

Normalisasi Sungai Cilemer Kabupaten Pandeglang, Banten (Studi Kasus HM 00+00 sampai HM 153+00)

Restu Wigati¹, Intan Afiah Rakhmatika², Woelandari Fathonah³,
Bambang Adhi Priyambodho⁴, Ngakan Putu Purnaditya⁵, Soedarsono⁶

¹⁻⁵Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

⁶Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya

Email: restu.wigati@untirta.ac.id

Diterima redaksi: 29 September 2022 | Selesai revisi: 25 Oktober 2022 | Diterbitkan online: 31 Oktober 2022

ABSTRAK

Seiring dengan perubahan kondisi sungai dan pertumbuhan penduduk, sungai tidak berfungsi secara optimal, sehingga akibat dari perubahan tersebut terjadi banjir dan menimbulkan banyak kerugian. Banjir di Provinsi Banten telah berdampak pada masyarakat, merusak bangunan, lahan persawahan, sarana dan prasarana, lingkungan, dan merugikan tata kehidupan masyarakat khususnya di sungai Cilemer. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya debit banjir rencana untuk kala ulang 100 tahun, untuk mengetahui volume sungai dengan debit banjir yang telah terjadi, dan memberikan solusi yang tepat terhadap permasalahan banjir dari Sungai Cilemer. Analisis curah hujan rencana 177,137 mm, HM 00+00 sampai HM 153+00 dengan 94 segmen penampang melintang sungai tidak dapat menampung debit banjir. Berdasarkan analisis hidraulika, diketahui bahwa kapasitas Sungai Cilemer pada kondisi *existing* tidak mampu mengalirkan debit banjir rencana, sehingga diperlukan upaya pengendalian banjir. Normalisasi sungai dan peninggian tanggul penurunan muka air terjadi rata-rata 45,42 persen dan penurunan debit rata-rata sebesar 12,46 persen.

Kata kunci: Debit Banjir, HEC RAS 5.0.3, Metode HSS Snyder, Metode HSS Nakayasu

ABSTRACT

Along with changes in river conditions and population growth, rivers do not function optimally, so as a result of these changes, flooding occurs and causes many losses. Banten Province floods have impacted the community, damaging buildings, rice fields, facilities and infrastructure, and the environment, harming people's livelihoods, especially in the Cilemer River. This study aimed to determine the magnitude of the planned flood discharge for the 100-year return period, the river's capacity with the flood discharge, and the best solution to the Cilemer River's flooding problem. The flood discharge cannot be accommodated by rainfall plans of 177.137 mm, HM 00+00 to HM 153+00, with 94 cross-sectional river segments. According to the hydraulic analysis, the Cilemer River's capacity in the current conditions cannot drain the planned flood discharge, so flood control efforts are required. River normalization and embankment elevation reduced water level by 45.42 percent on average and discharged by 12.46 percent on average.

Keywords: Flood Discharge, HEC-RAS 5.0.3, Snyder SUH, Nakayasu SUH

1. Pendahuluan

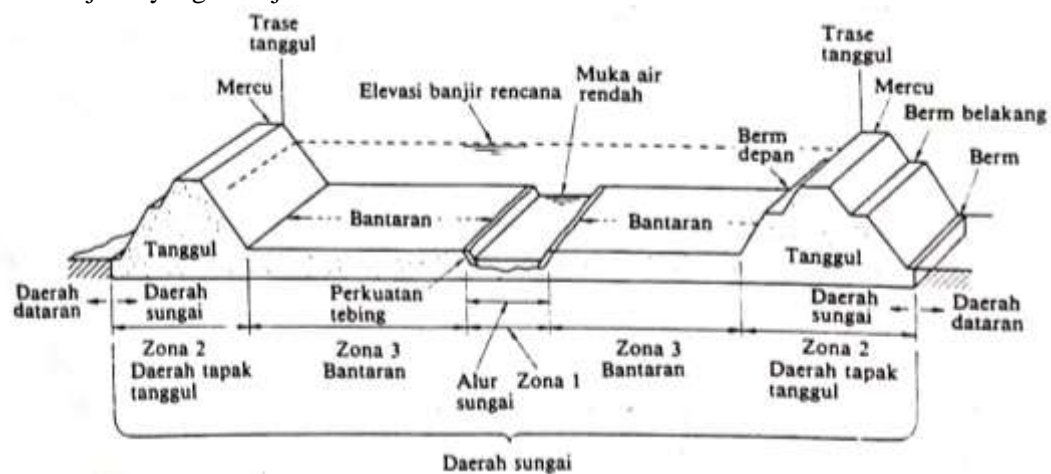
Suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dan dipisahkan berdasarkan topografi yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan aliran air yang berasal dari curah hujan secara alami. Banjir merupakan peristiwa meluapnya air sungai melebihi

kapasitas tampungan sungai dan terjadi genangan pada daerah rendah [1]. Sungai merupakan lintasan alur alami maupun buatan berupa jaringan yang bermula dari hulu sampai ke muara dimana air mengalir pada alur tersebut dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan [2]. Daerah sungai seperti pada



