8	665.47
10.535	12.979	12.461	2.4	2.5	20.4	15.424	1.323	1.452	0.924	0.044	2.444	0.0943	1.66E-04	1.52E-04	9.48E-04	99.47	764.94
10.647	12.997	12.579	2.3	2.5	18.975	14.886	1.275	1.382	0.994	0.05	2.35	0.0932	2.01E-04	1.83E-04	9.16E-04	101.72	866.66
10.762	13.021	12.703	2.2	2.5	17.6	14.347	1.227	1.313	1.071	0.058	2.258	0.0918	2.46E-04	2.24E-04	8.76E-04	104.8	971.46
10.882	13.051	12.833	2.1	2.5	16.275	13.809	1.179	1.245	1.158	0.068	2.168	0.0901	3.04E-04	2.75E-04	8.25E-04	109.19	1080.66
11.01	13.09	12.972	2	2.5	15	13.27	1.13	1.177	1.257	0.081	2.081	0.0879	3.78E-04	3.41E-04	7.59E-04	115.76	1196.41
11.149	13.144	13.126	1.9	2.5	13.775	12.732	1.082	1.111	1.369	0.095	1.995	0.085	4.75E-04	4.26E-04	6.74E-04	126.27	1322.68
11.175	13.156	13.156	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0.0149	4.95E-04	4.85E-04	6.15E-04	24.31	1347
11.234	13.214	13.214	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0	4.95E-04	4.95E-04	6.04E-04	0	1400
11.344	13.324	13.324	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0	4.95E-04	4.95E-04	6.04E-04	0	1500
11.454	13.434	13.434	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0	4.95E-04	4.95E-04	6.04E-04	0	1600
11.564	13.544	13.544	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0	4.95E-04	4.95E-04	6.04E-04	0	1700
11.674	13.654	13.654	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0	4.95E-04	4.95E-04	6.04E-04	0	1800
11.784	13.764	13.764	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0	4.95E-04	4.95E-04	6.04E-04	0	1900
11.894	13.874	13.874	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0	4.95E-04	4.95E-04	6.04E-04	0	2000
12.004	13.984	13.984	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0	4.95E-04	4.95E-04	6.04E-04	0	2100
12.114	14.094	14.094	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0	4.95E-04	4.95E-04	6.04E-04	0	2200
12.224	14.204	14.204	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0	4.95E-04	4.95E-04	6.04E-04	0	2300
12.306	14.287	14.287	1.882	2.5	13.56	12.635	1.073	1.099	1.39	0.099	1.981	0	4.95E-04	4.95E-04	6.04E-04	0	2375

Tabel 9. Perhitungan profil muka air saat terjadi arus balik air pada saluran drainase Karangwuni di bulan Januari

