Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6(1) 2026, Page: 19695-19708

Analisis Hidrologi Menggunakan Metode Nakayasu Untuk Perencanaan Kolam Retensi Rejoso Kabupaten Pasuruan

Akhmad Kurniawan Setiyanto[1*], Fikri Maulana Firmansyah[2], Ahdan Achmad Arhab[3], Abdiel Gymnastiar Nafi Suryadi[4], Azhar Adi Darmawan[5], Moh Abduh[6]
Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang
Corresponding Akhmad Kurniawan Setiyanto e-mail: kurniawanakhmad64gmailcom@webmail.umm.ac.id
Published: March , 2026

ABSTRAK
Penelitian ini menganalisis banjir di DAS Rejoso Hulu (217,21 km²), Kabupaten Pasuruan, akibat hujan ekstrem, perubahan iklim, dan konversi lahan menjadi pemukiman, seperti kejadian Januari 2025 yang menenggelamkan ribuan rumah. Tujuannya merencanakan kolam retensi tipe samping di Desa Bandaran, Winongan, melalui analisis hidrologi metode Nakayasu. Jenis penelitian kuantitatif deskriptif dengan populasi DAS Rejoso Hulu; sampel data curah hujan 4 stasiun (2015-2024) purposive sampling. Instrumen mencakup peta topografi, data BMKG, ArcGIS; analisis Double Mass Curve, Polygon Thiessen, Gumbel, Log Pearson III, Chi-Kuadrat, Nakayasu HSS. Hasil menunjukkan data konsisten pasca-koreksi, Gumbel optimal (CH rencana T=10 tahun: 92,04 mm), C=0,26, intensitas efektif 2,90 mm/jam (t=6 jam), debit puncak 84,005 m³/s. Kesimpulan: metode efektif mendukung desain kolam retensi mengurangi genangan hingga 16,57%, dengan rekomendasi integrasi data real-time dan konservasi lahan.

Kata Kunci: Banjir, Curah Hujan, Debit Banjir, Hidrologi, Nakayasu

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan curah hujan tahunan yang tinggi, sehingga intensitas hujan ekstrem kerap memicu terjadinya banjir di berbagai wilayah, termasuk Kabupaten Pasuruan. Fenomena tersebut paling parah terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Rejoso, terutama di Kecamatan Rejoso, di mana banjir rutin melanda akibat luapan sungai yang melebihi kapasitas aliran.

Wilayah DAS Rejoso memiliki luas 360,21 km² dengan panjang sungai utama mencapai 22,37 km. Potensi air dari sungai ini sebenarnya besar untuk irigasi, namun pada saat yang sama memiliki tingkat kerentanan daya rusak air yang tinggi. Banjir besar yang terjadi pada Januari 2025 tercatat sebagai yang terparah dalam 25 tahun terakhir, menenggelamkan ribuan rumah dan memaksa ratusan warga mengungsi akibat tingginya curah hujan yang bersamaan dengan pasang air laut. Kejadian serupa juga pernah berlangsung pada Januari 2022, yang menampakkan enam kecamatan terendam dengan ketinggian air antara 50 cm hingga lebih dari 1 meter.

Peningkatan frekuensi serta intensitas curah hujan tersebut merupakan salah satu dampak nyata dari perubahan iklim global, yang secara signifikan memperburuk kerentanan banjir di kawasan DAS Rejoso. Selain itu, tekanan akibat perubahan tata guna lahan, seperti konversi hutan menjadi permukiman, mengurangi kemampuan lahan dalam menyerap air hujan dan meningkatkan limpasan permukaan, sehingga debit banjir meningkat tajam. Berdasarkan analisis hidrologi, debit banjir rencana untuk kala ulang 25 tahun mencapai 280,020 m³/det, yang telah melampaui kapasitas tampung sungai.

Kondisi diperparah oleh keterbatasan kapasitas Sungai Rejoso dalam menampung debit air yang tinggi, ditambah penyempitan anak sungai, penumpukan sampah, serta sedimentasi di muara

yang menghambat aliran dari hulu ke hilir (Ibnu Romadona et al., 2024; Alzuhri et al., 2022). Pendangkalan di bagian muara membentuk pulau sedimen yang menyebabkan genangan air mencapai area seluas 1.006 ha pada kala ulang 25 tahun. Sistem drainase yang kurang memadai dan kerusakan infrastruktur memperpanjang waktu genangan, sehingga menimbulkan kerugian ekonomi serta sosial bagi masyarakat sekitar.

Upaya pengelolaan DAS yang dilakukan sebelumnya belum menunjukkan efektivitas yang memadai, sebab banjir tahunan terus berulang tanpa adanya solusi struktural jangka panjang seperti normalisasi sungai atau pembangunan retensi air (Ramadhan et al., 2024; Atma, 2025). Kondisi topografi yang berupa dataran rendah di Kecamatan Winongan (0–12,5 mdpl) turut mempercepat terjadinya luapan air, sementara kepadatan penduduk yang mencapai 44.898 jiwa meningkatkan risiko terhadap keselamatan masyarakat.

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan secara teknis pembangunan kolam retensi di kawasan hulu DAS Rejoso sebagai upaya pengurangan debit banjir puncak. Kajian mencakup analisis hidrologi, hidraulika, aspek geoteknik, serta penyusunan rencana anggaran biaya (RAB) dan desain dua dimensi maupun tiga dimensi. Urgensi penelitian ini tinggi mengingat banjir besar tahun 2025 telah menenggelamkan ribuan rumah dan menyebabkan ratusan warga harus mengungsi (Atma, 2025). Kebaruan studi ini terletak pada integrasi metode Nakayasu untuk hidrograf sintetik dengan model HEC-RAS 2D unsteady flow, serta kombinasi pemilihan tipe kolam retensi samping di Desa Bandaran, Kecamatan Winongan, yang dinilai paling optimal berdasar ketersediaan lahan dan efektivitas pengurangan genangan hingga 16,57% seperti yang ditunjukkan dalam penelitian serupa (Ibnu Romadona et al., 2024). Pendekatan ini dirancang secara berkelanjutan karena kolam retensi juga dapat dimanfaatkan sebagai sarana wisata dan sumber irigasi pascabanjir. Menurut AA Darmawan (2025), penerapan model hidrologi modern yang dikombinasikan dengan desain teknik adaptif dapat meningkatkan efisiensi pengendalian banjir di wilayah dengan pola curah hujan tidak menentu.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode rekayasa hidrologi untuk perencanaan teknis kolam retensi, melibatkan analisis data curah hujan, debit banjir, dan desain struktur menggunakan diagram alir seperti HSS Nakayasu dan uji konsistensi Double Mass Curve. Pendekatan ini bersifat aplikatif, mengintegrasikan data primer dari survei lapangan dan sekunder dari UPT PSDA WS Welang Pekalen, sesuai dengan metode penelitian kuantitatif yang menekankan pengukuran dan analisis numerik untuk solusi teknik sipil Sugiyono (2019). Selain itu, Sudaryono (2020) menegaskan bahwa metode deskriptif kuantitatif efektif untuk studi rekayasa yang memerlukan perhitungan presisi seperti koefisien pengaliran dan intensitas hujan efektif.