Gambar 1 berikut terdiri dari 3 zona dimana alur sungai merupakan tempat air mengalir sepanjang tahun. Kondisi aman daerah sungai terhadap limpasan atau luapan air sungai jika elevasi muka banjir rencana tidak melewati zona 2 [3]. Sungai Cilemer merupakan satu diantara limapuluh tujuh DAS di Provinsi Banten dengan sungai terpanjang pada DAS Cibungur, aliran sungai yang melintasi Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Lebak. Data studi lapangan dan wawancara penduduk, hampir di setiap tahun aliran Sungai Cilemer meluap sehingga menimbulkan permasalahan banjir. Banjir yang terjadi merendam

permukiman dan area sawah pertanian hingga mencapai sepuluh hari di Kecamatan Pagelaran dan Kecamatan Patia. Letak geografis di sekitar garis khatulistiwa [4], perubahan kondisi sungai serta meningkatnya jumlah penduduk berdampak terhadap fungsi sungai dan mengakibatkan bencana banjir. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kapasitas tampung Sungai Cilimer untuk periode ulang 100 tahun serta penanganan permasalahan banjir yang terjadi pada sungai tersebut.



Gambar 1. Skema Daerah Sungai

2. Tinjauan Pustaka

Kajian banjir Sungai Cilemer sebelumnya telah di analisis guna mengetahui daerah yang terkena dampak, beberapa penelitian dilakukan diantaranya: menggunakan metode *Mean Annual Flood (MAF)*, *Peak over Threshold (POT)*, *Snyder Synthetic Unit Hydrograph*, *Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph* [5], tinjauan data hujan selama 10 tahun data dalam memperkirakan debit banjir rencana Q_{50} yang dikembangkan oleh *Institute of Hydrology (IOH)* menggunakan *software HEC-RAS 5.0.3* dan *ArcGIS 10.2.2*, hasil analisis menunjukkan kapasitas saluran Sungai Cilemer tidak mampu menampung debit rencana sehingga banjir terjadi di Kecamatan Pagelaran, Kecamatan Patia dan perlu dilakukan normalisasi sungai [6] [7] [8]. Normalisasi sungai menjadi salah satu alternatif dalam pengelolaan sumber daya air limpasan permukaan dan sebagai perencanaan pembangunan berkelanjutan. Dibutuhkan

perencanaan kala ulang yang panjang menggunakan data hujan jam-jaman, *Alternating Block Method (ABM)* diperlukan dalam menentukan hujan rencana. Analisis hidraulika diperlukan untuk mengetahui kemampuan kapasitas Sungai Cisimeut dalam mengalirkan debit rencana, meskipun aliran debit dapat direduksi dengan adanya normalisasi tetapi di beberapa lokasi diperlukan perbaikan dengan menambah ketinggian elevasi tanggul dengan harapan luapan aliran Sungai Cisimeut dapat teratasi. Dengan memperbesar kapasitas tampungan Sungai Cisimeut, mampu menurunkan level muka air rata-rata sebesar 1,71 persen dan mereduksi 3,88 persen debit maksimum yang terjadi [9]. Peran serta pemerintah dan masyarakat sangat dibutuhkan dalam upaya menanggulangi banjir berdasarkan peta rawan banjir DAS Ciujung Provinsi Banten. Adanya hubungan keterikatan dan keterkaitan antar variabel disimulasikan menggunakan analisis

Structural Equation Model (SEM) antar responden. Pengaruh terbesar yaitu 0,853 terdapat pada variabel hubungan antara pemerintah dan masyarakat yang menunjukkan bahwa jika pemerintah dan masyarakat bekerja sama menanggulangi banjir maka hasilnya sangat baik. Berbeda jika masyarakat dan pemerintahnya masing-masing menangani banjir [10]. Prosentase area lahan terbuka hijau yang masih kurang dari 30 persen menjadikan salah satu penyebab DAS Ciujung terjadi banjir setiap tahunnya. Kajian efisiensi sumur resapan dinilai mampu mengendalikan limpasan permukaan dengan meresapkan aliran ke dalam tanah sebagai cadangan air tanah. Sebanyak empat ratus ribu jumlah sumur resapan diprediksi mampu mereduksi volume dan debit puncak banjir 74.39 persen [11]. Penelitian tentang banjir dilakukan dengan simulasi HEC-RAS untuk kejadian banjir 10, 20, 25, 50 dan 100 tahun [12] [13] [14], simulasi hasil yang ditampilkan memberikan gambaran berharga bagi pembuat kebijakan dalam merumuskan strategi mitigasi dalam mengatasi dampak buruk banjir yang terjadi [15].