El Dasar Saluran	El Muka Air	Kedalaman Air Normal	y	B	An	Pn	Rn	$R^{4/3}$	V	$a.V^2 / 2g$	E	ΔE	Sf	Sf rata - rata	So - Sf Rata - rata	Δx	x
8.806	12.03	10.63	3.2	4	34.3	18.89	1.82	2.22	0.68	0.02	3.22	0	5.91E-05	0.00E+00	1.48E-03	0	0
8.908	12.034	10.734	3.1	4	32.58	18.42	1.77	2.14	0.72	0.03	3.13	0.0974	6.79E-05	6.35E-05	1.42E-03	68.75	68.75
9.01	12.039	10.839	3	4	30.9	17.96	1.72	2.06	0.76	0.03	3.03	0.0971	7.83E-05	7.31E-05	1.41E-03	68.96	137.71
9.112	12.045	10.945	2.9	4	29.26	17.49	1.67	1.99	0.8	0.03	2.93	0.0966	9.07E-05	8.45E-05	1.40E-03	69.21	206.92
9.215	12.052	11.052	2.8	4	27.66	17.03	1.62	1.91	0.85	0.04	2.84	0.0961	1.05E-04	9.81E-05	1.38E-03	69.53	276.45
9.319	12.06	11.16	2.7	4	26.11	16.56	1.58	1.84	0.9	0.04	2.74	0.0955	1.23E-04	1.14E-04	1.37E-03	69.92	346.37
9.423	12.069	11.269	2.6	4	24.6	16.09	1.53	1.76	0.95	0.05	2.65	0.0948	1.45E-04	1.34E-04	1.35E-03	70.4	416.77
9.528	12.08	11.38	2.5	4	23.13	15.63	1.48	1.69	1.01	0.05	2.55	0.0939	1.71E-04	1.58E-04	1.32E-03	71.02	487.79
9.635	12.094	11.494	2.4	4	21.7	15.16	1.43	1.61	1.08	0.06	2.46	0.0929	2.03E-04	1.87E-04	1.29E-03	71.82	559.61
9.742	12.11	11.61	2.3	4	20.31	14.7	1.38	1.54	1.15	0.07	2.37	0.0916	2.43E-04	2.23E-04	1.26E-03	72.86	632.47
9.852	12.13	11.73	2.2	4	18.96	14.23	1.33	1.47	1.23	0.08	2.28	0.0901	2.93E-04	2.68E-04	1.21E-03	74.25	706.72
9.965	12.155	11.855	2.1	4	17.66	13.77	1.28	1.39	1.33	0.09	2.19	0.0881	3.55E-04	3.24E-04	1.16E-03	76.17	782.89
10.082	12.186	11.986	2	4	16.4	13.3	1.23	1.32	1.43	0.1	2.1	0.0857	4.34E-04	3.94E-04	1.09E-03	78.89	861.78
10.205	12.226	12.126	1.9	4	15.18	12.84	1.18	1.25	1.54	0.12	2.02	0.0827	5.35E-04	4.85E-04	9.96E-04	82.98	944.76
10.337	12.28	12.28	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0.0788	6.67E-04	6.01E-04	8.80E-04	89.56	1034.32
10.435	12.377	12.377	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	1100
10.583	12.525	12.525	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	1200
10.731	12.673	12.673	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	1300
10.879	12.821	12.821	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	1400
11.027	12.969	12.969	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	1500
11.175	13.117	13.117	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	1600
11.323	13.265	13.265	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	1700
11.471	13.414	13.414	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	1800
11.619	13.562	13.562	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	1900
11.767	13.71	13.71	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	2000
11.915	13.858	13.858	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	2100
12.063	14.006	14.006	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	2200
12.211	14.154	14.154	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	2300
12.36	14.302	14.302	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	2400
12.508	14.45	14.45	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	2500
12.656	14.598	14.598	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	2600
12.804	14.746	14.746	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	2700
12.952	14.894	14.894	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	2800
13.1	15.042	15.042	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	2900
13.248	15.19	15.19	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	3000
13.396	15.338	15.338	1.8	4	14	12.37	1.13	1.18	1.67	0.14	1.94	0	6.67E-04	6.67E-04	8.14E-04	0	3100

Panjangnya arus balik air dari bulan Januari-Desember dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10 dibawah ini.

Tabel 6. Rekapitulasi panjang arus balik air di saluran

drainase Ngestiharjo pada bulan Januari-Desember

Bulan	Debit m ³ /dtk	Panjang Arus Balik (m)
Januari	18,85	1347
Februari	15,86	1025,82
Maret	21,9	tidak terjadi arus balik air
April	16,77	159,02
Mei	14,42	760,03
Juni	15,7	tidak terjadi arus balik air
Juli	7,09	tidak terjadi arus balik air
Agustus	2,5	tidak terjadi arus balik air
September	11,77	tidak terjadi arus balik air
Oktober	16,15	tidak terjadi arus balik air
November	25,76	tidak terjadi arus balik air
Desember	26,03	793,91

Tabel 10. Rekapitulasi panjang arus balik air di

drainase Karangwuni pada bulan Januari-Desember

Bulan	Debit m ³ /dtk	Panjang Arus Balik (m)
Januari	23,41	1034,32
Februari	26,88	614,02
Maret	27,19	38,41
April	20,82	266,21
Mei	18,43	595,17
Juni	19,49	15,92
Juli	8,81	6,77
Agustus	3,11	tidak terjadi arus balik air
September	14,62	tidak terjadi arus balik air
Oktober	20,05	tidak terjadi arus balik air
November	31,98	tidak terjadi arus balik air
Desember	32,32	615,68

Software HEC-RAS 4.1.0

Analisis profil aliran dan arus balik air dengan menggunakan *software* HEC-RAS memerlukan data debit, penampang melintang, elevasi muka air hilir yang diperoleh dari metode integrasi numerik. Berikut ini adalah langkah-langkah analisis profil aliran dengan HEC-RAS pada bulan Januari.

