

Studi Penanggulangan Banjir Kali Lamong Terhadap Genangan di Kabupaten Gresik

Gemma Galgani Tunjung Dewandaru, dan Umboro Lasminto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: umboro_hydro@yahoo.com

Abstrak—Kali Lamong berada di Propinsi Jawa Timur. Bagian hulu Kali Lamong terletak di Kabupaten Lamongan dan Mojokerto, sedangkan bagian hilirnya berada di perbatasan Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik, serta bermuara di Selat Madura. Daerah Aliran Kali Lamong memiliki luas ± 720 km², dengan panjang alur sungai ± 103 km. Debit Kali Lamong cenderung besar, namun tidak mampu dialirkan dengan baik, sehingga air sungai meluap dan mengakibatkan Kabupaten Gresik mengalami banjir hampir setiap tahun. Untuk menangani permasalahan banjir tersebut, dalam tugas akhir ini dilakukan studi mengenai permasalahan banjir Kali Lamong dan upaya penanggulangannya. Dalam studi ini, dilakukan analisis hidrologi, analisis hidrolika dan analisis penanggulangan banjir. Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan analisis pengendalian banjir dengan waduk. Berdasarkan analisis tersebut, terjadi penurunan debit banjir dari Q25 = 460,282 m³/detik, menjadi Q25 = 223,9 m³/detik. Meskipun debit telah turun, namun masih terjadi luapan pada penampang Kali Lamong. Oleh karena itu, dilakukan analisis penanggulangan banjir dengan perbaikan penampang sungai dan peninggian tanggul, sehingga luapan Kali Lamong di Kabupaten Gresik dapat teratasi.

Kata Kunci—Kabupaten Gresik, Kali Lamong, normalisasi, studi banjir, waduk

I. PENDAHULUAN

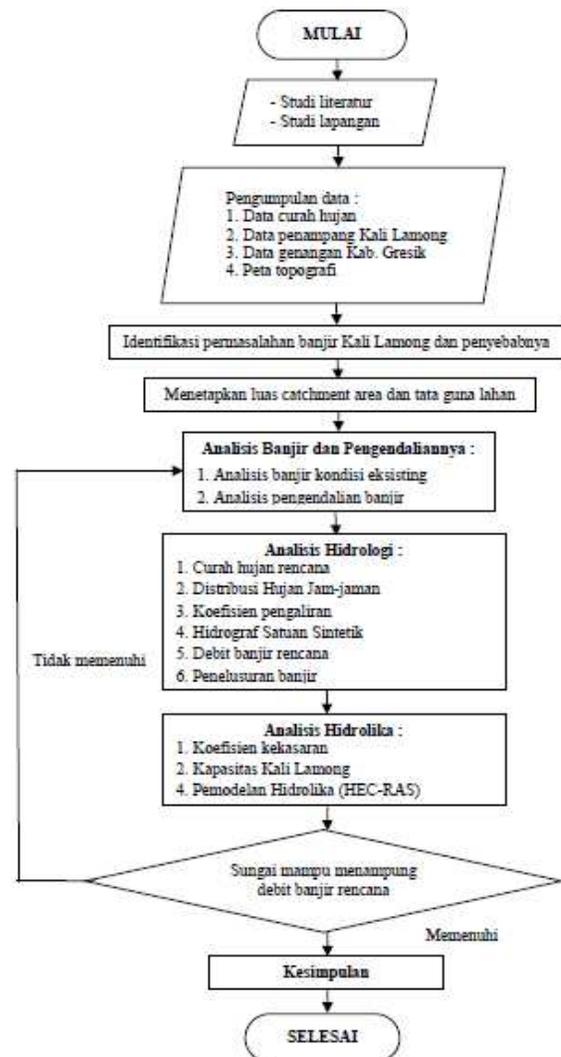
KALI Lamong memiliki luas Daerah Aliran Sungai (DAS) ± 720 km² dengan panjang alur sungai ± 103 km. Bagian hulu Kali Lamong terletak di daerah Kabupaten Lamongan dan Kabupaten Mojokerto, yang berawal dari pegunungan Kendeng, sedang bagian hilirnya berada di perbatasan antara Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik, serta bermuara di Selat Madura. Kali Lamong memiliki beberapa anak sungai, seperti Kali Gondang, Kali Cermenlerek, Kali Menganti dan Kali Iker-iker[1].

Pada musim hujan, debit Kali Lamong cenderung besar. Namun, besarnya debit ini tidak mampu dialirkan dengan baik, sehingga air sungai meluap dan mengakibatkan banjir di hampir setiap tahun. Banjir akibat luapan Kali Lamong itu biasa terjadi ketika Gresik, Lamongan dan Mojokerto mengalami hujan deras. Banjir tersebut mengakibatkan tergenangnya desa, sawah, dan jalan. Berdasarkan data kejadian banjir Kali Lamong milik Dinas PU Pengairan Jawa Timur, banjir akibat luapan Kali Lamong di Kabupaten Gresik, terutama terjadi di Kecamatan Benjeng, Balongpanggang, Cerme, dan Menganti[2].

