

Analisis Kapasitas Rumah Pompa Pulo Pancikan dalam Upaya Pengendalian Banjir di Kabupaten Gresik

Analysis of the Pumping Capacity of Pulo Pancikan Pump House for Flood Control in Gresik Regency

Anna Rosytha¹, Dayat Indri Yuliasuti², Arifien Nursandah¹, Mochamad Ismianto¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Jln. Suotorejo No. 59 Surabaya. Telp: [\(031\) 3811966](tel:0313811966).

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo, Jl. Semolowaru No.84, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60118. Telp. [\(031\) 5925970](tel:0315925970)
Email : anna.rosytha@ft.um-surabaya.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menganalisis kapasitas rumah pompa Pulo Pancikan dalam upaya pengendalian banjir di Kabupaten Gresik. Kawasan ini sering mengalami genangan akibat tingginya curah hujan, pendangkalan saluran, dan pengaruh pasang surut air laut. Metode penelitian menggunakan analisis hidrologi dan hidrolika dengan data curah hujan maksimum harian dari tiga stasiun klimatologi (Tambak Ombo, Bunder, dan Cerme) selama periode 2014–2023. Analisis distribusi curah hujan dilakukan menggunakan metode, yaitu Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Type III. Berdasarkan hasil uji Smirnov–Kolmogorov dan Chi-Square, distribusi Log Pearson Type III dipilih sebagai model paling sesuai. Debit banjir rencana dihitung menggunakan Metode Rasional dengan hasil sebesar 23,654 m³/det untuk kala ulang 10 tahun. Kapasitas pompa yang direncanakan sebesar 4,25 m³/det terdiri dari tiga pompa utama dan satu pompa lumpur, nilai ini dihitung cukup untuk menangani volume limpasan genangan dalam waktu operasional dua jam. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem rumah pompa Pulo Pancikan mampu mengurangi genangan secara signifikan jika dioperasikan secara bertahap. Namun, kapasitas saluran eksisting masih perlu ditingkatkan agar mampu menampung debit kombinasi antara aliran hujan dan buangan pompa.

Kata Kunci: Banjir; Sistem Drainase; Log Pearson Type III ; Rumah Pompa, Hujan

Abstract

The study analyze the pumping capacity of the Pulo Pancikan Pump House in flood control efforts in Gresik Regency, Indonesia. The area frequently experiences inundation due to high rainfall, sedimentation, and tidal backflow¹³. The research applied hydrological and hydraulic analyses using maximum daily rainfall data from three climatology stations (Tambak Ombo, Bunder, and Cerme) for the period 2014–2023. Rainfall frequency analysis was conducted usings: Gumbel, Normal, Log Normal, and Log Pearson Type II⁵. Based on the Smirnov–Kolmogorov and Chi-Square goodness-of-fit tests, the Log Pearson Type III distribution was selected as the most appropriate model. The design flood discharge was determined using the Rational Method, yielding 23.654 m³ for a 10-year return period. The planned pumping capacity is 4.25 m³/s, consisting of three main pumps and one sludge pump, which is considered sufficient to manage the runoff volume within a two-hour operating time. Evaluation results indicate the Pulo Pancikan pump system effectively reduces inundation when operated in stages. However, the existing drainage channel capacity needs improvement to accommodate combined flows from rainfall and pump discharge.

Keywords: Drainage system; Flood; Log Pearson Type III; Pump house; Rainfall

PENDAHULUAN

Kabupaten Gresik memiliki kondisi topografi yang bervariasi, dari kawasan berbukit hingga pesisir rendah yang dipengaruhi pasang surut laut. Perbedaan ini mengakibatkan aliran drainase tidak optimal, khususnya di daerah hilir yang sering mengalami genangan banjir. Permasalahan diperparah oleh perkembangan permukiman yang tidak teratur, kepadatan bangunan tinggi, sistem drainase yang buruk, dan pengelolaan sampah yang tidak memadai, sehingga banyak kawasan dikategorikan kumuh. Salah satu wilayah terdampak adalah Kelurahan Pulopancikan, dengan tingkat genangan mencapai lebih dari 90%. Kondisi saluran primer Tlogodendo yang dangkal, penuh sedimen, tercemar limbah domestik maupun industri, serta dipengaruhi pasang surut air laut semakin menghambat aliran. Situasi ini menuntut adanya kajian hidrologi untuk mengetahui debit limpasan hujan dan perencanaan ulang sistem drainase, serta pengembangan alternatif pengendalian banjir yang lebih efektif guna meningkatkan ketahanan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