3. Metodologi Penelitian

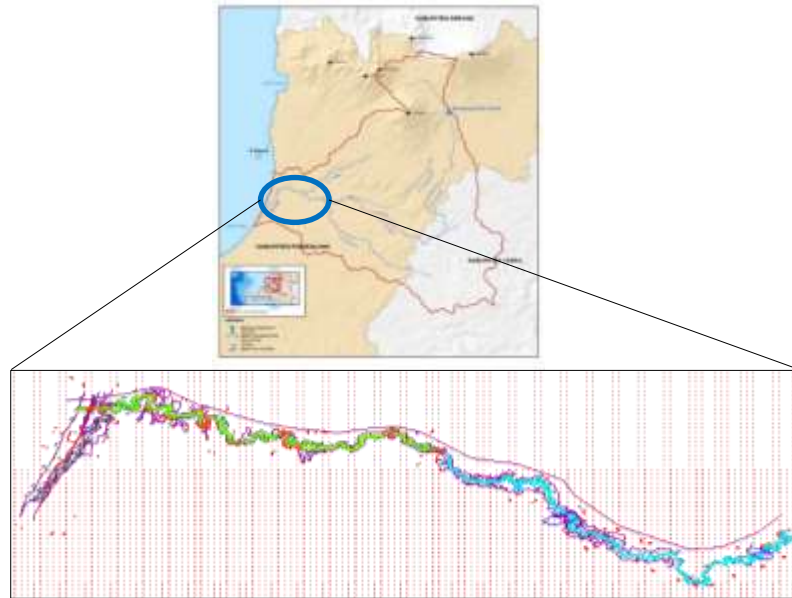
3.1 Lokasi penelitian

Sungai Cilemer yang berada pada DAS Cibungur terletak di Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Lebak. Sungai Cilemer merupakan sungai utama diantara empat anak sungai lainnya, yaitu Sungai Cibungur, Sungai Cisoka, Sungai Cimoyan dan Sungai Cikadueun yang bermuara di Teluk Lada. Tinjauan lokasi (Gambar 2) pada penelitian ini terletak pada bagian Sungai Cilemer Hilir di Kabupaten Pandeglang sepanjang 13 km dengan 94 penampang melintang sungai profil PA – C57.

3.2 Pengumpulan data

Sebagai pendukung dalam melakukan analisa diperlukan beberapa data terkait diantaranya, data primer berupa tanya jawab wawancara dengan pejabat bidang sumber daya air (pengamanan sungai) PUPR Kabupaten Pandeglang, Balai Sumber Daya Air serta

masyarakat sekitar. Observasi lapangan dilakukan dengan penelusuran sungai untuk mengetahui gambaran kondisi sungai seperti pada Gambar 3 berikut. Data sekunder berupa data hujan dengan panjang pencatatan data 10 tahun dari 6 stasiun hujan. Koordinat pos curah hujan (Tabel 1) dan penampang melintang sungai HM 00+00 – HM 153+00 (hilir Bendung Cilemer Kecamatan Bojong sampai Desa Surianeun Kecamatan Pagelaran).



Gambar 2. Peta DAS dan Geometri Data Tinjauan Lokasi Penelitian
 Sumber: SDAP Provinsi Banten



Gambar 3. Situasi Sungai Cilemer

Tabel 1. Koordinat Pos Curah Hujan

Nama Stasiun	Nomor Stasiun	Koordinat		Elevasi (m)
		Lintang	Bujur	
Pandeglang	26	-6,3111	106,1056	253
Cimanuk	22	-6,3504	106,0438	202
Mandalawangi	21	-6,3098	105,8527	423
Pagelaran	07	-6,4319	105,8527	7
Labuan	06	-6,3786	105,8316	16
Cilemer	44 A	-6,4935	106,0154	31

(Sumber: BMKG Stasiun Meteorologi Kelas I Serang)

Pembagian luasan area (Gambar 4) berdasarkan data stasiun hujan dalam menghitung hujan rata-rata DAS menggunakan metode Poligon Thiessen untuk menentukan besarnya pengaruh dari masing-masing pos hujan terhadap daerah pengaliran.

Besarnya pengaruh tersebut ditunjukkan oleh besaran koefisien Thiessen.



Gambar 4. Area Poligon Thiessen Berdasarkan Letak Stasiun Hujan

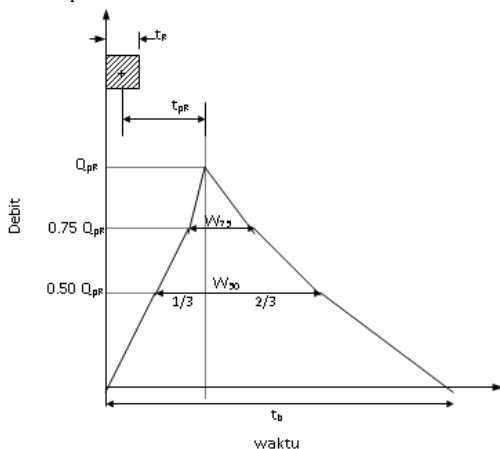
3.3 Penentuan metode perhitungan

Metode penentuan hujan kawasan menggunakan persamaan intensitas curah hujan untuk lama hujan dalam mm/jam. *Hyetograph* rencana yang dihasilkan merupakan hujan yang terjadi dalam n rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi Δt selama waktu $T_d = n \times \Delta t$.