Pemerintah Kabupaten Gresik sudah melakukan beberapa

perbaikan dengan meninggikan jalan raya dan memberi tanggul di daerah-daerah rawan banjir. Namun banjir masih tetap terjadi, meskipun tidak separah sebelumnya[2]. Oleh karena itu, untuk menanggulangi banjir secara tuntas dan efektif, diperlukan studi yang diharapkan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan di Kali Lamong. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan studi mengenai permasalahan banjir Kali Lamong dan upaya penanggulangannya.

II. METODE



Gambar 1 Diagram alir metode yang digunakan dalam studi penanggulangan banjir Kali Lamong terhadap genangan di Kabupaten Gresik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Hidrologi

Tabel 1 menunjukkan curah hujan rata-rata maksimum daerah aliran Kali Lamong, yang dianalisis berdasarkan data curah hujan harian dari Stasiun Bluluk, Stasiun Ngimbang, Stasiun Benjeng, dan Stasiun Cerme. Data curah hujan 10 tahun, yaitu Tahun 2003 sampai 2012, dianalisis dengan metode Poligon Thiessen. Metode tersebut dipilih karena stasiun-stasiun hujan tersebut, tidak tersebar secara merata[3].

Tabel 1. Curah hujan rata-rata maksimum DAS Lamong Tahun 2003 – 2012 (diurutkan dari nilai terbesar ke nilai terkecil)

No	Tahun	R ₂₄ (mm)
1	2012	84,63
2	2006	68,28
3	2005	64,72
4	2009	60,71
5	2011	58,57
6	2010	56,45
7	2003	53,71
8	2008	48,36
9	2004	48,26
10	2007	47,99

Tabel 2 menunjukkan kesimpulan analisis statistika dari data curah hujan rata-rata maksimum daerah aliran Kali Lamong. Pada perhitungan parameter statistik, diperoleh $C_s = 1,258$ dan $C_k = 5,616$, untuk distribusi Normal, Gumbel, dan Pearson Tipe III; serta $C_s = 0,854$ dan $C_k = 4,516$, untuk distribusi Log Pearson Tipe III, dan Log Normal. Berdasarkan hasil tersebut, dipilih dua metode distribusi yang memenuhi sifat-sifat khas parameter statistiknya, yaitu distribusi Pearson Tipe III dengan C_s dan C_k yang fleksibel; dan distribusi Log Pearson Type III dengan $0 < C_s < 9$ [4].

Persamaan Distribusi	Sifat Distribusi		Perhitungan		Ket
	C _s	C _k	C _s	C _k	
Normal	0	3	1,258	5,616	Not OK
Gumbel	1,139	5,402	1,258	5,616	Not OK
Pearson Tipe III	fleksibel	fleksibel	1,258	5,616	OK
Log Pearson Tipe III	0 < C _s < 9		0,854	4,516	OK
Log Normal	C _s ≠0 C _s =3C _v +C _v =0,133		0,854	4,516	Not OK

Tabel 3 menunjukkan kesimpulan uji kecocokan distribusi dari data curah hujan rata-rata maksimum daerah aliran Kali Lamong. Berdasarkan tabel nilai kritis Uji Chi-Kuadrat, diperoleh nilai kritis untuk derajat kebebasan (dk) = 4-2-1 = 1, dan derajat kepercayaan (α) = 5% adalah $X^2 = 3,841$ [3,4]. Pada perhitungan uji Chi-Kuadrat untuk distribusi Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III, diperoleh $Xh^2 = 0,4$. Jadi, $Xh^2 < X^2$, yaitu $0,4 < 3,841$, sehingga persamaan distribusi Pearson Tipe III dan Log Pearson Tipe III dapat diterima.

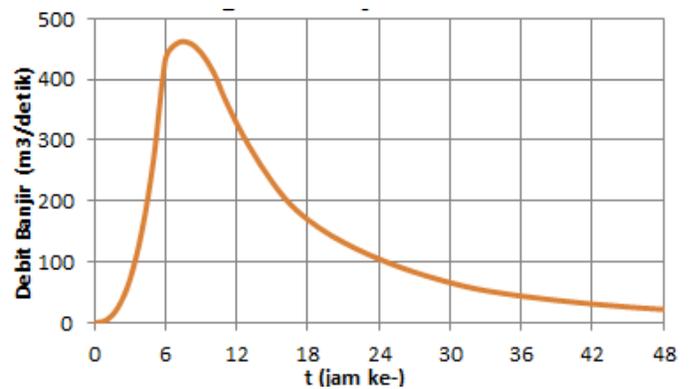
Berdasarkan Tabel Nilai Kritis D_0 Uji Smirnov-Kolmogorov, untuk derajat kepercayaan 5% dan $N = 10$, diperoleh nilai D_0 sebesar 0,41[5]. Pada perhitungan uji Smirnov-Kolmogorov untuk distribusi Pearson Tipe III, diperoleh $D_{max} = 0,102$, sedangkan untuk distribusi Log Pearson Tipe III, diperoleh $D_{max} = 0,102$. Jadi, $D_{max} < D_0$, sehingga persamaan distribusi Pearson Tipe III dapat diterima.