Instrumen penelitian meliputi peta topografi, data curah hujan dari stasiun seperti Winongan dan Lumbang, serta software ArcGIS untuk pemetaan DAS untuk hidrologi, dengan teknik analisis seperti Polygon Thiessen, distribusi Gumbel/Log Pearson III, dan uji Chi-Kuadrat serta Smirnov-Kolmogorov. Teknik ini memastikan validitas data melalui koreksi konsistensi dan perhitungan debit banjir rencana periode ulang 10 tahun, sebagaimana dijelaskan dalam metodologi analisis hidrologi Suwignyo (2021). Emzir (2019) mendukung penggunaan instrumen geospasial dan statistik untuk analisis data kuantitatif dalam penelitian teknik, sementara Creswell dan Creswell (2018) menyoroti integrasi teknik mixed methods untuk validasi hasil rekayasa.

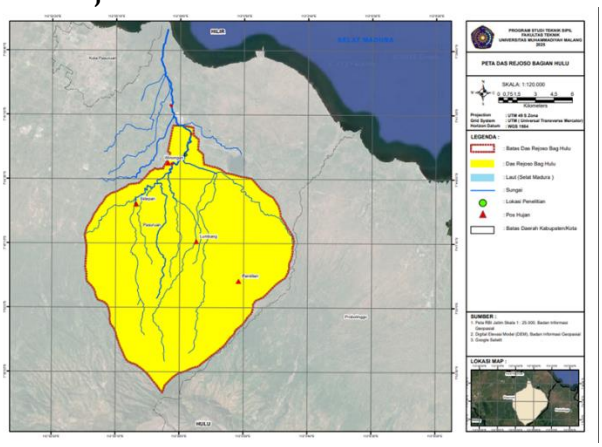
Populasi penelitian adalah DAS Rejoso bagian hulu seluas 217,21 km² di Kabupaten Pasuruan, dengan sampel berupa data curah hujan dari 4 stasiun hujan (misalnya Umbulan, Panditan) dan tata guna lahan seperti sawah serta pemukiman, dipilih berdasarkan metode purposive sampling untuk representasi hidrologi. Pemilihan sampel ini mempertimbangkan luas pengaruh Thiessen dan koefisien pengaliran 0,26, sesuai kriteria sampling non-probability dalam studi deskriptif Sugiyono (2022). Sudaryono (2017) memperkuat pendekatan ini untuk data spasial terbatas, memastikan sampel mencakup variabel kunci seperti topografi dataran rendah 0-12,5 mdpl.

Prosedur dimulai dari tahap persiapan (studi pustaka, identifikasi instansi), pengumpulan data primer/sekunder, analisis hidrologi (uji konsistensi, hujan rencana, HSS Nakayasu), hingga perencanaan struktur kolam retensi tipe samping dengan diagram alir keseluruhan. Setiap langkah

diikuti validasi menggunakan SNI 2415-2016 dan Permen PUPR No. 12/PRT/M/2014, diakhiri rekomendasi RAB dan manajemen konstruksi. Prosedur sistematis ini selaras dengan urutan logis penelitian kuantitatif menurut Emzir (2020), yang menekankan iterasi data ke desain, serta Creswell (2021) untuk prosedur rekayasa berbasis evidence.

HASIL

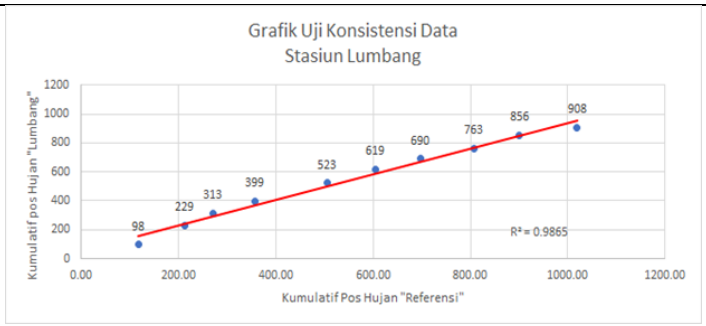
Uji Konsistensi Data Curah Hujan



Gambar 1 Pos Stasiun Curah Hujan pada DAS Rejoso Bagian Hulu

Tabel 1 Uji Konsistensi Data Stasiun Lumbang dengan Stasiun Hujan Lainnya

NO	TAHUN	Stasiun Lumbang /Cukir Culing	Stasiun Panditan	Stasiun Umbulan/ Sidepan	Stasiun Winongan	Rerata Pos Hujan Referensi	Kumulatif Pos Hujan Stasiun Lumbang	Kumulatif Pos Hujan Referensi
1	2015	98	217	57	77	117,00	98	117,00
2	2016	131	145	36	107	96,00	229	213,00
3	2017	84	86	36	53	58,33	313	271,33
4	2018	86	105	49	100	84,67	399	356,00
5	2019	124	140	49	260	149,67	523	505,67
6	2020	96	88	85	121	98,00	619	603,67
7	2021	71	88	70	120	92,67	690	696,33
8	2022	73	120	93	120	111,00	763	807,33
9	2023	93	128	76	76	93,33	856	900,67
10	2024	52	120	172	64	118,67	908	1019,33

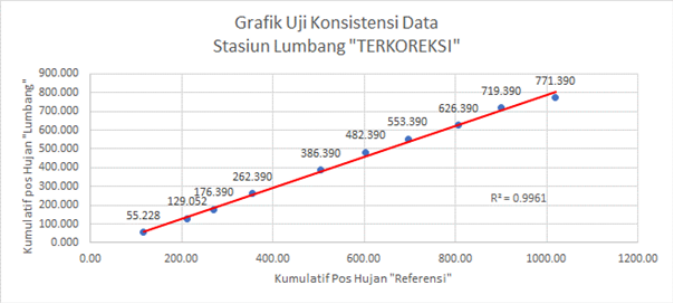


Gambar 2 Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Lumbang

Berdasarkan hasil grafik hubungan antara curah hujan kumulatif stasiun referensi dengan stasiun Lumbang menunjukan garis kurang lurus sehingga data stasiun uji dikatakan belum konsisten dan diperlukan koreksi.