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \quad (1)$$

Snyder Synthetic Unit Hydrograph memiliki tiga parameter berupa lebar dasar *hydrograph*, luasan puncak dan DAS akan cukup untuk memberi batasan bagi *unit hydrograph*.

$$Q_{pR} = q_{pR} \cdot A \quad (2)$$

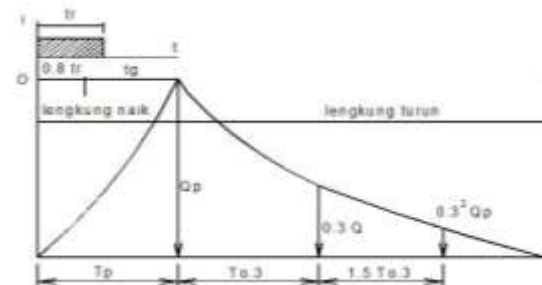


Gambar 5. Snyder Synthetic Unit Hydrograph

Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph yang dikembangkan di Jepang cukup baik untuk

penggunaan di Indonesia dengan koreksi pada debit puncak dan waktu capai puncaknya dan banyak dipakai dalam perencanaan bendungan dan perbaikan sungai

$$Q_p = \frac{C \times A \times R}{3.6 \times (0.3 \times T_p + T_{0.3})} \quad (3)$$



Gambar 6. Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph

4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Distribusi hujan jam-jaman

Berdasarkan persamaan (1) kedalaman hujan dengan periode ulang 100 tahun adalah 177,137 mm. Intensitas hujan untuk $T_d = \Delta t$, $T_d = 2\Delta t$, $T_d = 3\Delta t$ dan seterusnya dengan $\Delta t = 1$ jam. Untuk Tabel 2, kedalaman hujan (kolom 4) adalah perkalian antara intensitas hujan (I_t) dan durasi hujan (T_d). Kumulatif hujan jam-jaman (ΔP) adalah selisih kedalaman hujan yang berurutan pada masing-masing durasi hujan. *Hyetograph* yang dinyatakan dalam persen, diperoleh dengan menempatkan nilai persen hujan tertinggi (P_t) di tengah – tengah durasi hujan yaitu baris 3 kolom 7. *Hyetograph* dalam mm yaitu perkalian antara persen *hyetograph* pada

kolom 7 dengan kedalaman hujan dengan periode 100 tahun.

Tabel 2. Hyetograph Hujan 6 Jam

Td (Jam)	Δt (Jam)	It (mm/Jam)	It.Td (mm)	ΔP (mm)	Pt (%)	Hyetograph	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	(%)	(mm)
1	0-1	61,410	61,410	61,410	0,550	0,067	11,949
2	1-2	38,686	77,372	15,962	0,143	0,100	17,774
3	2-3	29,523	88,569	11,197	0,100	0,550	97,482
4	3-4	24,371	97,482	8,914	0,080	0,143	25,338
5	4-5	21,002	105,010	7,527	0,067	0,080	14,150
6	5-6	18,598	111,058	6,580	0,059	0,059	10,445
Jumlah				111,589	1	1	177,137

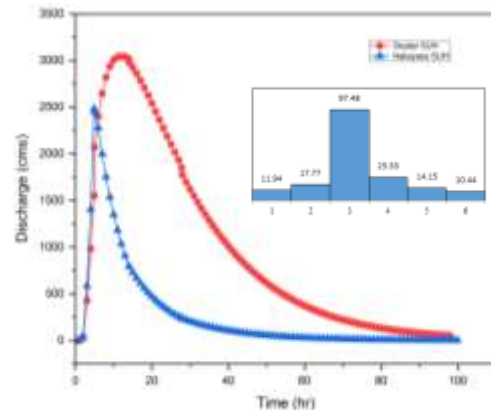
4.2 Debit banjir rencana

Hasil perhitungan debit banjir rencana Snyder Synthetic Unit Hydrograph dan Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph (Gambar 7) memiliki nilai yang berbeda-beda. Ini dapat terjadi karena setiap metode memiliki parameter yang berbeda untuk setiap karakteristik DAS masing-masing.