1. Pembuatan *File Project*

Langkah pertama yaitu mengatur sistem satuan yang akan digunakan dalam HEC-RAS, untuk mempermudah hitungan maka sistem satuan yang digunakan adalah *System International* (Metric System). Setelah sistem satuan diatur, selanjutnya membuat folder penyimpanan *file project* agar mudah dalam mengelola maka perhitungan tiap bulan dibuat folder baru.

2. Memasukkan Data Geometrik

Data geometri dapat dibuat dengan meniru gambar geometri yang ada sebagai *background* dengan cara memilih menu edit pilih *geometric data*, kemudian pilih menu *bar no enam* dari kiri yang bergambar seperti permukaan bumi, kemudian *add background*. Selanjutnya membuat skema saluran dengan memilih *river reach* dan menggambar saluran dari hulu ke hilir.

Setelah pembuatan skema sungai dan saluran, langkah selanjutnya adalah memasukkan data penampang melintang. Membuat stasioning saluran yang akan di buat, memasukkan data penampang melintang saluran drainase dan sungai sehingga membentuk penampang yang diinginkan, memasukkan jarak antar penampang melintang yang satu dengan penampang melintang selanjutnya dari hilir dengan jarak 100 m, memasukkan nilai *manning* sesuai dengan nilai kekasaran saluran. Pada penelitian ini menggunakan saluran pasangan batu kali sehingga menggunakan nilai *manning* 0,025, *bank station* ditentukan pada jarak paling ujung kanan dan kiri yang dijadikan pembatas saluran drainase, nilai koefisien kontraksi dan ekspansi tidak perlu diubah.

3. Memasukkan Data Hidrolika

Memasukkan data aliran dengan memilih menu edit kemudian pilih *steady flow* data. Masukkan data debit saluran pada kolom PF1, kemudian klik *reach boundary conditions* dan masukkan elevasi muka air hilir pada kondisi kedalaman normal untuk mendapatkan pola aliran saluran drainase primer Gayam. Masukkan elevasi muka air Sungai Serang pada debit maksimum untuk mendapatkan kondisi arus balik air atau tidak. Data aliran dimasukkan tiap bulan dengan dua opsi yaitu pada kondisi kedalaman normal dan pada kondisi debit maksimum sungai utama.