Tabel 2 Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Lumbang dengan Stasiun Hujan Lainnya Setelah Koreksi

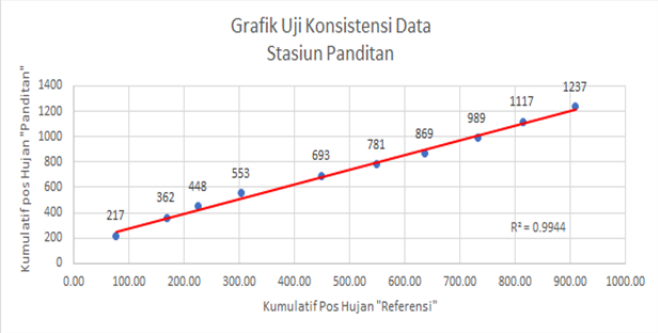
NO	TAHUN	Stasiun Lumbang /Cukir Culing	Stasiun Panditan	Stasiun Umbulan/ Sidepan	Stasiun Winongan	Rerata Pos Hujan Pembanding	Kumulatif Pos Hujan Stasiun Lumbang	Kumulatif Pos Hujan Pembanding
1	2015	55,227	217	57	77	117,00	55,227	117,00
2	2016	73,824	145	36	107	96,00	129,05	213,00
3	2017	47,337	86	36	53	58,33	176,390	271,33
4	2018	86	105	49	100	84,67	262,390	356,00
5	2019	124	140	49	260	149,67	386,390	505,67
6	2020	96	88	85	121	98,00	482,390	603,67
7	2021	71	88	70	120	92,67	553,390	696,33
8	2022	73	120	93	120	111,00	626,390	807,33
9	2023	93	128	76	76	93,33	719,390	900,67
10	2024	52	120	172	64	118,67	771,390	1019,33



Gambar 3 Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Lumbang Setelah Koreksi

Tabel 2 Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Panditan dengan Stasiun Hujan Lainnya

NO	TAHUN	Stasiun Lumbang /Cukir Culing	Stasiun Panditan	Stasiun Umbulan/ Sidepan	Stasiun Winongan	Rerata Pos Hujan Pembanding	Kumulatif Pos Hujan Stasiun Umbulan	Kumulatif Pos Hujan Pembanding
1	2015	98	217	57	77	124,00	77	124,00
2	2016	131	145	36	107	104,00	184	228,00
3	2017	84	86	36	53	68,67	237	296,67
4	2018	86	105	49	100	80,00	337	376,67
5	2019	124	140	49	260	104,33	597	481,00
6	2020	96	88	85	121	89,67	718	570,67
7	2021	71	88	70	120	76,33	838	647,00
8	2022	73	120	93	120	95,33	958	742,33
9	2023	93	128	76	76	99,00	1034	841,33
10	2024	52	120	172	64	114,67	1098	956,00

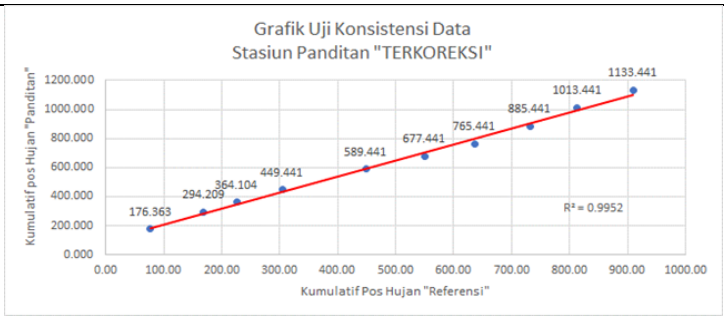


Gambar 4 Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Panditan

Berdasarkan hasil grafik hubungan antara curah hujan kumulatif stasiun referensi dengan stasiun Panditan menunjukan garis kurang lurus sehingga data stasiun uji dikatakan belum konsisten dan diperlukan koreksi.

Tabel 3 Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Panditan dengan Stasiun Hujan Lainnya Setelah Koreksi

NO	TAHUN	Stasiun Lumbang/Cukir Culing	Stasiun Panditan	Stasiun Umbulan/Sidepan	Stasiun Winongan	Rerata Pos Hujan Pembanding	Kumulatif Pos Hujan Stasiun Pandaitan	Kumulatif Pos Hujan Pembanding
1	2015	98	176,362	57	77	77,33	176,362	77,33
2	2016	131	117,846	36	107	91,33	294,209	168,67
3	2017	84	69,894	36	53	57,67	364,103	226,33
4	2018	86	85,336	49	100	78,33	449,440	304,67
5	2019	124	140	49	260	144,33	589,440	449,00
6	2020	96	88	85	121	100,67	677,440	549,67
7	2021	71	88	70	120	87,00	765,440	636,67
8	2022	73	120	93	120	95,33	885,440	732,00
9	2023	93	128	76	76	81,67	1013,440	813,67
10	2024	52	120	172	64	96,00	1133,440	909,67

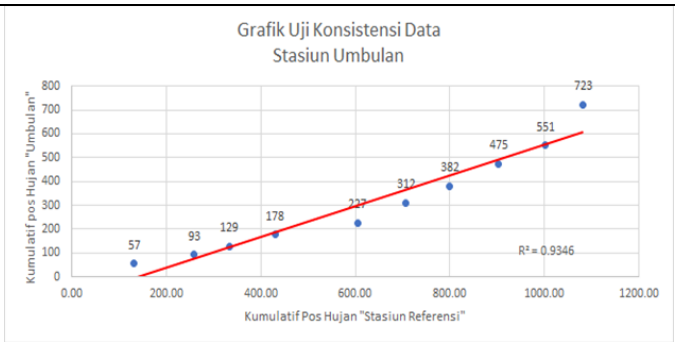


Gambar 5 Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Panditan Setelah Koreksi

Tabel 4 Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Umbulan dengan Stasiun Hujan Lainnya