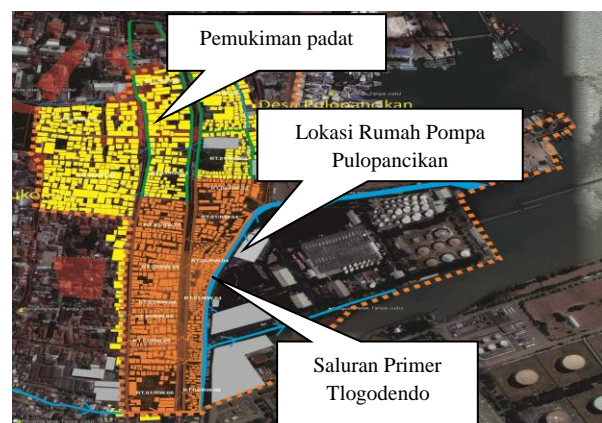
Kondisi faktual di Pulopancikan, yaitu genangan yang mencapai lebih dari 90%, menunjukkan adanya kesenjangan signifikan antara kapasitas infrastruktur drainase eksisting dan debit banjir yang sebenarnya akibat tingginya curah hujan dan pengaruh pasang surut laut. Fenomena ini diperparah oleh urbanisasi yang meningkatkan koefisien limpasan. Kondisi yang diharapkan adalah sistem drainase terpadu yang mampu menampung dan mengendalikan debit limpasan secara efektif. Untuk mengatasi kesenjangan ini, penelitian ini merujuk pada beberapa studi terdahulu : Analisis Hidrologi Ekstrem: Dalam analisis hidrologi, penentuan curah hujan rencana memerlukan distribusi frekuensi yang stabil. Soemarto (1999 dan Soewarno (1995) menegaskan bahwa distribusi Log Pearson Type III seringkali paling sesuai dan realistis untuk analisis hidrologi data ekstrem di Indonesia. Hal ini penting mengingat tren ekstremitas curah hujan yang semakin tinggi di wilayah Jawa Timur; Kapasitas Saluran dan Urbanisasi: Studi oleh Prawira et al. (2020) di Surabaya menunjukkan bahwa perubahan tata guna lahan dapat menurunkan kinerja kapasitas saluran hingga 30% akibat peningkatan koefisien limpasan. Temuan ini menjadi acuan bahwa masalah di Pulopancikan kemungkinan besar serupa dan memerlukan peningkatan dimensi saluran; Optimalisasi Rumah Pompa: Sebagai solusi struktural, kinerja rumah pompa harus optimal. Rahayu dan Hidayat (2019) menemukan bahwa sinkronisasi waktu operasi pompa dengan pola debit banjir dapat meningkatkan efisiensi sistem secara

signifikan. Selain itu, Maidment (1993) menekankan perlunya sistem pemantauan otomatis berbasis sensor untuk keandalan sistem drainase perkotaan.

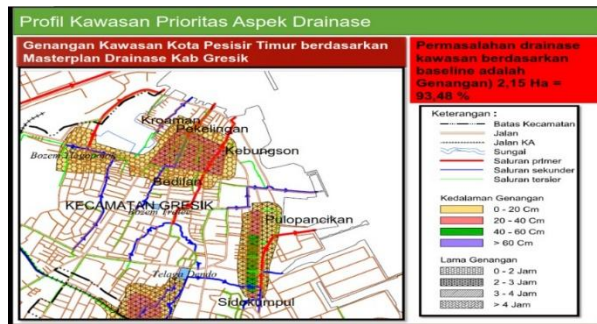
Penelitian ini bertujuan mengisi kesenjangan tersebut dengan menghitung debit banjir rencana yang akurat, mengevaluasi kemampuan kapasitas saluran eksisting terhadap debit kombinasi (hujan dan pompa), serta merencanakan kebutuhan kapasitas pompa dan skenario operasional optimalnya.