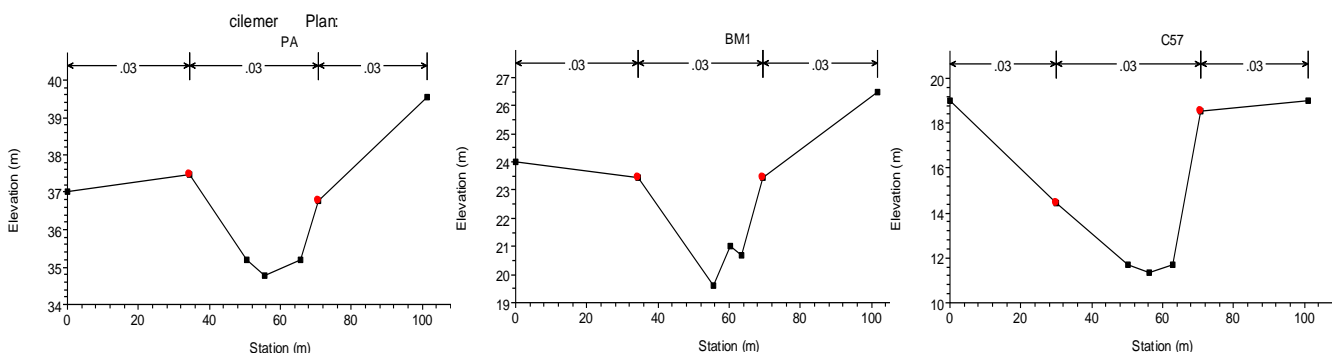
4.3 Profil melintang sungai

Hydrologic Engineering Center- River Analysis System (HEC-RAS) merupakan perangkat lunak sistem analisis sungai yang dikembangkan untuk melakukan perhitungan 1D aliran tunak (steady flow) dan 1D, 2D aliran tak tunak (unsteady flow) [16] [17] [18]. Dengan menggunakan program HEC-RAS 5.0.3 dapat diketahui tinggi muka air pada penampang melintang dan memanjang Sungai

Cilemer dengan debit rencana kala ulang 100 tahun (Q_{100}). Gambar 8 berikut merupakan penampang melintang sungai berdasarkan tiga lokasi tinjauan mewakili hulu-tengah-hilir (sepanjang profil PA-C57).



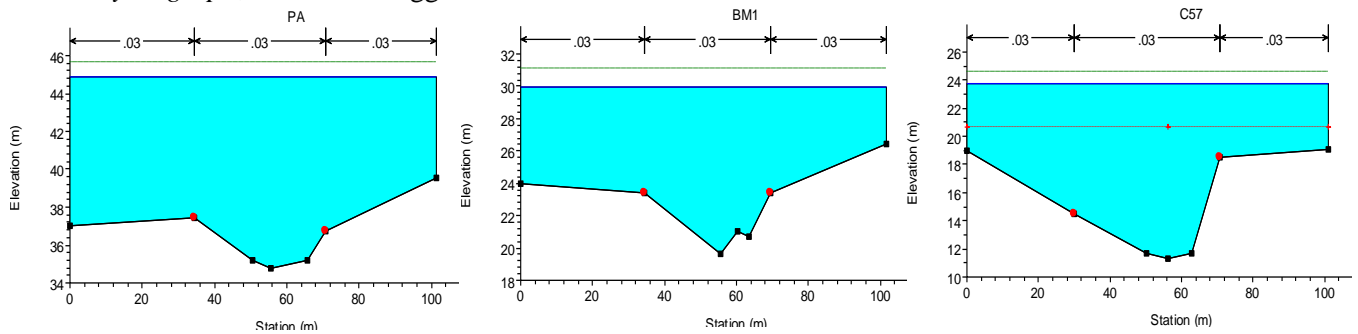
Gambar 7. Debit Rencana Periode Ulang 100 Tahun



Gambar 8. Penampang Melintang Sungai Cilemer untuk Tinjauan Profil PA, BMI dan C57

Pada simulasi aliran tunak (*steady flow*), data debit banjir rencana Q_{100} terpilih menggunakan *Snyder Synthetic Unit Hydrograph*. Untuk simulasi aliran tak tunak (*unsteady flow*) dibutuhkan adalah data debit *hydrograph*, serta data tinggi muka air. Data

elevasi muka air diambil dari pemilihan elevasi muka air yang paling tinggi dari pos hujan yang ada dan selanjutnya dijumlahkan dengan elevasi dasar sungai yang ada di hulu. Hasil simulasi aliran seperti pada Gambar 9 berikut.



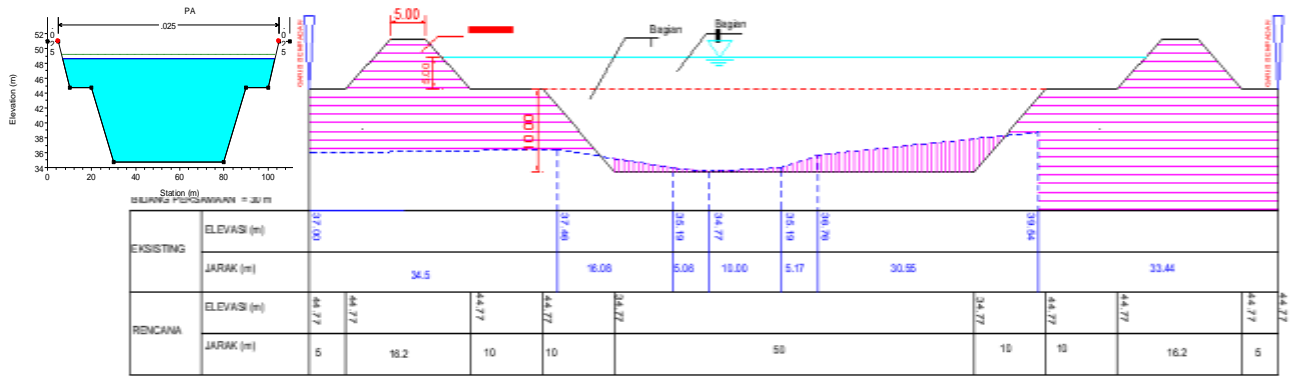
Gambar 9. Hasil Simulasi Aliran Sungai Cilemer untuk Tinjauan Profil PA, BMI dan C57