Persamaan Distribusi	Kesimpulan Uji Kecocokan Distribusi							
	Uji Kecocokan						Ket	
	Chi - Kuadrat			Smirnov - Kolmogorov				
	Xh ²	<	X ²	Ket	D _{max}	<	D ₀	
Pearson Tipe III	0,4	<	3,841	OK	0,102	<	0,41	OK
Log Pearson Tipe III	0,4	<	3,841	OK	0,122	<	0,41	OK

Tabel 4 menunjukkan kesimpulan tinggi curah hujan daerah aliran Kali Lamong. Berdasarkan uji kecocokan distribusi, diketahui bahwa kedua metode distribusi memenuhi syarat uji kecocokan distribusi. Oleh karena itu, curah hujan rencana ditentukan berdasarkan curah hujan tertinggi yang diperoleh dari hasil perhitungan kedua metode distribusi.

Tabel 4. Curah Hujan Rencana Periode Ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun

Periode Ulang (Tahun)	\bar{X}	Kemencengan (C _s)	k	S	$X_T = \bar{X} + kS$ (mm)
2	59,167	1,258	-0,204	11,368	56,852
5	59,167	1,258	0,724	11,368	67,4
10	59,167	1,258	1,339	11,368	74,39
25	59,167	1,258	2,099	11,368	83,027
50	59,167	1,258	2,649	11,368	89,282
100	59,167	1,258	3,184	11,368	95,366



Gambar 1. Hidrograf banjir Kali Lamong periode ulang 25 tahun.

Oleh karena hujan terpusat di Indonesia tidak lebih dari tujuh jam, maka durasi optimum hujan rencana Kali Lamong ditentukan selama lima jam[1]. Berdasarkan data guna lahan, diperoleh koefisien pengaliran dari daerah aliran Kali Lamong adalah 0,514. Berdasarkan koefisien pengaliran dan curah hujan rencana, dilakukan perhitungan distribusi curah hujan efektif selama durasi hujan. Berdasarkan karakteristik daerah aliran Kali Lamong, dibuat hidrograf satuan sintetik

nakayasu. Berdasarkan distribusi curah hujan efektif dan hidrograf satuan tersebut, dilakukan perhitungan debit banjir rencana untuk masing-masing periode ulang. Untuk periode ulang 25 tahun, diperoleh $Q_{25} = 460,282 \text{ m}^3/\text{detik}$, dengan kurva hidrograf ditunjukkan dalam Gambar 1.

B. Analisis Hidrolika

Dalam Tugas Akhir ini, analisis hidrolika dilakukan dengan menggunakan program bantu HEC-RAS. Dalam analisis hidrolika, terdapat dua jenis aliran yaitu steady flow dan unsteady flow. Steady flow adalah aliran yang komponen alirannya, yaitu kecepatan dan debit, tidak berubah terhadap waktu, sedangkan unsteady flow merupakan aliran yang komponen alirannya berubah terhadap waktu[6].

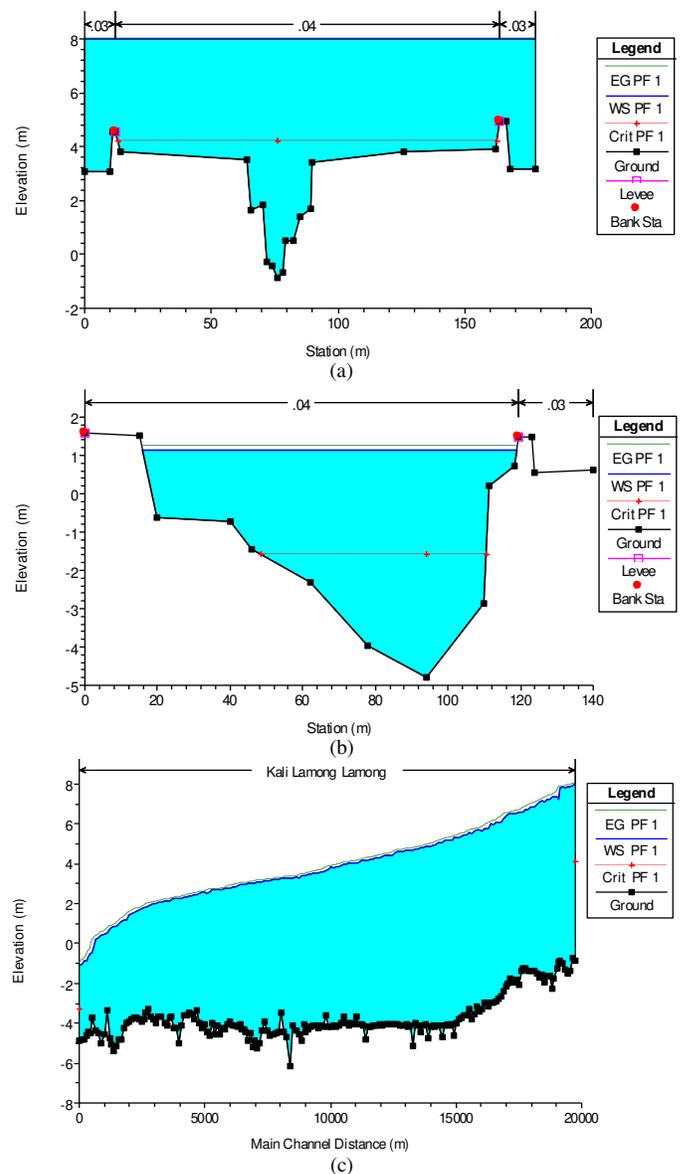
Pada tugas akhir ini, analisis hidrolika ditujukan untuk mengetahui kemampuan sungai dalam menerima debit banjir yang ada, dan tidak ditinjau perubahan debit yang terjadi pada setiap titik dalam penampang sungai. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini, akan dilakukan pemodelan steady flow. Asumsi yang digunakan dalam pemodelan ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5.