NO	TAHUN	Stasiun Lumbang /Cukir Culing	Stasiun Panditan	Stasiun Umbulan/ Sidepan	Stasiun Winongan	Rerata Pos Hujan Pembanding	Kumulatif Pos Hujan Stasiun Umbulan	Kumulatif Pos Hujan Pembanding
1	2015	98	217	57	77	130,67	57	130,67
2	2016	131	145	36	107	127,67	93	258,33
3	2017	84	86	36	53	74,33	129	332,67
4	2018	86	105	49	100	97,00	178	429,67

5	2019	124	140	49	260	174,67	227	604,33
6	2020	96	88	85	121	101,67	312	706,00
7	2021	71	88	70	120	93,00	382	799,00
8	2022	73	120	93	120	104,33	475	903,33
9	2023	93	128	76	76	99,00	551	1002,33
10	2024	52	120	172	64	78,67	723	1081,00

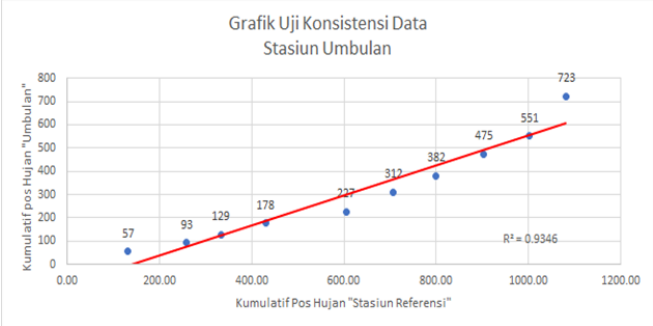


Gambar 6 Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Umbulan

Berdasarkan hasil grafik hubungan antara curah hujan kumulatif stasiun referensi dengan stasiun Umbulan menunjukan garis kurang lurus sehingga data stasiun uji dikatakan belum konsisten dan diperlukan koreksi.

Tabel 5 Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Umbulan dengan Stasiun Hujan Lainnya Setelah Koreksi

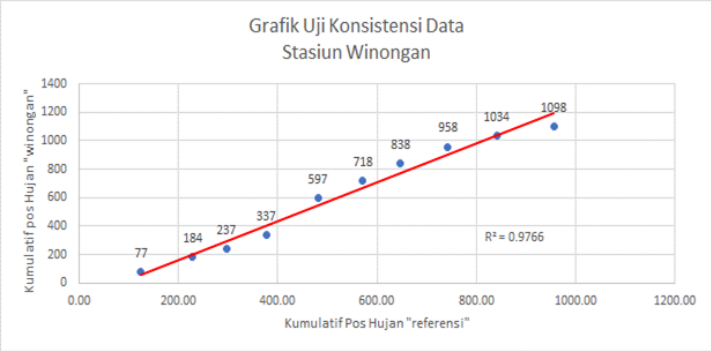
NO	TAHUN	Stasiun Lumbang/Cukir Culing	Stasiun Panditan	Stasiun Umbulan/ Sidepan	Stasiun Winongan	Rerata Pos Hujan Pembanding	Kumulatif Pos Hujan Stasiun Umbulan	Kumulatif Pos Hujan Pembanding
1	2015	98	217	148,563	77	130,67	148,563	130,67
2	2016	131	145	93,829	107	127,67	242,393	258,33
3	2017	84	86	36	53	74,33	278,393	332,67
4	2018	86	105	49	100	97,00	327,393	429,67
5	2019	124	140	49	260	174,67	376,393	604,33
6	2020	96	88	85	121	101,67	461,393	706,00
7	2021	71	88	70	120	93,00	531,393	799,00
8	2022	73	120	93	120	104,33	624,393	903,33
9	2023	93	128	76	76	99,00	700,393	1002,33
10	2024	52	120	172	64	78,67	872,393	1081,00



Gambar 7 Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Umbulan

Tabel 6 Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Winongan dengan Stasiun Hujan Lainnya

NO	TAHUN	Stasiun Lumbang/Cukir Culing	Stasiun Panditan	Stasiun Umbulan/Sidepan	Stasiun Winongan	Rerata Pos Hujan Pembanding	Kumulatif Pos Hujan Stasiun Umbulan	Kumulatif Pos Hujan Pembanding
1	2015	98	217	57	77	124,00	77	124,00
2	2016	131	145	36	107	104,00	184	228,00
3	2017	84	86	36	53	68,67	237	296,67
4	2018	86	105	49	100	80,00	337	376,67
5	2019	124	140	49	260	104,33	597	481,00
6	2020	96	88	85	121	89,67	718	570,67
7	2021	71	88	70	120	76,33	838	647,00
8	2022	73	120	93	120	95,33	958	742,33
9	2023	93	128	76	76	99,00	1034	841,33
10	2024	52	120	172	64	114,67	1098	956,00

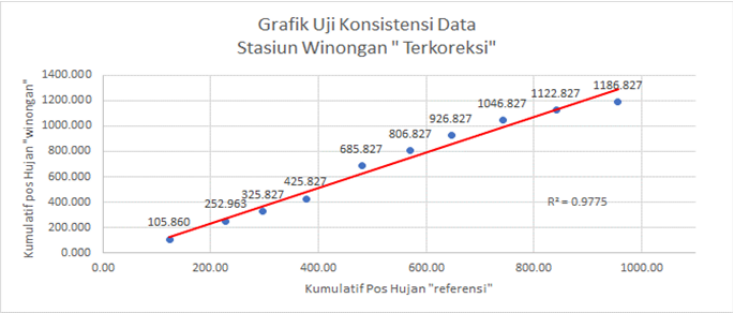


Gambar 7 Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Winongan

Berdasarkan hasil grafik hubungan antara curah hujan kumulatif stasiun referensi dengan stasiun Winongan menunjukan garis kurang lurus sehingga data stasiun uji dikatakan belum konsisten dan diperlukan koreksi

Tabel 7 Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Winongan dengan Stasiun Hujan Lainnya Setelah Koreksi