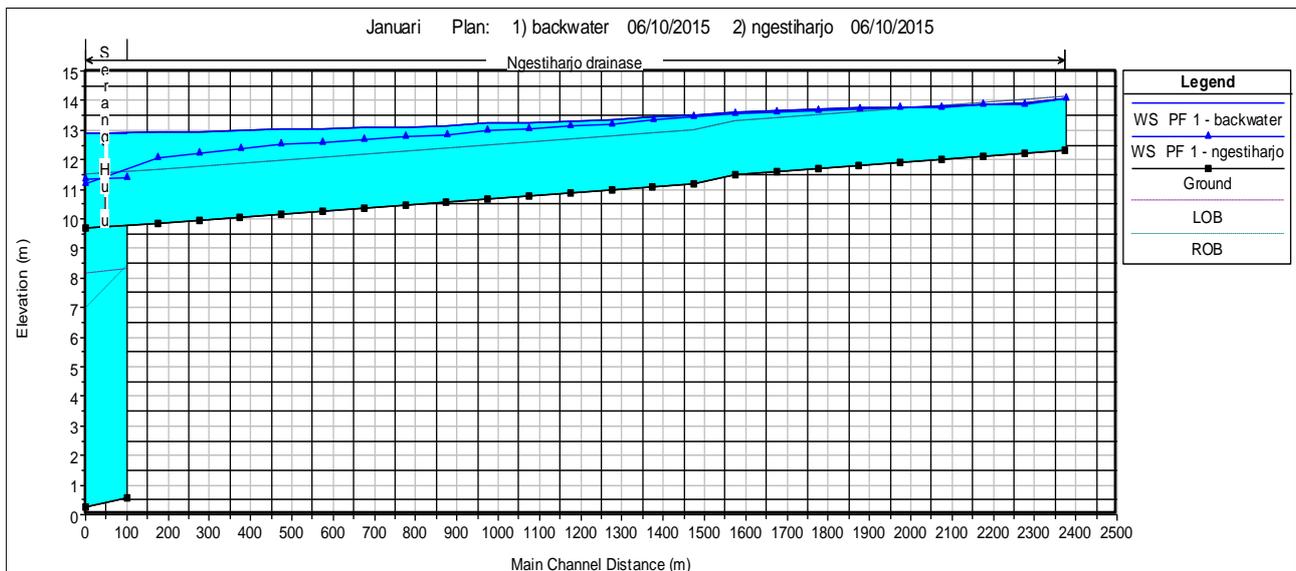
4. *Running* (Analisis)

Langkah analisis aliran *steady* dilakukan dengan memilih *run* kemudian *steady flow analysis* pada menu utama HEC-RAS. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan dua plan yaitu pada kondisi normal dan pada kondisi debit maksimum pada sungai utama. Plan pertama dibuat dengan memilih menu kemudian *new plan*, masukkan plan 1 yaitu pada kondisi air pada kedalaman normal sesuai profil aliran saluran drainase primer Ngestiharjo lalu berikan nama Ngestiharjo. *Geometry file* diisi dengan penampang melintang saluran yang dibuat sebelumnya, dan *steady flow file* diisi dengan *file steady flow* pada kondisi kedalaman normal. *Flow regime* pilih *subcritical*, kemudian klik *compute* untuk memproses. Plan kedua dibuat sesuai plan pertama hanya saja dengan nama plan yang berbeda dan *steady flow file* yang dimasukkan pada kondisi debit maksimum sungai utama, kemudian *compute*.