Berdasarkan permasalahan banjir yang terjadi di kawasan Saluran Primer Tlogodendo, penelitian ini difokuskan pada beberapa hal utama. Pertama, diperlukan analisis terhadap besarnya debit limpasan hujan yang terjadi di kawasan tersebut. Selanjutnya, perlu ditentukan dimensi saluran drainase yang mampu menampung debit limpasan, sehingga dapat diketahui kesesuaian kapasitas saluran yang ada. Selain itu, penelitian ini juga diarahkan untuk merencanakan jumlah dan kapasitas pompa yang dibutuhkan, mengkaji alternatif pengendalian banjir yang paling efektif, serta mengevaluasi struktur rumah pompa yang sesuai dengan kebutuhan sistem.

Sejalan dengan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah memperoleh nilai debit limpasan hujan di kawasan Saluran Primer Tlogodendo, menganalisis kebutuhan dimensi saluran drainase, serta merencanakan kapasitas pompa yang diperlukan. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi solusi alternatif pengendalian banjir dan melakukan evaluasi terhadap kebutuhan struktur rumah pompa sebagai bagian dari sistem penanganan banjir terpadu.



Gambar 1. Kawasan pemukiman padat dan kumuh di Kelurahan Pulopancikan



Gambar 2. Lokasi Kawasan rawan genangan banjir di sekitar Pulopancikan



Gambar 3. Kondisi saluran Eksisting

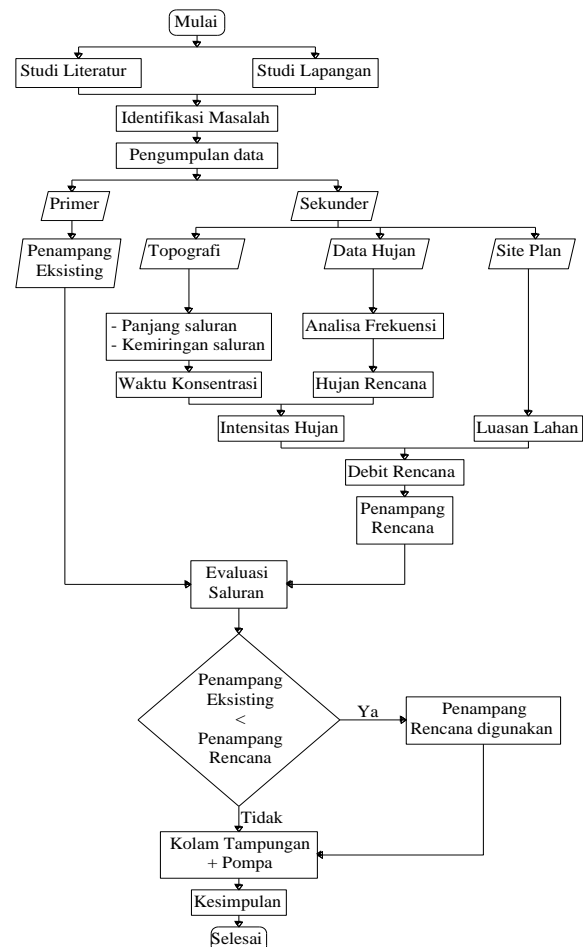
METODE

Metodologi penelitian ini mengacu pada pendekatan hidrologi dan hidraulika yang umum digunakan dalam kajian perencanaan drainase dan pengendalian banjir. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui survei lapangan untuk mengamati kondisi fisik saluran, sedimentasi, pendangkalan, dan struktur rumah pompa. Data sekunder mencakup data curah hujan, peta topografi, serta catatan hidrologi, yang diperoleh dari instansi teknis terkait.

Analisis hidrologi dilakukan untuk menghitung debit limpasan hujan menggunakan metode Rasional (Chow, Maidment & Mays, 1988) dan distribusi hujan periode ulang berdasarkan Gumbel maupun Log Pearson III (Soemarto, 1999; Suripin, 2004). Selanjutnya, analisis hidraulika saluran dilakukan berdasarkan persamaan kontinuitas dan persamaan Manning (Chow, 1959), sehingga diperoleh dimensi saluran yang mampu menampung debit rencana.

Kebutuhan kapasitas pompa ditentukan dengan mempertimbangkan volume limpasan yang harus dikeluarkan dalam periode tertentu, kondisi pasang surut, serta faktor efisiensi pompa (Triatmodjo, 2008). Selain itu, struktur rumah pompa dianalisis berdasarkan standar perencanaan hidroteknik untuk menjamin keandalan operasional. Alternatif solusi pengendalian banjir dikaji melalui pendekatan perencanaan drainase perkotaan (Suripin, 2004) yang menekankan kombinasi antara rekayasa struktural dan non-struktural.