Perhatikan titik merah pada gambar diatas, titik merah tersebut adalah *main channel bank station*. *Main channel bank station* adalah jarak antara alur utama yaitu titik batas antara LOB dan ROB. *Bank station* ditentukan dengan memasukkan data *station* secara random di bagian *right bank* dan *left bank* merupakan batas dari saluran. Elevasi muka air banjir yang berada di atas *bank station* menandakan terjadi banjir pada segmen tinjauan yang melebihi kapasitas tampung sungai. Kapasitas sungai menjadi faktor utama yang harus diperhatikan oleh pemerintah dalam mengatasi permasalahan banjir [19].

4.4 Analisis Penampang Melintang Sungai

Dimensi ulang (*redesign*) diperlukan sebagai perencanaan untuk melakukan perubahan struktur penampang sungai secara horisontal dan vertikal dengan tujuan untuk menghasilkan manfaat yang lebih baik dari desain semula. Perencanaan ulang dimensi penampang melintang Sungai Cilemer dengan analisa hidraulika, debit rencana dan tinggi muka air yang lebih rendah dari pada dimensi

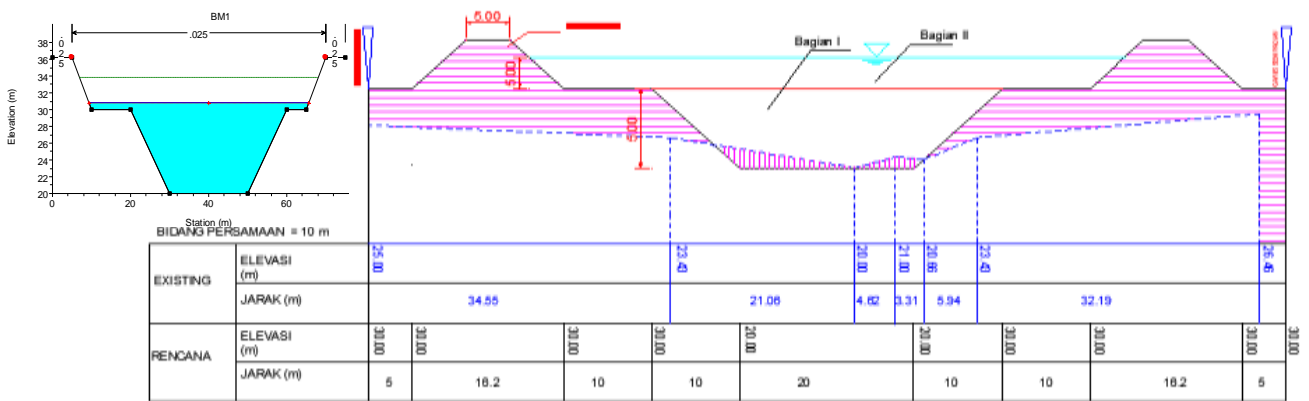
existing sungai sebelumnya. Untuk perencanaan dimensi sungai pada penelitian ini memakai koefisien *Manning* sebesar 0,03. Gambar 10 sampai dengan Gambar 12 berikut merupakan hasil *redesign* penampang melintang sungai untuk tiga lokasi tinjauan dari 94 profil keseluruhan yang dinormalisasi. Dimensi ulang pada normalisasi tinjauan yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan kondisi ideal, hanya mempertimbangkan serta memaksimalkan fungsi dari kapasitas penampang sungai yang direncanakan. Pada *river station* 94 (profil PA) bagian hulu perencanaan prosentase penurunan elevasi muka air sebesar 27,63 persen. Penambahan lebar dasar sungai 30 meter dari lebar semula 20 meter mengakibatkan penurunan elevasi muka air sebesar 14,43 meter dengan elevasi dasar sungai 34,77 meter.