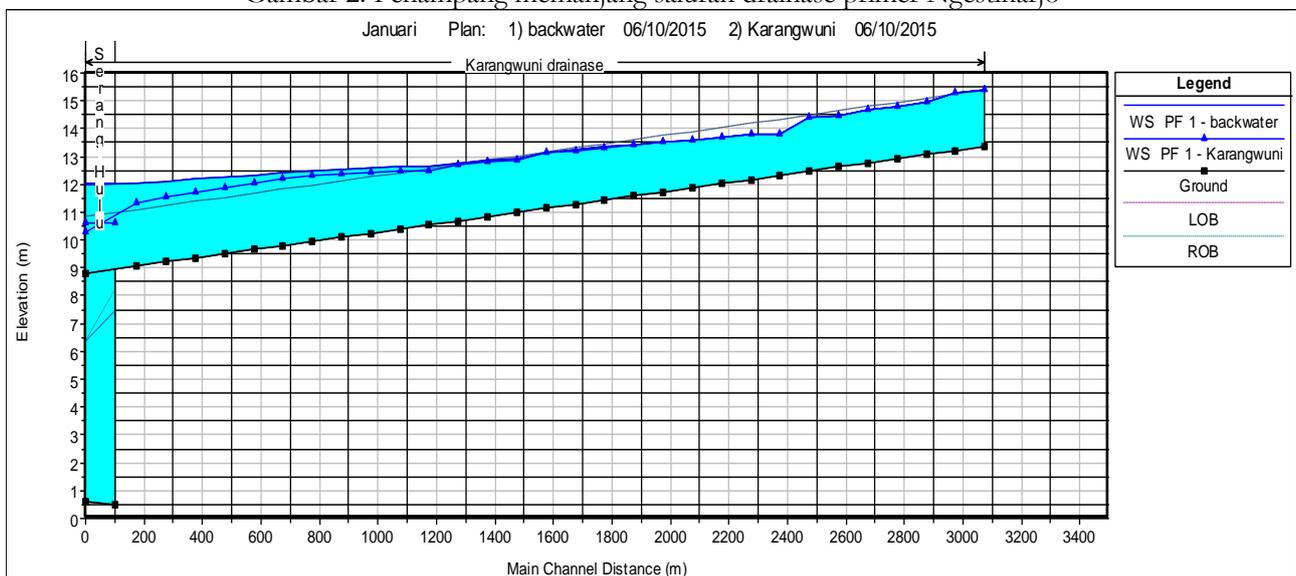
5. Hasil analisis

Hasil analisis program berupa gambar pada penampang melintang dan penampang memanjang serta berupa tabel. Contoh hasil analisis program dapat dilihat berupa penampang melintang. Penampang melintang pada sta 0+000 bulan Januari telah terjadi arus balik air dimana elevasi muka air melebihi tinggi tanggul yaitu sebesar 3,2 m.

Gambar penampang memanjang pada bulan Januari pada kondisi arus balik air dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa elevasi muka air Sungai Serang memasuki saluran drainase primer Ngestiharjo hingga melebihi tanggul saluran drainase primer Ngestiharjo yang digambarkan oleh garis putus – putus warna hijau hingga jarak tertentu berbeda-beda tiap bulan. Kondisi ini menunjukkan adanya arus balik air terjadi pada saluran drainase primer Ngestiharjo.



Gambar 2. Penampang memanjang saluran drainase primer Ngestiharjo



Gambar 3. Penampang memanjang saluran drainase primer Karangwuni

Pembahasan

Analisis profil muka air dimulai dengan menganalisis data hujan antara tahun 2004-2013 dari tiga stasiun yang berada di wilayah DAS Serang. Setelah diuji kepanjangannya, data hujan dapat digunakan untuk menganalisis debit pada saluran drainase Ngestiharjo dan Karangwuni dengan menggunakan metode rasional. Dari analisis perhitungan debit, debit terbesar di saluran drainase Ngestiharjo terjadi pada bulan Desember sebesar 26,03 m³/detik dan debit terkecil terjadi pada bulan Agustus sebesar 2,5 m³/detik. Sedangkan debit terbesar di saluran drainase Karangwuni juga terjadi pada bulan Desember sebesar 32,32 m³/detik dan debit terkecil juga terjadi pada bulan Agustus sebesar 3,11 m³/detik. Perhitungan arus balik air dilakukan menggunakan data debit maksimum yang pernah terjadi pada Sungai Serang setiap bulan antara tahun 2011-2014.

Saluran drainase Ngestiharjo dan Karangwuni termasuk pada penggolongan aliran permukaan landai atau profil Mild (M) karena kemiringan dasar saluran lebih kecil dibandingkan kemiringan kritis. Nilai y_n juga lebih besar daripada y_c pada setiap bulannya. Nilai y_n maksimum pada saluran drainase Ngestiharjo terjadi di bulan Desember sebesar 2,174 m dengan nilai y_c yang lebih kecil sebesar 1,436 m. Nilai y_n maksimum pada saluran drainase Karangwuni juga terjadi di bulan Desember sebesar 2,107 dengan nilai y_c yang juga lebih kecil sebesar 1,453 m.

Untuk perhitungan panjang arus balik air, digunakan kedalaman air maksimum pada Sungai Serang setiap bulan antara tahun 2004-2013. Dari hasil perhitungan, arus balik air paling besar di saluran drainase Ngestiharjo terjadi pada bulan Januari dengan panjang 1347 m. Sedangkan di saluran drainase Karangwuni, arus balik air terbesar terjadi pada bulan Januari dengan panjang 1034,32 m.