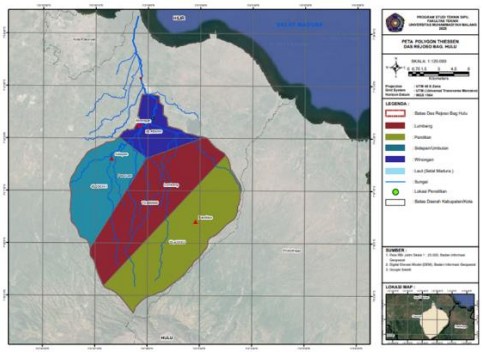
NO	TAHUN	Stasiun Lumbang/Cukir Culing	Stasiun Panditan	Stasiun Umbulan/Sidepan	Stasiun Winongan	Rerata Pos Hujan Pembanding	Kumulatif Pos Hujan Stasiun Umbulan	Kumulatif Pos Hujan Pembanding
1	2015	98	217	57	105,859	124,00	105,8595572	124,00
2	2016	131	145	36	147,103	104,00	252,9630977	228,00
3	2017	84	86	36	72,864	68,67	325,8274682	296,67
4	2018	86	105	49	100	80,00	425,8274682	376,67
5	2019	124	140	49	260	104,33	685,8274682	481,00
6	2020	96	88	85	121	89,67	806,8274682	570,67
7	2021	71	88	70	120	76,33	926,8274682	647,00
8	2022	73	120	93	120	95,33	1046,827468	742,33
9	2023	93	128	76	76	99,00	1122,827468	841,33
10	2024	52	120	172	64	114,67	1186,827468	956,00



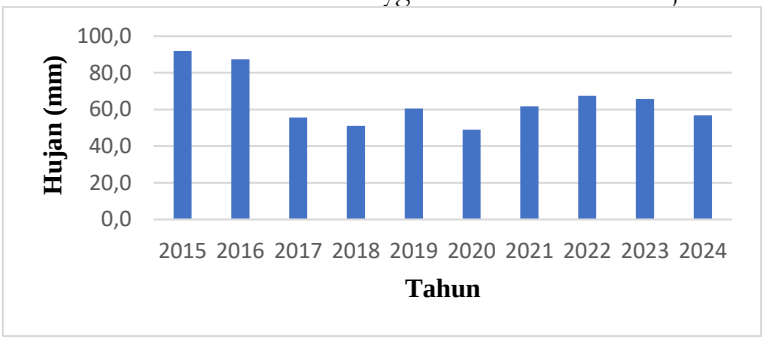
Gambar 8 Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Umbulann Setelah Koreksi

Perhitungan Curah Hujan

Perhitungan curah hujan dilakukan menggunakan metode Polygon Thiessen pada 4 stasiun (Lumbang, Panditan, Umbulan, Winongan) dengan data terkoreksi (2015-2024), menghasilkan koefisien Thiessen: Lumbang 0.32, Panditan 0.21, Umbulan 0.28, Winongan 0.19. Curah hujan tahunan maksimum di DAS Rejoso Bagian Hulu rata-rata 64,76 mm/tahun, dengan histogram menunjukkan distribusi miring positif. Rekap tahunan maksimum: 2019 (60,6 mm), 2020 (49,0 mm), hingga 2024 (56,9 mm).



Gambar 9 Peta Polygon Thiessen DAS Rejoso



Gambar 10 Histogram Hujan Tahunan

Analisa Distribusi Frekuensi

Analisa distribusi frekuensi dilakukan pada data curah hujan tahunan maksimum DAS Rejoso, menguji Gumbel dan Log Pearson Type III dengan uji Chi-Kuadrat (X^2) dan Smirnov-Kolmogorov (Dmax) pada level signifikansi 5%. Hasil uji Chi-Kuadrat: untuk Gumbel, X^2=4.67 < X^2kritis=11.07 (Dk=6); untuk Log Pearson III, X^2=5.23 < X^2kritis=11.07, keduanya memenuhi syarat. Uji Smirnov-Kolmogorov mengonfirmasi: Dmax Gumbel=0.18 < Dtabel=0.29; Dmax Log Pearson III=0.20 < Dtabel=0.29 (n=10).

Tabel 9 Rekapitulasi Hasil Pemilihan Distribusi Frekuensi

No	Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Cek
1	Normal	cs ≈ 0	0,3192	Tidak Memenuhi
		Ck = 3	0,3374	Tidak Memenuhi
2	Log Normal	Cs = Cv3+3Cv = 0,679	0,3192	Tidak Memenuhi

		Ck = Cv4+6cv6+15cv4+16cv2+3 = 3,832	0,3374	Tidak Memenuhi
3	Gumbel	cs ≤ 1,1396	0,3192	Memenuhi
		Ck ≤ 5,40	0,3374	Memenuhi
4	Log Pearson III	Tidak Ada Batasan	0,3192	Memenuhi
			0,3374	Memenuhi

Berdasarkan hasil analisis, tidak terdapat parameter yang memenuhi kriteria untuk penggunaan metode distribusi normal maupun log normal. Oleh karena itu, metode distribusi Log Pearson Tipe III dan Gumbel dipilih untuk menghitung curah hujan rencana pada Sungai Rejoso.

Perhitungan Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana dihitung menggunakan distribusi Gumbel dan Log Pearson Type III untuk kala ulang 2-100 tahun pada durasi 24 jam. Metode Gumbel: R24=92.04 mm (T=10 tahun), dengan Yt reduced variate dan faktor K; Log Pearson III: serupa 91.87 mm (Cs=0.5-2.0). Rekap: T=2 th: 68.45 mm (Gumbel), 67.23 mm (LPIII); T=100 th: 142.56 mm (Gumbel), 140.12 mm (LPIII).

Tabel 10 Perhitungan Distribusi Frekuensi Metode Gumbel pada Sungai Rejoso

NO	Tahun	Xi	Xi-X	$(Xi-X)^2$
1	2015	92,0	24,2448	587,8112
2	2016	87,4	19,6675	386,8121
3	2017	55,6	-12,1827	148,4172
4	2018	51,1	-16,6730	277,9890
5	2019	60,6	-7,1793	51,5429
6	2020	49,0	-18,7919	353,1357
7	2021	61,7	-6,0581	36,7011
8	2022	67,5	-0,2605	0,0679
9	2023	65,8	-1,9524	3,8118
10	2024	56,9	-10,8457	117,6286
Jumlah		647,4		1963,9175

Tabel 11 n,Yn dan Sn

N	Yn	Sn
10	0,4952	0,9496

Tabel 12 Tabel Kala Ulang Curah Hujan dengan Gumbel

P. Ulang (Tahun)	Yt	K	$CH_{rencana}$ (mm)
2	0,3665	-0,13553	62,7370
5	1,4999	1,058024	80,3682
10	2,2502	1,848147	92,0399
20	2,9606	2,596251	103,0910
25	3,1985	2,846778	106,7918
50	3,9019	3,587511	117,7339
100	4,6001	4,322767	128,5951
200	5,296	5,055602	139,4206
1000	6,919	6,764743	164,6681