Gambar 10. Dimensi Sungai Rencana Pada Profil PA (hulu)

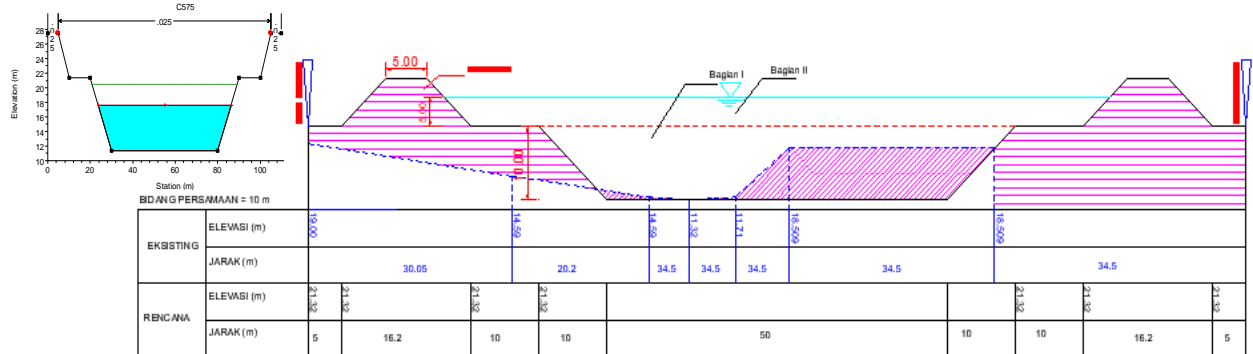
River station 34 (profil BM1) pada bagian tengah tinjauan perencanaan dengan elevasi dasar sungai 20 meter terjadi penurunan debit sebesar 14,244 persen. Perubahan debit yang terjadi diakibatkan perencanaan ulang saluran

majemuk dengan lebar dasar saluran 20 meter setelah dilakukan normalisasi serta penurunan elevasi muka air sebesar 75,24 persen yang semula elevasi muka air berada pada elevasi 45,92 meter turun menjadi 11,37 meter.



Pada river station 1 (profil C57) pada bagian hilir dengan lebar sungai 50 meter, elevasi muka air banjir berada pada elevasi 11,26 meter dengan penurunan debit sebesar 13,91 persen. Berdasarkan dimensi ulang masing-

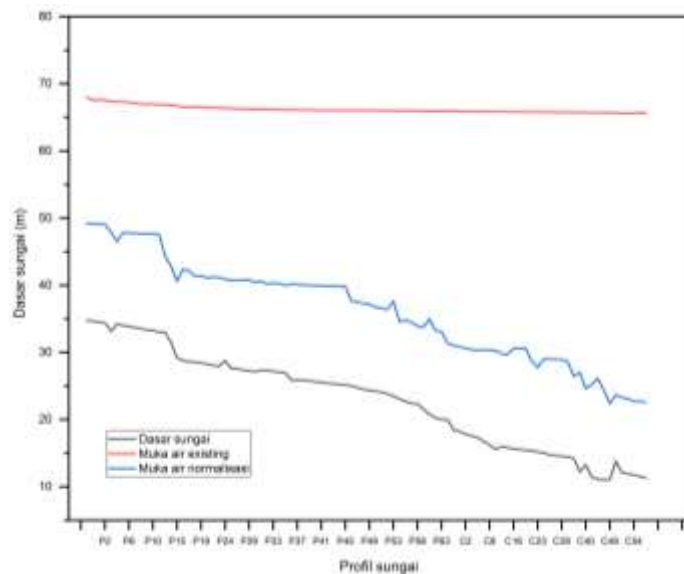
masing penampang melintang disimpulkan bahwa kapasitas debit sungai lebih besar dari debit yang digunakan $Q_{kapasitas} > Q_{rencana}$ maka penampang sungai aman terhadap banjir.



Gambar 12. Dimensi Sungai Rencana Pada Profil C57 (hilir)

Berdasarkan Gambar 13 berikut dapat disimpulkan elevasi muka air banjir setelah normalisasi mengalami penurunan rata-rata sebesar 45,42 persen disepanjang 13 km tinjauan profil PA – C57 dengan memperlebar sungai rata-rata 23,12 m dan adanya tanggul di kiri dan kanan sungai dapat mereduksi tinggi muka air pada kondisi *existing*. Tinggi bantaran sungai pada setiap *cross section*

lebih besar dari elevasi muka air banjir pada saat setelah normalisasi, hal ini menandakan keamanan dari sungai tersebut. Dengan memperlebar dasar sungai kecepatan aliran yang terjadi relatif lebih kecil sehingga berpengaruh terhadap perubahan nilai debit yang mengalami penurunan rata-rata sebesar 12,46 persen.



Gambar 13. Tinjauan Dasar Sungai dan Muka Air pada Penampang Memanjang Sungai

5. Kesimpulan dan Saran

Meluapnya Sungai Cilemer mengakibatkan terjadinya penurunan kemampuan kapasitas sungai pada kondisi *existing* HM 00+00 sampai HM 153+00 dengan 94 segmen penampang melintang (PA hingga C57). Kapasitas penampang sungai tidak mampu menampung debit banjir dengan curah hujan setinggi 177,137 mm. Berdasarkan analisis hidraulika diperlukan upaya pengendalian banjir salah satunya dengan melakukan normalisasi sungai pada semua segmen tinjauan, dengan normalisasi sungai terjadi penurunan profil muka air rata-rata sebesar 45,42 persen serta penurunan debit rata-rata sebesar 12,46 persen. Upaya non-struktural perlu dilakukan dengan mengembalikan fungsi alami sungai dan menerapkan konsep pembangunan sungai berwawasan lingkungan (*eco-hydraulic*) guna menanggulangi banjir, konservasi di daerah hulu serta memperbanyak kolam retensi. Untuk mengefektifkan upaya pengendalian banjir