Hasil analisis arus balik air tersebut mendukung hasil analisis profil muka air dengan *software* HEC-RAS. Pada bulan Januari di saluran drainase Ngestiharjo, arus balik air yang terjadi berdasarkan perhitungan adalah

sepanjang 1347 m. Hal tersebut kurang sesuai dengan analisis HEC-RAS karena pada hasil running program, arus balik air yang terjadi dari hilir saluran drainase Ngestiharjo adalah sepanjang 1375 m. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan metode tahapan langsung dengan analisis menggunakan program Ms. Excel lebih akurat dengan toleransi kehandalan sebesar 10%.

Berdasarkan hasil analisis program HEC-RAS, dapat diketahui bahwa arus balik air yang terjadi lebih tinggi dibandingkan tanggul. Dengan kondisi seperti ini, harus diadakan perbaikan tanggul di sepanjang saluran drainase Ngestiharjo dan Karangwuni sehingga banjir yang terjadi akibat arus balik air dapat dihindari.

SIMPULAN

Kesimpulan hasil analisis dan pembahasan pola aliran yang terjadi pada saluran drainase Ngestiharjo dan Karangwuni, meliputi :

1. Saluran drainase Ngestiharjo dan Karangwuni termasuk pada jenis pola aliran permukaan landai atau profil Mild (M). Kemiringan dasar sungai lebih kecil dibandingkan kemiringan kritis. Berdasarkan perhitungan kedalaman air, didapat nilai $y > y_n > y_c$ pada setiap bulannya sehingga pola aliran saluran drainase Ngestiharjo dan Karangwuni termasuk dalam jenis pola aliran M-1. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 dimana kurva M-1 mempunyai asimtot dengan kedalaman normal di sebelah hulu dan asimtot dengan horizontal di sebelah hilir. Nilai y_n maksimum pada saluran drainase Ngestiharjo terjadi pada bulan Desember yaitu 2,174 m, dengan nilai y_c lebih kecil yaitu 1,436 m. Sedangkan nilai y_n maksimum pada saluran drainase Karangwuni juga terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 2,107 m, dengan nilai y_c lebih kecil yaitu 1,453 m.
2. Dengan debit yang berbeda, panjang arus balik air yang terjadi juga berbeda setiap bulan. Arus balik air terbesar pada saluran drainase Ngestiharjo terjadi pada bulan Januari dengan panjang 1347 m. Sedangkan pada saluran drainase Karangwuni, arus balik air terbesar juga terjadi pada bulan Januari dengan panjang 1034,32 m.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Adi Yusuf Muttaqien, M.T. dan Dr. Ir. Raden Roro Rintis Hadiani, M.T. yang selama ini telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Chow, Ven Te, 1992, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
- Fauziah, Amiroh Lina, 2014, *Back Water pada Sungai Dengkeng Berdasarkan Metode Tahapan Standar*, Skripsi. Fakultas Teknik UNS, Surakarta.
- Mahawati, Fibria Intan, 2014, *Sedimentasi di DAS Bab Bolon Akibat Tata Guna Laban*, Skripsi. Fakultas Teknik UNS, Surakarta.
- Istiarito, 2011, *Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS Jenjang Dasar : Simple Geometry River*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Loebis, J., 1987, *Banjir Rencana Untuk Bangunan Air*, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Cipta Karya Pengembangan Penyehatan Lingkungan Pemukiman, 2014.
- Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Progo – Opak – Serang, 2010.
- Pratama, Harry Dicknasia, 2012, *Simulasi Profil Muka Air pada Bendung Mrican Menggunakan Program HEC-RAS 4.1.0*, Tugas Akhir. Fakultas Teknik UNY, Yogyakarta.
- Sari, Putri Fitria dkk., 2006, *Penanggulangan Genangan di Hulu Bendung Kalilalang Sungai Gangsa Tegal – Brebes*, Tugas Akhir. Fakultas Teknik Undip, Semarang.
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, ANDI, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 2003, *Hidrolika II, Beta Offset*, Yogyakarta.
- Waskito, Tri Nugroho, 2012, *Evaluasi Pengendalian Banjir Sungai Cibeet*, Thesis. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB, Bandung.
- Wulandari, Dyah Ari dkk., 2010, *Penyelidikan Pola Aliran Embung Samiran dengan Uji Model Hidrologi Fisik*, Jurnal Teknik. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.