Dengan menggunakan kerangka referensi tersebut, penelitian ini diharapkan menghasilkan analisis yang komprehensif mengenai kebutuhan saluran dan pompa, sekaligus memberikan rekomendasi teknis yang aplikatif dalam pengendalian banjir di kawasan Pulopancikan



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Curah Hujan

Data curah hujan maksimum tahunan dari tiga stasiun klimatologi (Tambak Ombo, Bunder, dan Cerme) selama periode 2014–2023 menunjukkan nilai rata-rata sebesar 91,03 mm. Analisis distribusi frekuensi dilakukan untuk menentukan curah hujan rencana dengan menggunakan empat metode statistik, yaitu Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Type III.

Berdasarkan hasil uji kecocokan menggunakan metode Smirnov–Kolmogorov dan Chi-Square, diperoleh bahwa semua distribusi memenuhi syarat penerimaan, namun distribusi Log Pearson Type III menunjukkan kesesuaian paling baik dengan nilai $\Delta_{maks} = 0,123 < \Delta_{kritis} = 0,5155$. Distribusi ini umumnya memberikan hasil yang

stabil dan realistis untuk analisis hidrologi di daerah tropis dengan variabilitas tinggi (Soemarto, 1999; Soewarno, 1995). Distribusi ini memastikan bahwa perencanaan infrastruktur didasarkan pada besaran curah hujan yang memiliki probabilitas realistis untuk terjadi pada kala ulang tertentu.

Adapun hasil perhitungan curah hujan rencana dari metode Log Pearson Type III adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Perhitungan Curah Hujan Rencana dari metode Log Pearson Type III

Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan (mm)
2	90,254
5	104,182
10	111,802
20	119,691
50	124,297

Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan periode ulang memberikan kenaikan curah hujan rencana yang signifikan. Hal ini menggambarkan tren ekstremitas hujan yang semakin tinggi, sejalan dengan fenomena perubahan iklim yang memengaruhi intensitas hujan lokal (Maidment, 1993; BMKG, 2023).

Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan dihitung menggunakan metode Van Breen, dengan asumsi bahwa durasi hujan efektif di Pulau Jawa berkisar 4–6 jam. Intensitas curah hujan sangat dipengaruhi oleh periode ulang dan lamanya hujan. Perhitungan menunjukkan rentang intensitas antara 18,231 mm/jam untuk kala ulang 2 tahun hingga 31,744 mm/jam untuk kala ulang 100 tahun.

Metode Van Breen dan Mononobe digunakan untuk mendapatkan rasio sebaran hujan jam-jaman. Distribusi ini digunakan sebagai dasar dalam menghitung debit limpasan puncak. Pola sebaran intensitas hujan yang menurun secara eksponensial terhadap waktu menunjukkan bahwa sebagian besar volume hujan terjadi dalam jam-jam awal, sesuai dengan pola hujan monsun di Jawa Timur (Triatmodjo, 2008; Soewarno, 1995).

Rumus Mononobe untuk menghitung hujan jam – jaman

$$R_n = \frac{R_{24}}{T} \left(\frac{t}{T} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(1)$$

Rumus Rasio Sebaran Hujan :

$$R_t = .RT - (t - 1).(RT - 1) \dots\dots\dots(2)$$

Tabel 2. Rasio Sebaran Hujan Jam-Jaman

T (jam)	RT mm
1	0,550
2	0,347
3	0,265
4	0,218
5	0,188
6	0,167
Total	1,73484

Kondisi daerah aliran disekitar saluran saat ini telah berkembang menjadi kawasan pemukiman cukup padat dan menjadi kawasan pabrik, maka koefisien pengaliran diambil $C = 0,70$.

Tabel 3. Curah Hujan Netto Jam-jaman/curah hujan efektif.

Periode Ulang	Curah Hujan	Koefisien Pengaliran	Rn
T	Rn	C	mm
2	89,16	0,70	62,41
5	105,72	0,70	74,00
10	127,21	0,70	89,04
20	140,82	0,70	98,58
50	89,16	0,70	62,41

Tabel 4. Curah Hujan Netto Jam-jaman/curah hujan efektif.