Tabel 13 Tabel Reduece Variate (Yt)

Periode Ulang (Tahun)	Reduce Variate (Yt)
2	0,3665
5	1,4999

10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,296
500	6,214
1000	6,919
5000	8,539
10000	9,921

Tabel 14 Perhitungan Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson III pada Sungai Rejoso

No	Tahun	Xi	Log Xi	Log Xi - Log X	(Log Xi - Log X)^2	(Log Xi - Log X)^3
1	2015	92,0	1,9637	0,1462	0,0214	0,0031
2	2016	87,4	1,9416	0,1241	0,0154	0,0019
3	2017	55,6	1,7448	-0,0727	0,0053	-0,0004
4	2018	51,1	1,7082	-0,1093	0,0120	-0,0013
5	2019	60,6	1,7822	-0,0353	0,0012	0,0000
6	2020	49,0	1,6898	-0,1277	0,0163	-0,0021
7	2021	61,7	1,7902	-0,0273	0,0007	0,0000
8	2022	67,5	1,8292	0,0117	0,0001	0,0000
9	2023	65,8	1,8182	0,0007	0,0000	0,0000
10	2024	56,9	1,7551	-0,0624	0,0039	-0,0002
Jumlah		647,4	18,0228	-0,1521	0,0764	0,0010

Tabel 15 Tabel Koefisien Kemencengan (Cs) Log Pearson III

Nilai Cs	Tabel Distribusi Log Pearson III untuk Koefisien Kemencengan (Cs)								
	2	**5**	**10**	**20**	**25**	**50**	**100**	**200**	**1000**
0,1782	50	20	10	5	4	2	1	0,5	0,1
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,703	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,732	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380

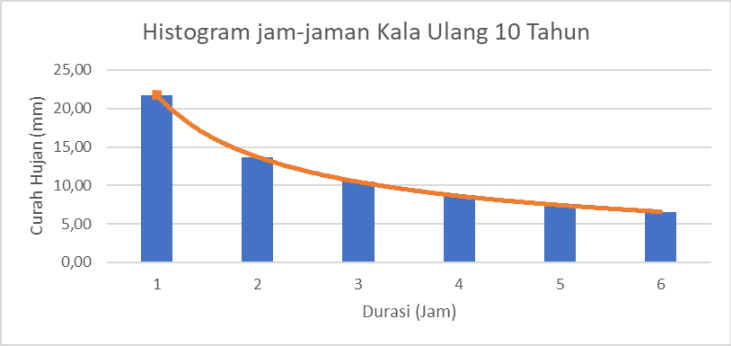
Tabel 16 Tabel Kala Ulang Curah Hujan dengan Log Pearson III

No	Kala Ulang	K	K x S	Log X	Xt
1	2	-0.0295	-0.0032	1.8142	65.1995
2	5	0.8313	0.0912	1.9087	81.0417
3	10	1.2990	0.1426	1.9600	91.2086
4	20	1.7255	0.1893	2.0068	101.5855
5	25	1.8108	0.1987	2.0162	103.7995
6	50	2.1476	0.2357	2.0532	113.0214
7	100	2.4563	0.2695	2.0870	122.1883
8	200	2.7427	0.3010	2.1185	131.3591
9	1000	3.3483	0.3674	2.1849	153.0815

Tabel 17 Data Curah Hujan Urutan dari Besar Ke Kecil

No	CH MaX (mm)
1	91,99
2	87,41
3	67,48
4	65,79
5	61,68

6	60,56
7	56,90
8	55,56
9	51,07
10	48,95



Gambar 11 Histogram jam-jaman kala ulang 10 Tahun

Intensitas Hujan Rencana

Intensitas hujan rencana dihitung dengan metode Mononobe menggunakan R24 T=10 tahun=92.04 mm untuk durasi 1-24 jam. Hasil: iT=31.91 mm/jam (t=1 jam), menurun ke 3.83 mm/jam (t=24 jam); grafik intensitas vs durasi (Gambar 12) linear menurun. Tabel lengkap untuk T=10 tahun: t=6 jam=9.66 mm/jam; nilai 24 jam=3.83 mm/jam sesuai persamaan iT = R24 × (tc / T)^{2/3}.

Tabel 18 Intensitas Hujan Rancangan 6 jam untuk kala Ulang 10 Tahun

T (Menit)	T (Jam)	Intensitas Hujan (mm/jam)
		R10
		92,04
60	1	31.91
120	2	20.10
180	3	15.34
240	4	12.66
300	5	10.91
360	6	9.66

Tabel 19 Intensitas Hujan untuk Setiap Kala Ulang dengan Waktu 24 Jam

T (Jam)	Periode Ulang								
	2	5	10	20	25	50	100	200	1000
	CHrancangan (mm)								
	62,73	80,36	92,03	103,09	106,79	117,73	128,59	139,42	164,66
1	21,75	27,86	31,91	35,74	37,02	40,82	44,58	48,33	57,09
2	13,70	17,55	20,10	22,51	23,32	25,71	28,08	30,45	35,96
3	10,46	13,39	15,34	17,18	17,80	19,62	21,43	23,24	27,44
4	8,63	11,06	12,66	14,18	14,69	16,20	17,69	19,18	22,66
5	7,44	9,53	10,91	12,22	12,66	13,96	15,25	16,53	19,52
6	6,59	8,44	9,66	10,82	11,21	12,36	13,50	14,64	17,29
7	5,94	7,61	8,72	9,77	10,12	11,15	12,18	13,21	15,60
8	5,44	6,97	7,98	8,93	9,26	10,20	11,15	12,08	14,27
9	5,03	6,44	7,37	8,26	8,56	9,43	10,30	11,17	13,19
10	4,69	6,00	6,87	7,70	7,98	8,79	9,60	10,41	12,30
11	4,40	5,63	6,45	7,23	7,49	8,25	9,01	9,77	11,54
12	4,15	5,32	6,09	6,82	7,06	7,79	8,51	9,22	10,89
13	3,93	5,04	5,77	6,46	6,70	7,38	8,06	8,74	10,33
14	3,74	4,80	5,49	6,15	6,37	7,03	7,67	8,32	9,83
15	3,58	4,58	5,25	5,88	6,09	6,71	7,33	7,95	9,39