dengan prinsip *eco-hydraulic* diperlukan pengaturan dari sungai yaitu satu sungai, satu perencanaan dan satu manajemen terintegrasi (*one river, one plan and one integrated management*), dalam menangani segala masalah yang berkaitan dengan sungai harus direncanakan atau ditangani secara menyeluruh dari daerah hulu sampai hilir sungai dengan melibatkan semua unsur masyarakat di wilayah DAS. Regulasi berupa peraturan Pemerintah Daerah perlu di terapkan sebagai bentuk kontrol semua unsur agar lebih disiplin dalam menjaga lingkungan DAS dan juga sebagai pengendalian sosial demi mewujudkan tujuan bersama agar tidak merugikan semua pihak.

6. Daftar Pustaka

- [1] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 2415:2016 - Tata cara perhitungan debit banjir rencana*, 2016.

- [2] *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 Tentang Sungai*, Jakarta: PU, 2011.
- [3] S. Sosrodarsono and T. Masateru, *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*, Jakarta: Pradaya Paramita, 1984.
- [4] S. Oktaviani, "Analisis kekeringan dengan menggunakan metode theory of run studi kasus DAS Ciujung," Skripsi. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, 2015.
- [5] R. Harahap, K. Jeumpa and B. Hadibroto, "Flood discharge analysis with nakayasu method using combination of HEC-RAS method on Deli River in Medan City," in *IOP Conference Series: Journal of Physics*, 2018.
- [6] R. Wigati, W. Fathonah and A. T. Haryono, "Studi analisis banjir Sungai Cilemer berdasarkan SNI 2415:2016 tinjauan data curah hujan dengan kala ulang 50 tahun," *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 8, no. 2, pp. 196-203, 2019.
- [7] R. Wigati, F. S. Arifin and M. D. Lestari, "Analisis Banjir Sub DAS Cilemer HM 0+00 - HM 53+00," *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, vol. 17, no. 2, pp. 134-143, 2020.
- [8] R. Wigati, M. D. Lestari and F. S. Arifin, "Integrasi HEC-RAS dan GIS dalam floodplain mapping Sungai Cilemer HM 53+00-HM 105+00," *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 16, no. 2, pp. 171-178, 2020.
- [9] R. Wigati and Soedarsono, "Analisis Banjir Menggunakan Software Hec-Ras 4.1 (Studi Kasus Sub DAS Cisimeut hilir HM 0+00 sampai dengan HM 69+00)," *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 5, no. 1, pp. 13-23, 2016.
- [10] R. Wigati, A. Maddeppungeng and B. D. Pratiwi, "Kajian alternatif penanggulangan banjir (studi kasus DAS Ciujung bagian hulu, Banten)," *Konstruksia*, vol. 8, no. 2, pp. 9-22, 2017.
- [11] R. Wigati and R. Ichwan, "Teknologi Sumur Resapan dalam Kajian Pemaparan Hidrograf Banjir Sub DAS Ciujung," *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, 2017.
- [12] N. Ongdas, F. Akiyanova, Y. Karakulov, A. Muratbayeva and N. Zinabdin, "Application of HEC-RAS (2D) for flood hazard maps generation for Yesil (Ishim) river in Kazakhstan," *Water*, vol. 12, no. 2672, pp. 1-20, 2020.
- [13] P. K. Parhi, "Flood management in Mahanadi Basin using HEC-RAS and Gumbel's extreme value distribution," *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A 99*, no. 4, pp. 751-755, 2018.
- [14] M. Al-Zahrani, A. Al-Areeq and H. Sharif, "Flood analysis using HEC-RAS model: a case study for Hafr Al-Batin, Saudi Arabia," in *E3S Web of Conferences*, 2016.
- [15] A. Husain, M. Sharif and M. L. Ahmad, "Simulation of Floods in Delhi Segment of River Yamuna Using HEC-RAS." *Am. J. Water Resour* 6 (2018): 162-168., *American Journal of Water Resources*, vol. 6, no. 4, pp. 162-168, 2018.
- [16] US Army Corps of Engineers, in *HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual Version 5.0*, State of California, US Army Corps of Engineers—Hydrologic Engineering Center, 2016.
- [17] G. W. Brunner, "HEC-RAS river analysis system 2D modeling user's manual," US Army Corps of Engineers—Hydrologic Engineering Center, 2016, pp. 1-171.
- [18] G. W. Brunner and CEIWR-HEC, "HEC-RAS, River Analysis System User's Manual; CPD-68, Version 5.0.," Davis, CA, USA, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 2016.
- [19] R. M. S. Prastica, C. Maitri, A. Hermawan, P. C. Nugroho, D. Sutjiningsih and E. Anggraheni, "Estimating design flood and HEC-RAS modelling approach for flood analysis in

Bojonegoro city," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 316, no. 1, p. 012042, 2018.