Periode Ulang	Curah Hujan	Rasio Sebaran Hujan					
T	Rn	0,550	0,143	0,100	0,080	0,067	0,059
2	62,41	34,35	4,91280	0,49295	0,03938	0,00266	0,00016
5	74,00	40,73	5,82546	0,58452	0,04669	0,00315	0,00019
10	81,68	44,95	6,42977	0,64516	0,05154	0,00348	0,00020
20	89,04	49,00	7,00937	0,70331	0,05618	0,00379	0,00022
50	98,58	54,25	7,75965	0,77860	0,06219	0,00420	0,00025

Berdasarkan data kemiringan lahan diketahui :

$$S = \frac{H_t - H_o}{0.9.L} \dots\dots\dots(3)$$

$$S = \frac{14,200 - 11,306}{0.9.2,197} = 0,00146$$

Waktu Konsentrasi untuk daerah pengaliran dapat diuraikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$t_c = \left(\frac{0,8.L}{1000.S} \right)^{0.385} \dots\dots\dots(4)$$

$$t_c = \left(\frac{0,8.1,152}{1000.0,0010} \right)^{0,385} = 0,98 \text{ jam}$$

Rumus perhitungan Intensitas Hujan sebagai berikut :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \dots \dots \dots (5)$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{90\% \times 81,28}{4} = 18,231 \text{ mm/jam} \\ I_5 &= \frac{90\% \times 81,28}{4} = 21,851 \text{ mm/jam} \\ I_{10} &= \frac{90\% \times 81,28}{4} = 24,249 \text{ mm/jam} \\ I_{20} &= \frac{90\% \times 81,28}{4} = 26,548 \text{ mm/jam} \\ I_{50} &= \frac{90\% \times 81,28}{4} = 29,524 \text{ mm/jam} \\ I_{100} &= \frac{90\% \times 81,28}{4} = 31,744 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Perhitungan Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana dihitung menggunakan Metode Rasional dengan mempertimbangkan bahwa luas daerah tangkapan (*catchment area*) < 5000 ha. Koefisien limpasan (C) diambil sebesar 0,85 berdasarkan kondisi tata guna lahan yang didominasi kawasan pemukiman padat dan industri. Luas daerah aliran (A) sebesar 4,128 km² dan intensitas hujan (I) disesuaikan dengan periode ulang.

Rumus perhitungan Debit sebagai berikut :

$$Q = 0,278 . C . I . A \dots \dots \dots (4)$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana

Periode Ulang (Tahun)	Intensitas Hujan (mm/jam)	Debit Banjir (m ³ /det)
2	18,231	17,783
5	21,851	21,314
10	24,249	23,654
20	26,548	25,896
50	29,524	28,799

Nilai debit banjir rencana periode ulang 10 tahun (Q₁₀ = 23,654 m³/det) digunakan sebagai dasar perencanaan kapasitas pompa. Menurut Chow et al. (1988), untuk kawasan perkotaan kecil, kala ulang 10 tahun merupakan standar yang memadai dalam merancang sistem drainase utama, sedangkan untuk kawasan pusat kota dapat digunakan 25 tahun atau lebih.

Kapasitas Rumah Pompa Pulopancikan

Jumlah dan Kapasitas Pompa Banjir Pulopancikan direncanakan berdasarkan debit banjir rencana periode ulang 10 tahun. Q₁₀ = 23,654 m³/dt Volume limpasan air yang jatuh pada daerah aliran saluran pembuang Pulopancikan selama 1 jam

$$V_1 = 23,654 \text{ m}^3/\text{dt} \times 3600 \text{ dt} = 85.154,40 \text{ m}^3$$

Volume air limpasan selama satu jam untuk Q₁₀ mencapai 85.154,4 m³, sedangkan volume tampungan saluran hulu dan bozem sebesar 53.622,08 m³. Dengan demikian, volume air yang harus dipompa sebesar 31.579,2 m³. Dengan waktu pemompaan maksimum dua jam (7200 detik), kapasitas pompa yang diperlukan dihitung sebesar 4,386 m³/det.

Direncanakan tiga unit pompa banjir (1,5 m³/det; 1,5 m³/det; dan 1,0 m³/det) serta satu pompa lumpur berkapasitas 0,25 m³/det, dengan total kapasitas 4,25 m³/det. Hasil perencanaan ini masih berada dalam rentang efisiensi pompa rumah pompa kota kecil sebagaimana ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum (1997) dan Shahin (1976).