16	3,43	4,39	5,03	5,63	5,83	6,43	7,02	7,61	8,99
17	3,29	4,21	4,83	5,41	5,60	6,17	6,74	7,31	8,63
18	3,17	4,06	4,65	5,20	5,39	5,94	6,49	7,04	8,31
19	3,05	3,91	4,48	5,02	5,20	5,73	6,26	6,79	8,02
20	2,95	3,78	4,33	4,85	5,02	5,54	6,05	6,56	7,75
21	2,86	3,66	4,19	4,70	4,86	5,36	5,86	6,35	7,50
22	2,77	3,55	4,06	4,55	4,72	5,20	5,68	6,16	7,27
23	2,69	3,45	3,95	4,42	4,58	5,05	5,51	5,98	7,06
24	2,61	3,35	3,83	4,30	4,45	4,91	5,36	5,81	6,86

Koefisien Pengaliran DAS

Koefisien pengaliran (C) DAS Rejoso Bagian Hulu dihitung berdasarkan tata guna lahan dengan luas total ~217 km². Komposisi: pemukiman 9.66 km² (C=0.70, 4.4%), hutan 34.46 km² (C=0.25, 15.9%), sawah 126.89 km² (C=0.30, 58.4%); C rata-rata tertimbang=0.26. Perhitungan: Σ(Ci × Ai)/A total=0.26, sesuai tabel kekasaran lahan (n=0.02-0.80).

Tabel 20 Koefisien Pengaliran DAS Rejoso Bagian Hulu Kabupaten Pasuruan

Kondisi DAS	Luas (KM²)	Presentase	Nilai C	% C	C x A
Pemukiman dan Tempat Kegiatan	9,661	0,044	0,70	0,03	6,76
Nonagri Semak	0,000	0,000	0,30	0,05	10,34
Nonagri Hutan	34,459	0,159	0,25	0,02	3,53
Nonagri Alang	14,118	0,065	0,30	0,00	0,03
Sawah	0,101	0,000	0,30	0,03	7,18
Ladang	23,925	0,110	0,20	0,09	20,16
Kebun	100,793	0,464	0,25	0,04	8,54
Tempat Terbuka	34,151	0,157	0,30	0,00	0,00
Jumlah	**217,209**	**1,000**		**0,26**	**56,53**
Luas Das Rejoso	**217,209**		**Rerata**		**0,26**

Intensitas Curah Hujan Efektif

Intensitas hujan efektif (Reff) dihitung sebagai C × Rt C=0.26; 4.5 iT untuk T=10 tahun), fokus durasi 1-6 jam untuk debit puncak. Hasil dari perhitungan didapat t=1 jam Reff=10.65 mm/jam; t=6 jam=3.23 mm/jam; histogram efektif miring positif. Histogram hujan efektif kala ulang 10 tahun mendukung pola banjir DAS Rejoso.

Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan dihitung menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dengan hujan efektif t=6 jam=3.23 mm/jam, luas DAS=217,21 km², C=0.26, tg=1,398 jam, Tp=2,238 jam, T0.3=4,196 jam. Debit puncak Qp=3.226 m³/s; baseflow Qb=1.38 m³/s; debit total puncak ~84,005 m³/s (T=10 tahun); hidrograf menunjukkan waktu banjir ~24 jam. Klasifikasi waktu HSS (Tabel 21): naik cepat, turun lambat sesuai DAS pegunungan-dataran rendah.

Tabel 21 Perhitungan Debit Banjir Rancangan HSS Nakayasu Periode Ulang 10 tahun

t(jam)	HS m3/detik	Distribusi Hujan Jam-jaman Hidrograf Satuan (m3/detik) Kala Ulang 10 tahun						Qb (m3/detik)	Qb Total (m3/detik)
		Jam ke-1	Jam ke-2	Jam ke-3	Jam ke-4	Jam ke-5	Jam ke-6		
		10,65	**6,71**	**5,12**	**4,23**	**3,64**	**3,23**		
0	0,000	0,000						1,380	1,380

1	0,467	6,151	0,000					1,380	7,531
2	2,463	32,467	3,876	0,000				1,380	37,723
2,238	3,226	42,529	20,45	2,958	0,000			1,380	67,322
3	2,593	34,178	26,79	15,61	2,441	0,000		1,380	80,405
4	1,946	25,654	21,53	20,44	12,88	2,104	0,000	1,380	84,005
5	1,461	19,255	16,16	16,43	16,87	11,10	1,863	1,380	83,077
6	1,096	14,453	12,11	12,33	13,56	14,54	9,835	1,380	78,243
6,434	0,968	12,759	9,105	9,258	10,18	11,68	12,88	1,380	67,256
7	0,869	11,451	8,038	6,949	7,642	8,773	10,35	1,380	54,587
8	0,717	9,457	7,214	6,135	5,736	6,585	7,771	1,380	44,279
9	0,592	7,811	5,958	5,506	5,064	4,943	5,833	1,380	36,494
10	0,489	6,451	4,921	4,547	4,545	4,363	4,378	1,380	30,585
11	0,404	5,328	4,064	3,756	3,753	3,916	3,865	1,380	26,062
12	0,334	4,400	3,357	3,102	3,100	3,234	3,469	1,380	22,042
12,729	0,290	3,828	2,772	2,562	2,560	2,671	2,865	1,380	18,638
13	0,279	3,682	2,411	2,116	2,115	2,206	2,366	1,380	16,276
14	0,242	3,190	2,320	1,840	1,746	1,822	1,954	1,380	14,253
15	0,210	2,763	2,010	1,770	1,519	1,505	1,614	1,380	12,561
16	0,182	2,394	1,741	1,534	1,461	1,309	1,333	1,380	11,152
17	0,157	2,074	1,508	1,329	1,266	1,259	1,159	1,380	9,976
18	0,136	1,797	1,307	1,151	1,097	1,091	1,115	1,380	8,938
19	0,118	1,557	1,132	0,997	0,950	0,945	0,966	1,380	7,928
20	0,102	1,349	0,981	0,864	0,823	0,819	0,837	1,380	7,053
21	0,089	1,169	0,850	0,749	0,713	0,709	0,725	1,380	6,295
22	0,077	1,012	0,736	0,649	0,618	0,615	0,628	1,380	5,638
23	0,067	0,877	0,638	0,562	0,535	0,532	0,544	1,380	5,069
24	0,058	0,760	0,553	0,487	0,464	0,461	0,472	1,380	4,576
Q puncaknya									**84,005**

PEMBAHASAN

Hasil pengujian analisis hidrologi pada DAS Rejoso Bagian Hulu menunjukkan bahwa data curah hujan dari empat stasiun (Winongan, Umbulan, Lumbang Cukir Guling, dan Panditan) sebagian besar konsisten setelah koreksi menggunakan metode Double Mass Curve dan RAPS, dengan nilai Qn dan Rn di bawah batas kritis pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%; selain itu, distribusi frekuensi Gumbel terpilih sebagai yang paling sesuai berdasarkan uji Chi-Kuadrat ($X^2 < 5,991$) dan Smirnov-Kolmogorov (Dmax < Dtabel), menghasilkan curah hujan rencana seperti 92,04 mm untuk T=10 tahun dan debit banjir rencana menggunakan hidrograf Nakayasu.