Asumsi Dalam Analisis Hidrolika Kali Lamong Pada Kondisi Eksisting

No.	Asumsi Pemodelan Hidrolika
1.	Penampang sungai dimodelkan berdasarkan data pengukuran penampang eksisting, sepanjang ± 20,5 km dari hilir Kali Lamong.
2.	Pemodelan aliran sungai dilakukan dengan analisis steady flow.
3.	Angka koefisien manning disesuaikan dengan kondisi eksisting sungai.
4.	Debit yang digunakan adalah debit banjir rencana periode ulang 25 tahun, yaitu $Q_{25} = 460,282 \text{ m}^3/\text{detik}$.
5.	Bagian hulu sungai berada pada kondisi normal dengan kemiringan sungai sebagai kondisi batas.
6.	Muka air pada bagian hilir sungai dimodelkan pada elevasi maksimum penampang (kapasitas penampang penuh)
7.	Dalam pemodelan, dipilih tipe aliran mixed, yang merupakan kombinasi dari aliran subkritis dan superkritis.

Berdasarkan output dari program HEC-RAS, diketahui bahwa pada hampir seluruh potongan melintang, elevasi muka air melebihi ketinggian tanggul sungai, kecuali P17, dan P9 sampai P0. Jadi, dapat disimpulkan bahwa Kali Lamong tidak mampu mengalirkan debit rencana. Gambar 2a menunjukkan profil melintang sungai yang mengalami luapan, yaitu P200; Gambar 2b menunjukkan profil melintang sungai yang tidak mengalami luapan, yaitu P17; sedangkan Gambar 2c menunjukkan profil muka air berdasarkan profil memanjang sungai.

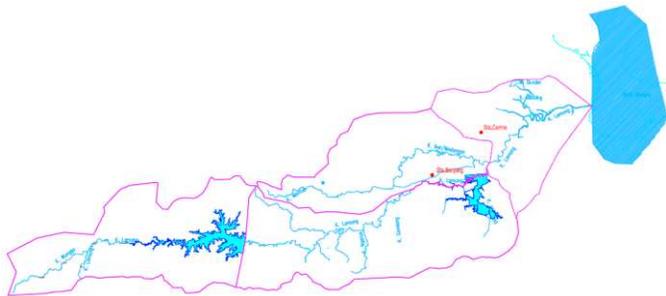


Gambar 2. Hasil pemodelan hidrolika Kali Lamong pada kondisi eksisting: (a) profil P200; (b) profil P17; dan (c) profil memanjang sungai.

C. Analisis Pengendalian Banjir

Berdasarkan analisis hidrolika, diketahui bahwa Kali Lamong pada kondisi eksisting tidak mampu mengalirkan debit banjir rencana. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dilakukan analisis berbagai upaya pengendalian banjir yang mungkin dilakukan pada daerah pengaliran Kali Lamong.

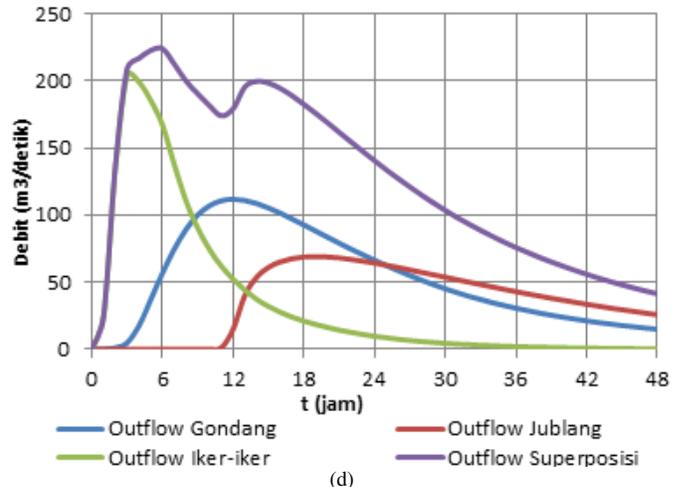
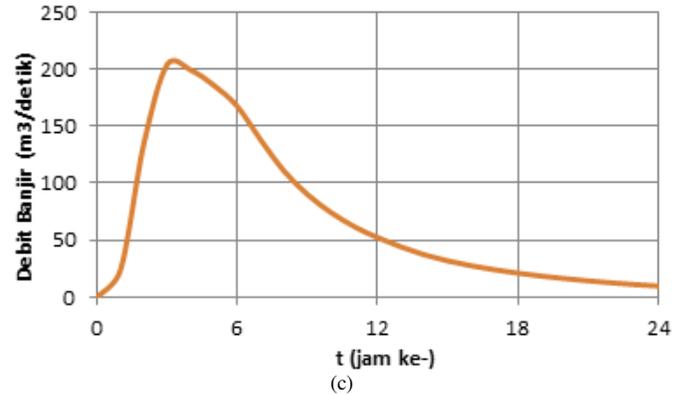
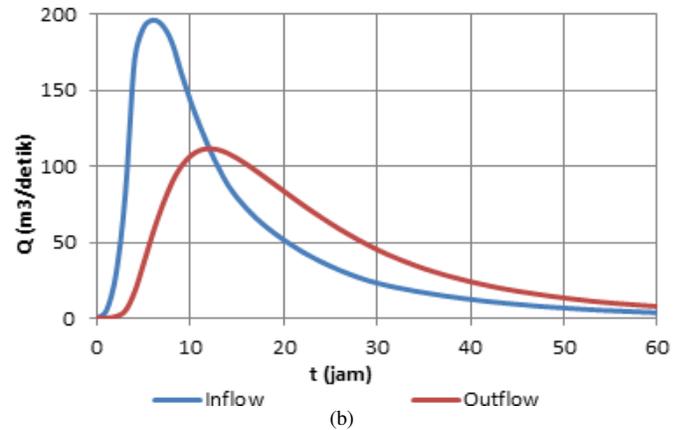
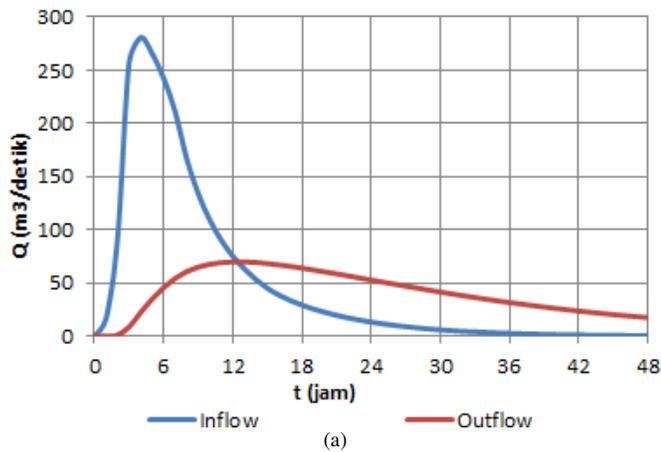
Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan pengendalian banjir dengan metode tampungan. Untuk keperluan tersebut, dipilih beberapa lokasi yang memiliki potensi untuk dijadikan tampungan pengendali banjir. Berdasarkan lokasi tampungan, daerah aliran Kali Lamong dibagi menjadi tiga subdas, yaitu subdas Jublang dan subdas Gondang, dengan sebuah waduk pengendali banjir pada masing-masing subdas, serta subdas Iker-iker, tanpa waduk pengendali banjir. Pembagian subdas tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pembagian Subdas Kali Lamong dan Lokasi Tampungan

Berdasarkan pembagian subdas, kemudian dilakukan penelusuran banjir dari hulu Kali Lamong sampai P200, yang berlokasi ± 20,5 km dari hilir Kali Lamong. Penelusuran banjir merupakan prosedur untuk memperkirakan hidrograf pada suatu titik tertentu di sungai berdasarkan pengamatan hidrograf di titik lain. Berdasarkan penelusuran banjir tersebut, akan diperoleh hidrograf aliran yang masuk dan keluar dari masing-masing waduk, dan hidrograf aliran yang masuk ke P200 dari masing-masing subdas, sehingga akhirnya diperoleh hidrograf aliran yang menjadi kondisi batas hulu dalam analisis hidrolika dengan program bantu HEC-RAS.

Gambar 3a menunjukkan hidrograf aliran yang masuk dan keluar dari waduk pada subdas Jublang. Gambar 3b menunjukkan hidrograf aliran yang masuk dan keluar dari waduk pada subdas Gondang. Gambar 3c menunjukkan hidrograf aliran yang keluar dari subdas Iker-iker. Gambar 3d menunjukkan hidrograf aliran yang masuk ke P200 dari masing-masing subdas, serta hasil superposisi dari hidrograf-hidrograf tersebut, yang merupakan kondisi batas hulu dalam analisis hidrolika dengan program bantu HEC-RAS. Berdasarkan superposisi tersebut, diperoleh debit banjir rencana periode ulang 25 tahun adalah $Q_{25} = 233,9 \text{ m}^3/\text{detik}$



Gambar 3. Hidrograf berdasarkan penelusuran banjir: (a) hidrograf inflow-outflow waduk pada subdas Jublang; (b) hidrograf inflow-outflow waduk pada subdas Gondang; (c) hidrograf outflow dari subdas Iker-iker; (d) superposisi dari hidrograf outflow dari masing-masing subdas.

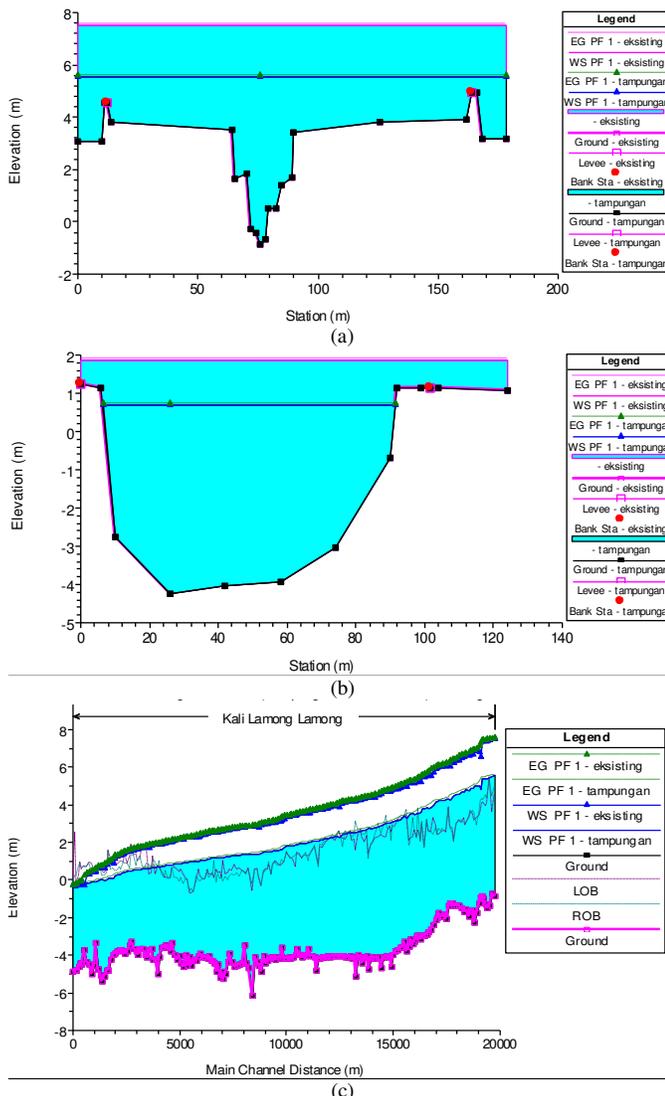
Berdasarkan hasil penelusuran banjir, maka dilakukan analisis hidrolika untuk kondisi setelah pengendalian banjir dengan waduk. Asumsi yang digunakan dalam pemodelan ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6.
Asumsi Dalam Analisis Hidrolika Kali Lamong Pada Kondisi Pengendalian Banjir dengan Waduk

No.	Asumsi Pemodelan Hidrolika
1.	Penampang sungai dimodelkan berdasarkan data pengukuran penampang eksisting, sepanjang ± 20,5 km dari hilir Kali Lamong.
2.	Pemodelan aliran sungai dilakukan dengan analisis steady flow.

3. Angka koefisien manning disesuaikan dengan kondisi eksisting sungai.
4. Debit yang digunakan adalah debit maksimum dari analisis pengendalian banjir dengan waduk, yaitu $Q_{25} = 223,9 \text{ m}^3/\text{detik}$.
5. Bagian hulu sungai berada pada kondisi normal dengan kemiringan sungai sebagai kondisi batas.
6. Muka air pada bagian hilir sungai dimodelkan pada elevasi maksimum penampang (kapasitas penampang penuh)
7. Dalam pemodelan, dipilih tipe aliran mixed, yang merupakan kombinasi dari aliran subkritis dan superkritis.

Berdasarkan output dari program HEC-RAS, diketahui bahwa pada hampir seluruh potongan melintang, elevasi muka air masih melebihi ketinggian tanggul sungai, kecuali P35 sampai P0, dan P38. Jadi, dapat disimpulkan bahwa setelah pengendalian banjir dengan waduk, Kali Lamong masih belum mampu mengalirkan debit rencana. Gambar 4a menunjukkan profil melintang sungai yang mengalami luapan, yaitu P200; Gambar 4b menunjukkan profil melintang sungai yang tidak mengalami luapan, yaitu P38; sedangkan Gambar 4c menunjukkan profil muka air berdasarkan profil memanjang sungai.

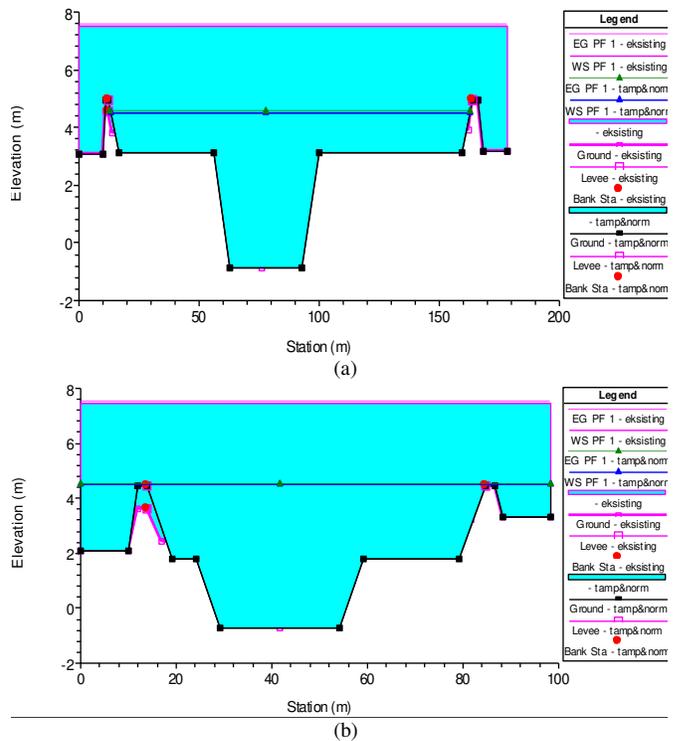


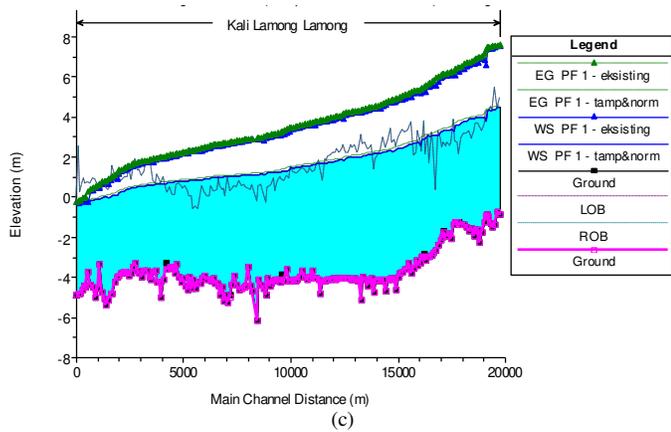
Gambar 4. Hasil pemodelan hidrolika Kali Lamong pada kondisi setelah pengendalian banjir dengan waduk dibandingkan dengan kondisi eksisting: (a) profil P200; (b) profil P38; dan (c) profil memanjang sungai.

Berdasarkan analisis hidrolika, diketahui bahwa Kali Lamong setelah pengendalian banjir dengan waduk masih belum mampu mengalirkan debit banjir rencana. Oleh karena itu, dilakukan analisis perbaikan penampang sungai untuk memperbesar kapasitas sungai pada daerah yang mengalami luapan, yaitu P200 sampai P36.

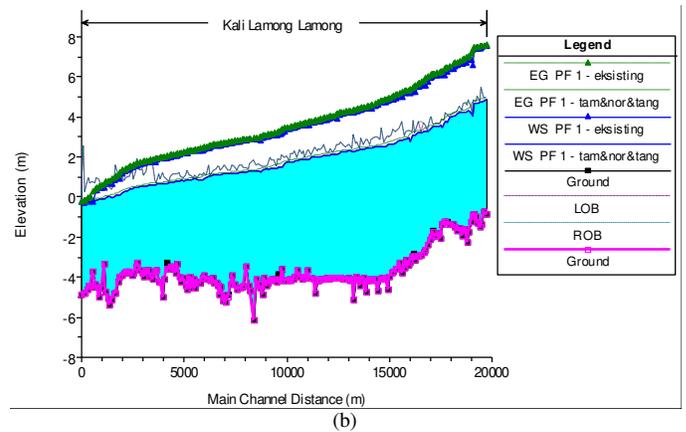
Pada penampang sungai P200 sampai P36, direncanakan normalisasi dengan bentuk trapesium berganda. Untuk menghindari tebing dari kelongsoran, kemiringan tebing sungai direncanakan 1:1 sampai 1:2, yang disesuaikan dengan penampang sungai eksisting. Elevasi dasar sungai menggunakan elevasi eksisting. Berdasarkan perencanaan tersebut, dilakukan kembali pemodelan hidrolika dengan program bantu HEC-RAS.

Berdasarkan output dari program HEC-RAS, diketahui bahwa pada hampir seluruh potongan melintang, elevasi muka air masih melebihi ketinggian tanggul sungai, kecuali P39 sampai P0, dan P41, P101, P114, P117 sampai P139, P143 sampai P157, P160 sampai P161, P163, P167, P170, P178, P193, P196, P198, dan P200. Jadi, dapat disimpulkan bahwa setelah perbaikan penampang sungai, Kali Lamong masih belum mampu mengalirkan debit rencana. Gambar 5a menunjukkan profil melintang sungai yang mengalami luapan, yaitu P199; Gambar 5b menunjukkan profil melintang sungai yang tidak mengalami luapan, yaitu P200; sedangkan Gambar 5c menunjukkan profil muka air berdasarkan profil memanjang sungai.





Gambar 5. Hasil pemodelan hidrolika Kali Lamong pada kondisi setelah perbaikan penampang dibandingkan dengan kondisi eksisting: (a) profil P199; (b) profil P200; dan (c) profil memanjang sungai.

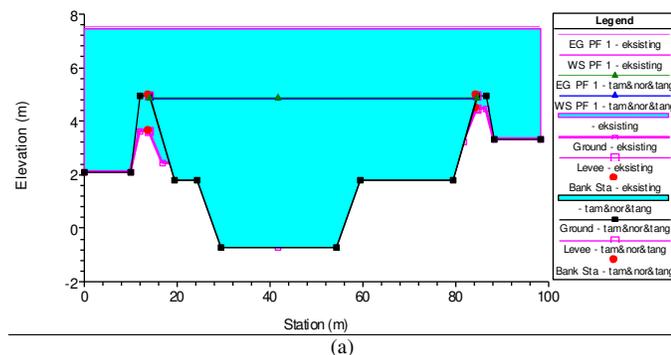


Gambar 6. Hasil pemodelan hidrolika Kali Lamong pada kondisi setelah peninggian tanggul dibandingkan dengan kondisi eksisting: (a) profil P199; (b) profil memanjang sungai.

Berdasarkan analisis hidrolika, diketahui bahwa Kali Lamong setelah perbaikan penampang masih belum mampu mengalirkan debit banjir rencana. Oleh karena itu, dilakukan analisis peninggian tanggul pada daerah yang masih mengalami luapan, untuk memperbesar kapasitas sungai pada daerah tersebut.

Pada penampang sungai yang masih mengalami luapan, direncanakan peninggian tanggul 0,5 sampai 2 meter, tergantung dari tinggi muka air banjir setelah perencanaan waduk dan perbaikan penampang. Berdasarkan perencanaan tersebut, dilakukan kembali pemodelan hidrolika dengan program bantu HEC-RAS.

Berdasarkan output dari program HEC-RAS, diketahui bahwa pada seluruh potongan melintang, elevasi muka air tidak melebihi ketinggian tanggul sungai. Jadi, dapat disimpulkan bahwa setelah peninggian tanggul, Kali Lamong mampu mengalirkan debit rencana, dan luapan pada seluruh penampang sungai dapat teratasi. Gambar 6a menunjukkan profil melintang sungai yang tidak mengalami luapan, yaitu P199; sedangkan Gambar 6b menunjukkan profil muka air berdasarkan profil memanjang sungai.



(a)

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan studi yang telah dilakukan, diketahui bahwa luapan air di hilir Kali Lamong terjadi karena adanya debit banjir yang besar dari hulu, tanpa disertai upaya pengendalian. Berdasarkan analisis hidrolika, diketahui bahwa kapasitas Kali Lamong pada kondisi eksisting tidak mampu mengalirkan debit banjir rencana, sehingga diperlukan upaya pengendalian banjir. Berdasarkan analisis pengendalian banjir dengan waduk, diketahui bahwa waduk dan kolam tampungan mampu menurunkan debit banjir rencana, dengan cara menampung volume air yang dihasilkan oleh debit banjir, sehingga debit banjir turun dan waktu distribusi hujan menjadi lebih panjang. Berdasarkan analisis pengendalian banjir dengan waduk, diperoleh penurunan debit banjir yang masuk ke hilir Kali Lamong, yaitu dari $Q_{25} = 460,282 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi $Q_{25} = 223,9 \text{ m}^3/\text{detik}$. Meskipun debit berkurang, tetapi masih terjadi luapan air di beberapa bagian penampang Kali Lamong. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan penampang sungai dan peninggian tanggul untuk menambah kapasitas Kali Lamong, sehingga luapan dapat teratasi. Jadi, dapat direkomendasikan bahwa untuk menanggulangi genangan di Kabupaten Gresik, perlu dilakukan pengendalian banjir dengan waduk, perbaikan penampang sungai, dan peninggian tanggul sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Detail Desain dan Amdal Kali Lamong Kabupaten Gresik*. Laporan Geologi / Mekanika Tanah PT Ika Adya Perkasa Consulting & General Trading, Malang, Jawa Timur.
- [2] *Kejadian Banjir Kali Lamong*. Data Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Provinsi Jawa Timur, Surabaya, Jawa Timur.
- [3] Sosrodarsono S., *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita (2006).
- [4] Soemarto C. D., *Hidrologi Teknik, Edisi 2*. Jakarta: PT Gelora Aksara Pratama (1999).
- [5] Soewarno, *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 1*. Bandung: NOVA. (1995).
- [6] Chow, V. T., *Hidrolika Saluran Terbuka*. Diterjemahkan oleh E.V. Nensi Rosalina. Jakarta: Penerbit Erlangga (1992).