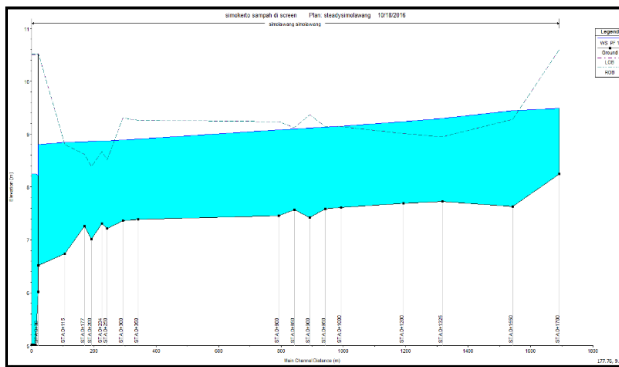
Menurut Maidment (1993), pemilihan jumlah dan kapasitas pompa harus mempertimbangkan waktu operasi, volume genangan, serta keandalan sistem. Oleh karena itu, pompa dirancang dengan operasi bertahap agar sistem tidak mengalami kelebihan debit yang dapat membebani saluran hilir.

Evaluasi Kondisi Saluran Eksisting

Analisis hidrolika menunjukkan bahwa kapasitas saluran Pulopancikan bervariasi antara 4,8 hingga 14,8 m³/det. Beberapa titik seperti STA 1+550, STA 1+325, STA 1+200, dan STA 0+250 mengalami luapan karena debit total (Q_{banjir} + Q_{pompa}) melebihi kapasitas tampung saluran.

Kondisi tersebut mengindikasikan perlunya peningkatan dimensi saluran dan perbaikan sistem pengendalian. Menurut Soemarto (1999), kemampuan saluran untuk menyalurkan debit tergantung pada kemiringan dasar, kekasaran dinding, serta tingkat sedimentasi. Sedimentasi yang tinggi di bagian hilir mengurangi kapasitas tampung dan menyebabkan backwater effect terhadap operasi pompa.

Fenomena serupa dilaporkan oleh Prawira et al. (2020) di Surabaya, di mana peningkatan koefisien limpasan akibat urbanisasi menyebabkan kapasitas saluran menurun hingga 30%. Oleh karena itu, dibutuhkan strategi kombinasi antara peningkatan kapasitas fisik saluran dan pengaturan operasi pompa secara adaptif.



Gambar 5. Elevasi Muak Air Saluran Pulo Pancikan

Evaluasi Kinerja Sistem Drainase dan Operasional Pompa

Hasil simulasi routing banjir menunjukkan bahwa sistem rumah pompa Pulo Pancikan mampu menurunkan volume genangan secara signifikan apabila dioperasikan sesuai skenario: tiga pompa bekerja selama satu jam pertama dan satu pompa selama satu jam berikutnya. Setelah jam keempat, debit inflow turun di bawah kapasitas saluran sehingga operasi pompa dapat dihentikan.

Strategi ini sesuai dengan hasil penelitian Rahayu dan Hidayat (2019) yang menyatakan bahwa sinkronisasi waktu operasi pompa dengan pola debit banjir dapat meningkatkan efisiensi hingga 40%. Penggunaan sistem otomatis berbasis sensor curah hujan dan debit sungai juga direkomendasikan untuk meningkatkan respons sistem terhadap kejadian hujan ekstrem (Maidment, 1993).

Kinerja rumah pompa Pulo Pancikan juga sangat dipengaruhi oleh integrasi antara saluran primer dan sekunder. Apabila koordinasi operasional tidak baik, risiko genangan lokal tetap tinggi meskipun kapasitas pompa memadai. Oleh karena itu, optimalisasi desain dan sistem pemeliharaan rutin sangat penting agar sistem bekerja sesuai rencana jangka panjang (Triatmodjo, 2008; Soewarno, 1995).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rumah pompa Pulo Pancikan sudah memiliki kapasitas dasar yang cukup untuk mengendalikan limpasan, tetapi efektivitasnya masih tergantung pada peningkatan kapasitas saluran eksisting dan penerapan sistem operasi cerdas. Hal ini mendukung upaya Pemerintah Kabupaten Gresik dalam membangun sistem pengendalian banjir yang adaptif dan berkelanjutan di wilayah perkotaan pesisir.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan hidrolika yang dilakukan terhadap sistem rumah pompa Pulo Pancikan di Kabupaten Gresik, dapat disimpulkan bahwa kondisi curah hujan maksimum tahunan selama sepuluh tahun terakhir menunjukkan tren peningkatan yang signifikan. Distribusi Log Pearson Type III terbukti paling sesuai untuk menggambarkan karakteristik curah hujan di wilayah penelitian, karena mampu memberikan hasil yang stabil dan realistis terhadap variasi data curah hujan ekstrem (Soemarto, 1999; Soewarno, 1995). Peningkatan intensitas hujan yang sejalan dengan periode ulang memperlihatkan potensi meningkatnya risiko banjir di kawasan urban Gresik, terutama di daerah dengan kepadatan penduduk tinggi dan tingkat peresapan rendah (BMKG, 2023).