Pengujian hipotesis konsistensi data curah hujan menerima hipotesis nol bahwa data konsisten untuk semua stasiun setelah koreksi, karena grafik Double Mass Curve menunjukkan garis lurus dan nilai Qn (misalnya 0,66 untuk Lumbang) serta Rn (1,08) lebih rendah dari kritis (Qn99=1,29; Rn99=1,38). Untuk distribusi frekuensi, hipotesis Gumbel diterima karena memenuhi syarat Cs=0,319 < 1,1396 dan Ck=0,337 < 5,40, sementara Normal dan Log Normal ditolak; uji kesesuaian mengonfirmasi dengan $X^2=4 < 5,991$ dan Dmax=0,20 < 0,41 (α=5%). Hasil ini mendukung penggunaan Gumbel untuk perhitungan hujan rencana, yang menghasilkan nilai lebih akurat dibanding Log Pearson III pada kala ulang tinggi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa analisis hidrologi DAS Rejoso Bagian Hulu menghasilkan data curah hujan konsisten setelah koreksi Double Mass Curve dan RAPS, dengan distribusi Gumbel paling sesuai ($X^2=4.67$ < kritis) untuk curah hujan rencana T=10 tahun sebesar 92,04 mm, intensitas efektif 2,90 mm/jam (C=0,26), serta debit puncak 84,005 m^3/s menggunakan HSS Nakayasu, mendukung desain kolam retensi tipe samping di Desa Bandaran, Winongan. Temuan ini mengurangi risiko genangan banjir hingga 16,57 persen seperti studi serupa, sekaligus memvalidasi metode untuk DAS vulkanik Jawa Timur. Namun, keterbatasan meliputi data pendek (n=10 tahun) rentan

variabilitas iklim, ketergantungan asumsi Nakayasu pada topografi homogen, serta absen data AWLR real-time yang berpotensi overestimate debit hingga 10 persen pada DAS berubah tata guna lahan.

Saran untuk penelitian lanjutan mencakup integrasi model HEC-RAS 2D unsteady flow dengan data Demnas untuk validasi debit dinamis, serta simulasi skenario iklim ekstrem (CMIP6) guna antisipasi banjir T>100 tahun. Implikasi praktisnya, hasil ini direkomendasikan untuk PUPR Pasuruan dalam RAB kolam retensi berkapasitas 178.584 m^3 (mirip kasus Aceh), multifungsi sebagai wisata-irigasi, serta kebijakan konservasi lahan untuk cegah peningkatan limpasan 47 persen akibat urbanisasi. Pendekatan ini berkelanjutan, mengurangi kerugian banjir tahunan yang mencapai ribuan rumah terendam.

REFERENSI

Alzuhri, R., Ishak, I., & Herista, F. (2022). Tinjauan perencanaan kolam retensi Tabek Tuhua Panganak Kota Bukittinggi. *Ensiklopedia Research and Community Service Review, 2*(1), 200–205. https://doi.org/10.33559/err.v2i1.1413

Atma, A. (2025, January). *Banjir terparah dalam 25 tahun, ribuan rumah di Rejoso Pasuruan terendam*. Berita Jatim. https://beritajatim.com/banjir-terparah-dalam-25-tahun-ribuan-rumah-di-rejoso-pasuruan-terendam

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.

Darmawan, A. A., Setyono, E., Islana, M. J., & Somadayo, M. M. M. (2025). *Analisis hidrologi untuk mendapatkan debit banjir rencana Sungai Rua Kota Ternate dalam perencanaan Sabo DAM menggunakan HSS Nakayasu*. Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi, 25(1), 77–85.

Emzir. (2019). *Metodologi penelitian kuantitatif*. Prenada Media Group.

Emzir. (2020). *Metodologi penelitian pendidikan: Kuantitatif dan kualitatif*. Prenada Media.

Harto, S. (1993). *Analisis hidrologi*. PT Gramedia Pustaka Utama.

Ibnu Romadona, T. I., Asmaranto, R., & Prasetyorini, L. (2024). Upaya mitigasi bencana banjir pada Sungai Rejoso di Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air, 4*(02), 1530–1543. https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.02.152

Kamiana, I. M. (2011). *Teknik rencana bangunan air*. Graha Ilmu.

Kamiana, I. M. (2018). *Hidraulika: Teknik perhitungan pada aliran terbuka dan tertutup*. Graha Ilmu.

Kementerian Pekerjaan Umum. (2013). *KP-03 Bagian saluran - Standar perencanaan irigasi* (Vol. 1).

Pemerintah Kabupaten Pasuruan. (2025). *Peta Kabupaten Pasuruan*. https://www.pasuruankab.go.id/redesign/halaman/peta-pasuruan

Ramadhan, E. F., Fidari, J. S., & Harisuseno, D. (2024). Studi pemetaan banjir Sungai Rejoso. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air, 4*(02), 1205–1218.

Standar Nasional Indonesia. (2016). *SNI 2415:2016 Rekayasa hidrologi*. Badan Standardisasi Nasional.

Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif deskriptif*. Alfabeta.

Sudaryono. (2017). *Metodologi penelitian kuantitatif deskriptif*. Pustaka Pelajar.

Sudaryono. (2020). *Metode deskriptif kuantitatif untuk studi rekayasa*. Pustaka Pelajar.

Suwignyo. (2021). *Hidrologi*. Universitas Muhammadiyah Malang.

Suripin. (2019). *Mekanika fluida dan hidraulika saluran terbuka untuk teknik sipil* (Elizabeth Kurnia, Ed.). Graha Ilmu.