Analisis debit banjir rencana menggunakan metode rasional menghasilkan debit puncak sebesar 23,654 m³/det untuk kala ulang 10 tahun, yang digunakan sebagai dasar perencanaan kapasitas rumah pompa. Nilai ini sesuai dengan standar perencanaan drainase kota kecil sebagaimana dinyatakan oleh Chow et al. (1988), yang merekomendasikan penggunaan kala ulang 10 tahun untuk daerah dengan kepadatan menengah. Berdasarkan hasil perhitungan, total kapasitas pompa sebesar 4,25 m³/det dinilai cukup untuk menangani volume limpasan genangan dalam waktu operasional dua jam, meskipun efisiensi sistem sangat bergantung pada sinkronisasi operasional antarunit pompa (Maidment, 1993).

Kondisi saluran eksisting di sekitar rumah pompa menunjukkan bahwa beberapa titik mengalami penurunan kapasitas akibat sedimentasi, perubahan tata guna lahan, dan kemiringan saluran yang kurang optimal. Fenomena ini memperkuat temuan Prawira et al. (2020) yang menjelaskan bahwa urbanisasi dan konversi lahan berperan signifikan dalam peningkatan koefisien limpasan serta penurunan kinerja saluran. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan dimensi saluran dan normalisasi berkala untuk menjaga kestabilan aliran.

Simulasi hidrolika menunjukkan bahwa rumah pompa Pulo Pancikan mampu menurunkan genangan secara efektif ketika dioperasikan secara bertahap. Strategi pengoperasian tiga pompa di jam pertama dan satu pompa di jam berikutnya terbukti efisien dalam mengurangi debit puncak tanpa membebani saluran hilir. Hasil ini mendukung penelitian Rahayu dan Hidayat (2019) yang menekankan pentingnya sinkronisasi waktu operasi pompa dengan dinamika debit banjir untuk meningkatkan efisiensi energi hingga 40%.

Secara keseluruhan, sistem rumah pompa Pulopancikan memiliki kapasitas yang memadai untuk mengendalikan limpasan banjir di wilayahnya, namun efektivitas jangka panjang sangat bergantung pada integrasi sistem drainase dan manajemen operasi pompa yang adaptif. Penggunaan sistem pemantauan otomatis berbasis sensor curah hujan dan debit sungai dapat menjadi solusi inovatif dalam menghadapi perubahan iklim ekstrem di masa mendatang (Maidment, 1993; Triatmodjo, 2008). Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa upaya pengendalian banjir di kawasan Gresik perlu difokuskan pada peningkatan kapasitas infrastruktur, optimalisasi operasional pompa, dan penerapan teknologi cerdas untuk mendukung sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan dan tangguh terhadap perubahan iklim.

REFERENSI

- BMKG. (2023). **Laporan Analisis Iklim Ekstrem Jawa Timur.** Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Maidment, D. R. (1993). *Handbook of Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Prawira, D., Lestari, R., & Rinaldi, M. (2020). Analisis kapasitas drainase perkotaan akibat perubahan tata guna lahan di Surabaya. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 102–111.
- Rahayu, S., & Hidayat, A. (2019). Pengelolaan sistem pompa terintegrasi untuk pengendalian genangan di kawasan urban. *Jurnal Hidrologi Indonesia*, 14(1), 45–54.
- Shahin, M. (1976). *Hydrology and Water Resources of Small Catchments*. Rotterdam: Balkema.
- Soemarto, C. D. (1999). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi: Pengukuran dan Analisis Data Aliran Sungai*. Bandung: Nova.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset