

Septi Wulandari

TESIS IKKO BAGUS ISMANTO (147200054)

 Menakar Kesiapan Sekolah Rakyat

Document Details

Submission ID

trn:oid:::3618:142317558

Submission Date

Jun 9, 2026, 8:50 PM GMT+7

Download Date

Jun 9, 2026, 8:56 PM GMT+7

File Name

TESIS IKKO BAGUS ISMANTO (147200054).pdf

File Size

3.4 MB

108 Pages

24,139 Words

127,598 Characters

18% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography

Exclusions

- 20 Excluded Matches

Top Sources

- 0%  Internet sources
- 18%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

0% Internet sources
 18% Publications
 0% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Publication	M. Imam Riady, Yessie Oktavianti. "Optimalisasi Kolam Retensi Di Kawasan Sekut...	<1%
2	Publication	Ija, Lulu Isnaini. "Analisis Penambahan Sistem Polder Pada Daerah Aliran Sungai ...	<1%
3	Publication	Tri Satriawansyah, Doni Setiawan. "PERENCANAAN SUMUR RESAPAN DAN LUBAN...	<1%
4	Publication	Angga Prasetyo, Eri Prawati, Agus Surandono. "ANALISIS DEBIT BANJIR DAERAH A...	<1%
5	Publication	Khalid Fauzi Aziz, Hening Anitasari. "Kelayakan Usaha Gerabah Desa Rendeng Ke...	<1%
6	Publication	Muhamad Arifin, Muchamad Arif Budiyanto. "ANALISIS KERUNTUHAN BENDUNG...	<1%
7	Publication	Irna Hendriyani, Martheana Kencanawati, Agus Nur Salam. "Analisis Kebutuhan ...	<1%
8	Publication	Achmad Nuril Maulidin, Toni Budi Santoso, Harjono. "Optimalisasi Pemanfaatan ...	<1%
9	Publication	Ahmad Safi'i, Eri Prawati, Yusuf Amran. "PERENCANAAN REHABILITASI TANGGUL ...	<1%
10	Publication	Okky Setyo Widodo, Sunaryo Hadi Warsito, Shelly Wulandari. "PENINGKATAN KESE...	<1%
11	Publication	Mulyati, Alif Sri. "Analisis Perbandingan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Deng...	<1%

12	Publication	Muhamad Yamin, Bagus Widhi Dharma S, Syarifatul Ulfah, Agus Winardi, Hendr...	<1%
13	Publication	Muchamad Arif Budiyanto, Tornado M. Ratu Ropa. "KAJIAN KAPASITAS SALURAN ...	<1%
14	Publication	Nugroho, Yanuar Setyo Adi. "Green Building Concept Assessment Pada Pembang...	<1%
15	Publication	Herol Herol, Isria Miharti Maherni Putri, Eky Estyning Yuliana, Mela Sari, Alma Na...	<1%
16	Publication	Sarbidi Sarbidi. "Kriteria Desain Drainase Kawasan Permukiman Kota Berwawasa...	<1%
17	Publication	Yuswal Subhy. "Kanal Alternatif Pengendali banjir Sub Das Sungai keledang "Stud...	<1%
18	Publication	Purwanti Sri Pudyastuti, Rizal Ahmad Musthofa. "Analisa Distribusi Curah Hujan ...	<1%
19	Publication	Rega Rizaldy Solihin, Anri Ramadan, Novi Asniar. "STUDI ANALISIS PERUBAHAN IK...	<1%
20	Publication	Cahyono, Prasetyo Budi. "Simulasi dan Evaluasi Saat Debit Maksimum Terhadap ...	<1%
21	Publication	Rafel Alberthus, M. R. Ayal, C. G. Buyang. "ANALISIS DEBIT LIMPASAN DAN PENAN...	<1%
22	Publication	Steanly Reynold. R. Pattiselanno. "IDENTIFIKASI SEMPADAN SUNGAI WAI RUHU T...	<1%
23	Publication	Arif Alfani, Hasep Saputra. "Menghujat dan Menista di Media Sosial Perspektif Hu...	<1%
24	Publication	Adhi Surya, Sulastini Sulastini, Fredyanto Setya Budi. "KAJIAN DEBIT BANJIR RENC...	<1%
25	Publication	Mariano Ado G. Pukan, Agustinus H. Pattiraja, Sri Santi L M F Seran. "ANALISA M...	<1%

26	Publication	Tejowati, Putri. "Evaluasi Kondisi Sanitasi Bangunan dan Lingkungan di Rusunaw...	<1%
27	Publication	Teddy Jackson Laipeny, Warniyati Warniyati, Tri Octaviani Sihombing, Monica R. T...	<1%
28	Publication	Ryan Rizki, Eri Prawati, Ida Hadijah. "ANALISIS SISTEM DRAINASE UNDERPASS UN...	<1%
29	Publication	Fransiskus Odaligo Ndruru, Sheila Hani, Ridwan Nasution. "Pengaruh Kualitas Sis...	<1%
30	Publication	Putu Doddy Heka Ardana, Ni Kadek Astariani, I Wayan Yana Armada. "EVALUASI ...	<1%
31	Publication	Didin Najimuddin, Ady Purnama, Ari Wijaya. "STUDI PERENCANAAN TEKNIS BAN...	<1%
32	Publication	Mushthofa ST. "PERENCANAAN PERHITUNGAN ANGKA KEBUTUHAN NYATA OPER...	<1%
33	Publication	Aris Sujarwo, Wateno Oetomo. "Analisis Waktu dan Biaya Pembangunan Gedung ...	<1%
34	Publication	Adams Nur Oktalinov Fikri, Hanie Teki Tjendani, Wateno Oetomo. "Analysis of ur...	<1%
35	Publication	Ridwan Mustofa Fara, Faradlillah Saves, Hudhiyantoro Hudhiyantoro. "EVALUASI ...	<1%
36	Publication	Risky Widya Sari, M. Zainul Ikhwan, Alfia Nur Rahmawati. "Analisis Kinerja Salura...	<1%
37	Publication	Ferry Juniansyah, Fitria Handayani, Anggraini Purwasih. "ANALISIS PASANG SURU...	<1%
38	Publication	Sabari Sabari. "Manajemen Media Massa Hizbut Tahrir Indonesia", Ilmu Dakwah: ...	<1%
39	Publication	Derry Sulisti Adi Putra. "Konstruksi Kausatif Perifrastis dalam Bahasa Indonesia (...)	<1%

40	Publication	I.W. Yasa, H. Sulistiyono, H. Hartana, I.D.G. Jayanegara, H. Saidah, Y. Saadi, D.M. A...	<1%
41	Publication	Putu Doddy Heka Ardana, Ketut Soriarta, I Gede Arimbawa Widnyana, I Wayan Di...	<1%
42	Publication	Tahan Tahan. "ANALISA SALURAN DI DESA GOHONG KECAMATAN KAHAYAN HILI...	<1%
43	Publication	Uda Gerardus, Astri Atti, Maria Agustina Kleden. "STATISTIK ILMU SOSIAL", INA-R...	<1%
44	Publication	Bachtiar Ilham Maulana, Entin Hidayah, Gusfan Halik. "Flood Susceptibility Mappi...	<1%
45	Publication	Melvi Zulherfina, Yiniarti Eka Kumala, Dhemi Harlan, Suardi Natasaputra, Alif Kan...	<1%
46	Publication	Muhammad Harisul Fahmi, Nurani Hartatik. "Analisis Kinerja Putaran Balik (U-Tu...	<1%
47	Publication	Eri Prawati, Eva Rolia, Faldan Ashiddiqy. "ANALISA SISTEM DRAINASE TERHADAP P...	<1%
48	Publication	Gusta Gunawan. "ANALISIS DATA HIDROLOGI SUNGAI AIR BENGKULU MENGGUN...	<1%
49	Publication	Handoko, Brama Sakti. "Double Sensor Kadar Oksigen Untuk Identifikasi Penderi...	<1%
50	Publication	Robby Marzuki. "Analisa Dimensi Saluran Terbuka Guna Menanggulangi Banjir Ta...	<1%
51	Publication	Muhamad Syahroni. "PEAK DEBIT ANALYSIS USING SYNTHETIC UNIT HYDOGRAPH...	<1%
52	Publication	Badaruddin, Tri Satriawansyah, Faturrahman. "ANALISIS SEDIMENTASI PADA BEN...	<1%
53	Publication	Rafael M. Osok, Silwanus M. Talakua, Alfredo Manusama, Pieter J. Kunu. "Karakte...	<1%

54	Publication	Dyah Laras Pitaloka, Raymond Ch. Tarore, Esli D. Takumansang. "Analisis Debit P...	<1%
55	Publication	Fauziah, Shiska. "Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Dengan Menggunakan Soft...	<1%
56	Publication	Moh. Sabar Alim, Cholilul Chayati, Ahmad Suwandi. "PERENCANAAN DIMENSI SAL...	<1%
57	Publication	Sani, Farid Ibnu. "Nilai – Nilai Pendidikan Tauhid Syekh Siti Jenar (Studi Pemikiran...	<1%
58	Publication	Atmi Ayu Sisdamantri .. "PERENCANAAN SALURAN DRAINASE PRIMER PARIT SUN...	<1%
59	Publication	V.W. Andiese, S.R. Oktavia, N.B. Rustiati, T. Amaliyah, N. Djupanda. "Analisis Debit...	<1%
60	Publication	Viva Oktaviani. "Analisis Saluran Drainase Pada Perumahan Untuk Periode 5 Tah...	<1%
61	Publication	Eka Saputri Eka, Rawiyah Husnan, Barry Yusuf Labdul. "Analisis Ketersediaan dan...	<1%
62	Publication	Zhafran Muhammad Asyam Bustomi, Hendarmawan Hendarmawan, Zufaldi Zak...	<1%
63	Publication	Himam, Muhamad Khudza Alfi. "Analisa Dampak Lalu Lintas Dari Pembangunan ...	<1%
64	Publication	Novita Irma Diana Magrib, Charles J. Tiwery. "Perencanaan Saluran Drainase seb...	<1%
65	Publication	U., Erri Gunrahti Yuni. "Penegakan Hukum Terhadap Tindak Pidana Penolakan Je...	<1%
66	Publication	Azeramal Rasuli, Marhadi Sastra. "PERANCANGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR D...	<1%
67	Publication	Effendi, M. Rokhis Milzam. "Model Kinerja Sdm Berbasis Person Organization Fit d...	<1%

68	Publication	Oscar Hidayat, Tri Sefrus, Meilani Belladona. MAJALAH TEKNIK SIMES, 2021	<1%
69	Publication	Tahan Tahan. "DESAIN JARINGAN RAWA DI WILAYAH KANTAN KECAMATAN PAND...	<1%
70	Publication	Azwar Rahmatullah. "Perencanaan kolam retensi di sungai klasuluk kabupaten S...	<1%
71	Publication	Laila Gusri. "ANALISA RUAS DRAINASE PERUMAHAN SAMUDERA AFROZA 3, KELU...	<1%
72	Publication	"Territorial Landscapes Solutions for Sustainable Energy and Food Security", Spri...	<1%
73	Publication	Apu R. Anggen. "Potensi Pengembangan Mikro Hidro Sungai Pasak Suling Kabup...	<1%
74	Publication	Kurnia Ulfi Listyana, Very Dermawan, Evi Nur Cahya. "IMPLEMENTASI BUILDING I...	<1%
75	Publication	Mochamad Azwar Anas, Hanafi Aswad, Mas ud Sar. "Model intensitas hujan akiba...	<1%
76	Publication	Mulyadi, Dudung. "Simulasi Multi Sumber air dan Reservoir Memakai Energi Ber...	<1%
77	Publication	Ofik Taupik Purwadi, Lusmeilia Afriani, Irza Sukmana. "Perbandingan Hitungan D...	<1%
78	Publication	Rizki Astri Apriliani, Nurul Jannah Asid, Yunus Susilo, Aldea Noor Alina, Ardi Nurca...	<1%
79	Publication	Sicilia Afriyani, Haris Haris, Iswahyudi Iswahyudi. "Analisis Kapasitas Penampang ...	<1%
80	Publication	Ari Azhar Maulana, Harnita Rosalina. "EVALUASI DAMPAK BANJIR AKIBAT PERUBA...	<1%
81	Publication	Muhammad Khalis Ilmi. "Penentuan Debit Lingkungan Di DAS Dodokan Berdasar...	<1%

82	Publication	Tri Satriawansyah. "PERENCANAAN RESAPAN AIR SEBAGAI ALTERNATIF PENANGG...	<1%
83	Publication	Ahdan Jauhari, Muhammad Isradi. "Penentuan Skala Prioritas Pemeliharaan Jala...	<1%
84	Publication	Herol Herol, Isria Miharti Maherni Putri, Abdul jabbar Jabbar, Adam Uji Ramadha...	<1%
85	Publication	I Gede Deky Suwareka Utama, Putu Agustana. "MANAJEMEN DRAINASE DINAS PE...	<1%
86	Publication	Kabir, Humayun. "The Practical of Public Notary Position and Ethical Code in Ban...	<1%
87	Publication	Suharto Suharto. "ANALISA KAPASITAS DIMENSI SALURAN DRAINASE DI JALAN KE...	<1%
88	Publication	Utami, Siska Nur. "Tanggung Jawab Werda Notaris Terhadap Hilangnya Minuta A...	<1%
89	Publication	Andriyus Andriyus, Ranggi Ade Febrian, Handrisal Handrisal, Dita Fisdian Adni. "P...	<1%
90	Publication	Azalia Fajri Yasin, Agung Pamudjianto Pamudjianto. "Evaluasi Kapasitas Drainase ...	<1%
91	Publication	Fuad Hasan, Bambang Eko Widyanto. "Efektivitas Penerapan Kolam Detensi dan ...	<1%
92	Publication	Irgi Mochamad Fachrur Rozi, Dwi Kartikasari, Prima Eko Agustyawan. "Analisa S...	<1%
93	Publication	Maya Dehani, Denny Hernawan, Irma Purnamasari. "EVALUASI PROGRAM KELUA...	<1%
94	Publication	Rizky Simanjuntak, Sagita Triswati Munte, Samuel Crescendo Sirait, Wisnu Prayog...	<1%
95	Publication	Syamsuddin, Achmad. "Kajian Sistem Kendali Pintu Air Berbasis Logika Fuzzy Pad...	<1%

96	Publication	Alfi Syukri, Ratna Wilis. "Pemetaan Daerah Rawan Banjir di Kabupaten Padang Pa...	<1%
97	Publication	Ria Defriyanti Ali. "PENGARUH MUKA AIR TANAH TERHADAP PENURUNAN FONDA...	<1%
98	Publication	Alpian Nur. "Penanggulangan Banjir Pada Kota Samarinda", Kurva S : Jurnal Keil...	<1%
99	Publication	Eko Winar Irianto. "PEMANFAATAN ZEOLIT PADA SUMUR RESAPAN AIR HUJAN UN...	<1%
100	Publication	International Commission on Large Dams. "Twenty-Eighth International Congres...	<1%
101	Publication	Elyana Elyana. "Penerapan Pendekatan Keterampilan Proses Untuk Meningkatkan...	<1%
102	Publication	Mishbahul Aziz, Sigit Winarto, Yosef Cahyo S.P. "Studi Analisa Perencanaan Perke...	<1%
103	Publication	Nolfin Diyata, Victoria E.N. Manoppo, Swenekhe S. Durand. "PERAN PEREMPUAN ...	<1%
104	Publication	Pandini, Dwi Intan. "Determinan Loyalitas Pelanggan Pada Produk PT. Unilever D...	<1%
105	Publication	Pengki Irawan, Junaedi Setiawan, Hendra Hendra, Novia Komala Sari, Shinta Awa...	<1%
106	Publication	Salim, M. Afif. "Model Strategi Adaptasi Banjir Pesisir", Universitas Islam Sultan A...	<1%
107	Publication	Agustinus Haryanto Pattiraja. "Analisis Potensi Kawasan Rawan Banjir Kota Kepa...	<1%
108	Publication	Alza Abyuliani, Ahmad Zakaria, Atika Sari. "PEMODELAN GENANGAN BANJIR SEBA...	<1%
109	Publication	Iktikafia, Aulia Oscar. "Pengaruh Kesiapan Individu Untuk Berubah Melalui Orien...	<1%

110	Publication	Lira Adiyani. "Nilai Faktor Pertumbuhan untuk Estimasi Hujan Rencana di Pulau J...	<1%
111	Publication	Mentari Kinasih, Ruslan Wirosoedarmo, Bambang Suharto. "Model of Optimizatio...	<1%
112	Publication	Putri, Naftalia Paramita. "Analisis Kelayakan Investasi pada Perumahan Dadapan...	<1%
113	Publication	Rahmat Kausar. "STUDI IDENTIFIKASI DAN ANALISA SISTEM DRAINASE UNTUK PE...	<1%
114	Publication	Rosmasari Siringgo-ringgo. "KAJIAN BEBAN PENCEMARAN BEBERAPA ANAK SUNG...	<1%
115	Publication	Samuel Harjanto, Fanny Aliza Savitri, Habib Ansari, Rifki Maulana. "Rekayasa Ge...	<1%
116	Publication	Cahyani, Elvana. "Pengaruh pemberian gel ekstrak bunga telang terhadap ekspr...	<1%
117	Publication	Edwin Kristovianus, Nurhayati Nurhayati, Uray Fery Andi. "Analisis Kapasitas Tam...	<1%
118	Publication	I Ketut Soriarta, Putu Doddy Heka Ardana, Ida Bagus Putu Yoga Manuaba, I Waya...	<1%
119	Publication	Larasati, Ayumi. "Implikasi Yuridis Pengalihan Fungsi Lahan Persawahan Menjadi...	<1%
120	Publication	Ramadhani Nur Fitasari Andi Mutavip, M. Zainul Ikhwan, Alfia Nur Rahmawati. "...	<1%
121	Publication	Roy Martin, Muhammad Fauzi, Khairul Amri. "ANALISIS DEBIT PUNCAK SUNGAI AI...	<1%
122	Publication	Yulisa Amalia, Eldina Fatimah, Cut Zukhrina Oktaviani. "Principal Component Ana...	<1%
123	Publication	Al-Aolawi, Mohammad Alfiqh. "Peningkatan Kinerja Sumber Daya Manusia Melal...	<1%

124	Publication	Bambang Sujatmoko, Muhammad Sukri, Andy Hendri. "Penanganan Banjir pada...	<1%
125	Publication	Belardo Prasetya Mega Jaya, Chatri Priariwi Ningrum, Trixi Karinina Dewi Sindhut...	<1%
126	Publication	Daru Adi, Muh Sarkowi, Ratna Widiyawati, Suharno. "Kajian Potensi Pengemban...	<1%
127	Publication	Bambang Sujatmoko, Manyuk Fauzi, Syarifah Sophia Vinka Zafani. "Mendeteksi ...	<1%
128	Publication	Eri Rihandiar, Muhammad Dikriyanto. "PERENCANAAN SISTEM DRAINASE JALAN R...	<1%
129	Publication	Hendy Apriyanza, Khairul Amri, Gusta Gunawan. "ANALISIS KEMAMPUAN SALURA...	<1%
130	Publication	Irianti Pemasela, James Siwu, Djemi Tomuka. "HASIL VISUM ET REPERTUM KORBA...	<1%
131	Publication	Jeremia V. Lumbantobing, Jeffry S. F. Sumarauw, Cindy J. Supit. "Analisis Debit Ba...	<1%
132	Publication	Setyaningsih, Theresia Puji. "Rasionalisasi pos Curah Hujan di Sistem Sungai Sem...	<1%
133	Publication	Stanov Purnawibowo. "Fragmen Keramik Asing: Jejak Hubungan Dagang di Situs ...	<1%
134	Publication	Zulkifli, Zulkifli. "Peran Energizing Ulul Albab Intellectual Dalam Meningkatkan Ki...	<1%
135	Publication	"Proceedings of the 6th International Conference on Rehabilitation and Maintena...	<1%
136	Publication	Andi Setyo Pambudi. "PENGARUH PENGETAHUAN, SIKAP DAN PERILAKU MASYAR...	<1%
137	Publication	Ari Ramadhan Hidayat, Agustini Ernawati, Muhammad Khalis Ilmi. "Analisis Debit...	<1%

138	Publication	B.N. Zega, Z. Zulfakriza, S. Rosalia, N.T. Puspito. "Seismic Hazard Potential in Yogy...	<1%
139	Publication	Bobby Gersom amari Aritonang, Tedy Agung Cahyadi, Peter Eka Rosadi, Barlian D...	<1%
140	Publication	Fasikhullisan, Fasikhullisan. "Studi Perbandingan Kinerja Gedung Menggunakan ...	<1%
141	Publication	Ferdianto, Raditya. "Peran Kegunaan dan Kemudahan Yang Dirasakan Dalam Me...	<1%
142	Publication	Latief M Rahman, Evi Nursari, Dwi Putro Tejo Baskoro. "Pengaruh embung dan k...	<1%
143	Publication	Masagung, Masagung. "Analisis prioritas penanganan jalan kabupaten Brebes m...	<1%
144	Publication	Meldiana Karim, Barry Yusuf Labdul, Rawiyah Husnan. "ANALISIS POLA DISTRIBU...	<1%
145	Publication	Mirnanda Cambodia, Suharno, Ika Kustiani, Arisky Dwi Pratama. "Analisis Perenc...	<1%
146	Publication	Nita Yuliati, Dikpride Despa, Armijon. "Penanganan Kerusakan Box Culvert Salur...	<1%
147	Publication	Nurhadi Nurhadi, Danang Gunarto, Umar Umar. "STUDY OF TIDAL INFLUENCE O...	<1%
148	Publication	Ostojic, Vladimir. "Integrisana multiveliainska obrada radiografskih snimaka.", U...	<1%
149	Publication	Putri Syaferina Djafar Putri, Rawiyah Husnan, Barry Yusuf Labdul. "POTENSI AIR ...	<1%
150	Publication	Rahman, Arif. "Analisis Ability to Pay (ATP) dan Willingness to Pay (WTP) Tarif Bus ...	<1%
151	Publication	Samuel Harjanto, Muhammad Arief, Rifki Maulana, Diwi Jelja Fitri, Fanny Aliza S...	<1%

152	Publication	Utomo, Lulut Riyan. "Desain dan pemilihan alternatif tanggul untuk penanggula...	<1%
153	Publication	Wulandari, Dian Eka Basri. "Berbasis Good Corporate Governance (GCG) Dengan F...	<1%
154	Publication	Zulfan Syahputra. "Perhitungan Dimensi Saluran Drainase Pada Daerah Persawa...	<1%
155	Publication	Dhinar Yoga Hanggung Legowo, Dwi Yuliasari, Daru Purbaningtyas. "Hydrologica...	<1%
156	Publication	Leon Paro, Luis Isaac. "Diseno de un Modulo Educativo a Escala de una Zaranda Vi...	<1%
157	Publication	Slamet Imam Wahyudi, Henny Pratiwi Adi, Esti Santoso, Rick Heikoop. "Simulatin...	<1%
158	Publication	Ziyan Lutfy Mubarak, Mohamad. "Analisis biaya transportasi dan tingkat pelayan...	<1%
159	Publication	Atie Rachmiate, Ike Junita Triwardhani, Alhamuddin, Cep Ubad Abdullah. "Islam, ...	<1%
160	Publication	Chaturvedi, Anya. "Improved Bi-Criteria Approximation for the All-or-Nothing Mu...	<1%
161	Publication	I Nyoman Wijaya Negara, Yohanes A.R. Langi, Tohap Manurung. "Analisis Portofo...	<1%
162	Publication	Irfan Rizky Maulana, Anisah Dwi Lathifah, Wildan Akhmad Syauqi, Awalia Khalifat...	<1%
163	Publication	Jenny Caroline, Arintha Indah Dwi Syafiarti. "Mengatasi Genangan Jalan Donowat...	<1%
164	Publication	Lolaro Windy Veronika Angel, Eddy Mantjoro, Grace O. Tambani. "KEADAAN SOSI...	<1%
165	Publication	Mardatillah. "TINJAUAN KAPASITAS SALURAN DRAINASE PADA JALAN POROS PAL...	<1%

166	Publication	Musa, Sultan Hidayatullah Khumar. "Strategi Quatum Learning Guru Pai Pada Pe...	<1%
167	Publication	Nabila, Poppy Sarah Hasna. "Implikasi yuridis terhadap notaris yangdiangkat me...	<1%
168	Publication	Pratiwi, Bianda Sekar. "Pengaruh Intellectual Capability , Budaya Perusahaan Da...	<1%
169	Publication	Ratih Nurmala Saridewi, Muchamad Arif Budiyanto. "PEMODELAN SISTEM DRAIN...	<1%
170	Publication	Verga Philipus Bangun, Kanton Lumban Toruan. "Rancang Bangun Penakar Huja...	<1%
171	Publication	Waode Zulia prihatin, Asep Huddiankuwera, Rezky Aprilyanto Wibowo, Sigit Risw...	<1%
172	Publication	Viva Oktaviani, Musrifah Tohir, Harto Suharto. "Studi Kapasitas Saluran Drainase ...	<1%
173	Publication	Bambang Tutuko, Diah Setyati Budiningrum. "KAJIAN ASPEK TEKNIS KAPASITAS T...	<1%

**ANALISIS SISTEM DRAINASE PERKOTAAN
JALAN PATIMURA – JALAN PANGLIMA POLIM
KABUPATEN BOJONEGORO
SEBAGAI MITIGASI BENCANA BANJIR**

TESIS

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Magister Teknik Sipil**



diajukan oleh:

IKKO BAGUS ISMANTO

NIM: 147200054

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2022**

Lembar Persetujuan

ANALISIS SISTEM DRAINASE PERKOTAAN KABUPATEN BOJONEGORO SEBAGAI MITIGASI BENCANA BANJIR

Diajukan oleh:

IKKO BAGUS ISMANTO
NIM: 147200054

Disetujui untuk diuji:
Surabaya, 2023

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Laksono Djoko Nugroho, MM., MT., IPU

Pembimbing 2:

Prof.Dr.Dr(TS).Ir.H.Wateno Oetomo, MM.,MT.,MH.,IPU

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2022

Halaman Penetapan Tim Penguji

ANALISIS SISTEM DRAINASE PERKOTAAN KABUPATEN BOJONEGORO SEBAGAI MITIGASI BENCANA BANJIR

Diajukan oleh:

IKKO BAGUS ISMANTO

NIM: 147200054

**Telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan dinyatakan lulus
pada ujian Tesis Program Studi Magister Teknik Sipil
Program Pascasarjana Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal :**

Tim Penguji

Ketua	:	
Anggota	:	
Anggota	:	

Mengetahui,
Fakultas Teknik

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Dekan

Kaprodik

(Dr. Ir. H. Sajiyo, M.Kes., IPM)

(Prof.Dr.Dr(TS).Ir.H.Wateno
Oetomo, MM.,MT.,MH.,IPU)

11

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “Analisis Sistem Drainase Perkotaan Kabupaten Bojonegoro Sebagai Mitigasi Bencana Banjir”.

11

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tesis ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

34

1. Dr. Ir. H. Sajiyo, M.Kes., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

33

2. Prof.Dr.Dr(TS).Ir.H.Wateno Oetomo, MM.,MT.,MH.,IPU selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

46

3. Dr. Ir. Laksono Djoko Nugroho, MM., MT., IPU sebagai Dosen Pembimbing I

4. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Teknik yang telah memberikan banyak dukungan, pengetahuan, serta arahan selama menempuh pendidikan

5. Keluarga saya yang selalu mendukung, memberikan doa serta nasihat kepada saya sehingga saya dapat menempuh pendidikan hingga saat ini

6. Teman-teman saya yang selalu memberikan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini berlangsung

7. Teman-teman Fakultas Teknik yang telah bersama-sama menempuh pendidikan sampai selesai

11

57

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Oleh karena itu saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Semoga Tesis ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Surabaya, 2023

Penulis

ANALISIS SISTEM DRAINASE PERKOTAAN KABUPATEN BOJONEGORO SEBAGAI MITIGASI BENCANA BANJIR

Ikko Bagus Ismanto, NIM: 147200054
Magister Teknik Sipil FT Untag Surabaya
Email: ikkobagoesismanto@gmail.com

ABSTRAK

Akses jalan menuju perkotaan Bojonegoro sering terendam banjir saat musim hujan dengan ketinggian air mencapai 30 cm. Akibat banjir ini mengganggu aktivitas warga, sehingga perlu dilakukan upaya untuk mencegah terjadinya banjir di kawasan ini.

Maksud dan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis penyebab terjadinya genangan air di area perkotaan Kabupaten Bojonegoro, menganalisis model sistem drainase yang diterapkan, menganalisis tingkat efektifitas model sistem drainase yang ada dan alternatif model sistem drainase yang paling efektif untuk diterapkan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah pendekatan analisa curah hujan dengan analisis distribusi Frekuensi Log Normal, Log Pearson III, dan E.J. Gumbell. Setelah dilakukan analisis tersebut lalu dilakukan uji pemilihan data menggunakan Uji *Chi Square* dan Smirnov Kolmogorov. Selanjutnya dari data yang dipilih dilakukan perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe, sedangkan untuk menghitung debit banjir yang terjadi menggunakan metode Rasional. Kemudian untuk menghitung kapasitas saluran, menggunakan metode Manning dan menghitung desain sumur resapan berdasarkan SNI No.03-2459-2002.

Adapun hasil penelitian ini ialah terjadinya genangan air di area perkotaan Kabupaten Bojonegoro disebabkan intensitas curah hujan yang tinggi yaitu pada menit ke 360 (6 jam) sebesar 12,94mm/jam. Model sistem drainase yang ada belum dapat menampung limpasan -1,14 m³/detik. Model sistem drainase yang diterapkan oleh pemerintah daerah Kabupaten Bojonegoro dibagi menjadi 2 area yaitu pada Jl. Pattimura dan Jl. Panglima Polim dengan besaran debit eksisting pada kala ulang 5 tahun (Q5) masing-masing Pattimura Kanan 1,96 m³/detik, Panglima Polim Kanan 0,19 m³/detik, Pattimura Kiri 1,70 m³/detik dan Panglima Polim Kiri 0,47 m³/detik. Tingkat keefektifan model sistem drainase yang diterapkan masih belum efektif karena masih ada yang belum mampu menampung debit banjir rencana. Alternatif model sistem drainase yang paling efektif untuk diterapkan di wilayah perkotaan Kabupaten Bojonegoro yakni dengan membuat sumur resapan karena mampu mereduksi banjir dengan persentase 96,00%. Sementara RAB untuk pembuatan sumur resapan sebesar Rp. 2.607.927.000,-.

Kata Kunci: pengendalian banjir, debit banjir, saluran drainase, sumur resapan.

THE ANALYSIS OF URBAN DRAINAGE SYSTEM IN BOJONEGORO REGENCY AS FLOOD DISASTER MITIGATION

Ikko Bagus Ismanto, NIM: 147200054
Magister Teknik Sipil FT Untag Surabaya
Email: ikkobagoesismanto@gmail.com

ABSTRACT

The road access to Bojonegoro are often flooded during the rainy season with water levels reaching 30 cm. As a result of this flood disrupt the activities of residents, so it is necessary to do efforts to prevent flooding in this area.

The aims and objectives of this study are to analyze the causes of stagnant water in urban areas of Bojonegoro Regency, to analyze the drainage system model applied, to analyze the level of effectiveness of existing drainage system models and the most effective alternative drainage system models to implement.

The method used in this research is the rainfall analysis approach by analyzing the frequency distribution of the Normal Log, Pearson III Log, and E.J. Gumbell. After the analysis was carried out, a data selection test was carried out using the Chi Square and Smirnov Kolmogorov Tests. Furthermore, from the selected data, the calculation of rain intensity is carried out using the Mononobe formula, while to calculate the flood discharge that occurs using the Rational method. Then to calculate the channel capacity, use the Manning method and calculate the infiltration well design based on SNI No.03-2459-2002.

The results of this study are the occurrence of puddles in urban areas of Bojonegoro Regency due to high rainfall intensity, namely at 360 minutes (6 hours) of 12.94mm/hour. The existing drainage system model cannot accommodate -1.14 m³/second runoff. The drainage system model implemented by the local government of Bojonegoro Regency is divided into 2 areas, namely on Jl. Pattimura and Jl. Panglima Polim with the amount of discharge existing at the 5 year return period (Q5) respectively Pattimura Kanan 1.96 m³/sec, Panglima Polim Right 0.19 m³/sec, Pattimura Left 1.70 m³/sec and Panglima Polim Left 0, 47 m³/sec. The level of effectiveness of the applied drainage system model is still not effective because some are still unable to accommodate the planned flood discharge. The most effective alternative model of the drainage system to be implemented in urban areas of Bojonegoro Regency is by making infiltration wells because they are able to reduce flooding with a percentage of 96.00%. While the RAB for making infiltration wells is Rp. 2,607,927,000,-.

Keywords: flood control, flood discharge, drainage channels, infiltration wells

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Persetujuan	ii
Halaman Penetapan Tim Penguji	iii
Kata Pengantar	iv
Abstrak	v
<i>Abstract</i>	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.1.1 Ringkasan Penelitian	7
2.1.2 Daftar Penelitian Terdahulu	10
2.2 Dasar Teori	15
2.2.1 Genangan	15
2.2.2 Sistem Drainase Perkotaan	15
2.2.3 Konsep Sistem jaringan Drainase yang Berkelanjutan	17
2.2.4 Siklus Hidrologi	17
2.2.5 Analisa Hidrologi	20
2.2.6 Curah Hujan Rerata Daerah	23
2.2.7 Analisa Periode Ulang Hujan (PUH)	26
2.2.8 Analisa Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum (HNM)	27
2.2.9 Analisa Distribusi Intensitas Curah Hujan	32
2.2.10 Analisa Intensitas Curah Hujan	32
2.2.11 Analisa Limpasan Permukaan Metode Rasional	32

2.2.12	Koefisien Pengaliran (C)	33
2.2.13	Waktu Mengalir pada Permukaan Tanah menuju Saluran Terdekat (tof, Time of Overland Flow)	35
2.2.14	Waktu Mengalir Pada Saluran (td, Time of Drain)	35
2.2.15	Waktu Konsentrasi (tc, Time of Concentration)	35
2.2.16	Intesitas Hujan (I)	36
2.2.17	Luas Daerah Aliran (A)	36
2.2.18	Kemiringan Medan Limpasan (So, Slope of Overland Flow)	36
2.2.19	Analisa Hidrolika	36
2.2.20	Kriteria Desain	38
BAB III METODE PENELITIAN		40
3.1	Alur Pikir Penelitian	40
3.2	Rancangan Penelitin	40
3.3	Subjek Penelitin	42
3.4	Lokasi dan Waktu Penelitian	42
3.5	Prosedur Pengumpulan Data	42
3.6	Teknik Analisis Data	43
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		44
4.1	Deskripsi Data	44
4.2	Hasil dan Temuan Penelitian	45
4.2.1	Analisis Hidrologi	45
4.2.2	Analisis Data Curah Hujan	46
4.2.3	Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi	61
4.2.4	Perhitungan Intensitas Curah Hujan	71
4.2.5	Analisis Debit Banjir Rencana	72
4.2.6	Analisis Hidrolika	71
4.2.7	Konsep Pengendalian Banjir	76
4.2.8	Analisis Finansial	83
BAB V PENUTUP		90
5.1	Kesimpulan	90
5.2	Saran	90
DAFTAR PUSAKA		91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Daftar Penelitian Terdahulu	10
Tabel 2.2	Penentuan PUH Untuk Perencanaan Drainase Perkotaan Jenis Kawasan.....	26
Tabel 2.3	Penentuan PUH untuk Perencanaan Drainase Perkotaan Berdasarkan Jenis Fasilitas	26
Tabel 2.4	Hubungan Nilai Y_T , σ_n dengan Jumlah Data (n)	30
Tabel 2.5	Koefisien Pengaliran Metode Rasional	33
Tabel 2.6	Koefisien Kekasaran Manning	38
Tabel 4.1	Data Curah Hujan Harian pada Stasiun Hujan Bojonegoro	45
Tabel 4.2	Data Curah Hujan Harian pada Stasiun Hujan Kapas	45
Tabel 4.3	Data Curah Hujan Harian pada Stasiun Hujan Dander	46
Tabel 4.4	Perhitungan Uji Kepanggahan Metode RAPS Stasiun Hujan Bojonegoro	47
Tabel 4.5	Perhitungan Uji Kepanggahan Metode RAPS Stasiun Hujan Kapas	48
Tabel 4.6	Perhitungan Uji Kepanggahan Metode RAPS Stasiun Hujan Dander	49
Tabel 4.7	Nilai $Q/(n^{0.5})$ dan $R/(n^{0.5})$	50
Tabel 4.8	Nilai K_n untuk Uji <i>Outlier</i>	51
Tabel 4.9	Uji <i>Outlier</i> Stasiun Hujan Bojonegoro	51
Tabel 4.10	Uji <i>Outlier</i> Stasiun Hujan Kapas	52
Tabel 4.11	Uji <i>Outlier</i> Stasiun Hujan Dander	52
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Analisis Distribusi Frekuensi Hujan Rancangan dengan Metode Log Normal pada Stasiun Hujan Bojonegoro	54
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Normal pada Tiap Kala Ulang di Stasiun Hujan Bojonegoro	55
Tabel 4.14	Hasil Perhitungan Analisis Distribusi Frekuensi Hujan Rancangan dengan Metode Log Normal pada Stasiun Hujan Kapas	55
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Normal pada Tiap Kala Ulang di Stasiun Hujan Kapas	56
Tabel 4.16	Hasil Perhitungan Analisis Distribusi Frekuensi Hujan Rancangan dengan Metode Log Normal pada Stasiun Hujan Dander	56
Tabel 4.17	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Normal pada Tiap Kala Ulang di Stasiun Hujan Dander	57
Tabel 4.18	Analisa Distribusi Frekuensi Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson III	58

126	Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson III pada Tiap Kala Ulang	58
17	Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Analisis Distribusi Frekuensi Hujan Rancangan dengan Metode E.J. Gumbell	60
	Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan pada Metode E.J. Gumbell	60
	Tabel 4.22 Data Curah Hujan yang Diurutkan dari Besar ke Kecil	62
	Tabel 4.23 Nilai Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Log Normal	63
	Tabel 4.24 Nilai Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Log Pearson III	64
	Tabel 4.25 Nilai Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Gumbel	65
	Tabel 4.26 Perhitungan Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Log Normal	65
	Tabel 4.27 Perhitungan Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Log Pearson III	66
	Tabel 4.28 Perhitungan Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Gumbel	66
	Tabel 4.29 Resume Uji Chi Kuadrat	66
	Tabel 4.30 Perhitungan Data Curah Hujan Menggunakan Metode Uji Smirnov Kolmogorof Log Normal	67
	Tabel 4.31 Perhitungan Data Curah Hujan Menggunakan Metode Uji Smirnov Kolmogorof Log Pearson III	68
	Tabel 4.32 Perhitungan Data Curah Hujan Menggunakan Metode Uji Smirnov Kolmogorof E.J Gumbel	69
	Tabel 4.33 Resume Uji Smirnov Kolmogorof	70
	Tabel 4.34 Perhitungan Intensitas Hujan	71
26	Tabel 4.35 Dimensi Saluran Drainase Eksisting	73
	Tabel 4.36 Perhitungan Debit Limpasan Air Hujan Metode Rasional Kala Ulang 5 Tahun (DTA Jl. Pattimura-Jl. Panglima Polim)	74
	Tabel 4.37 Perhitungan Debit Limpasan Air Hujan Metode Rasional Kala Ulang 5 Tahun (DTA Jl. Panglima Polim – Jl. Pattimura)... ..	74
	Tabel 4.38 Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting Ruas Jl. Pattimura – Jl. Panglima Polim	76
	Tabel 4.39 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Eksisting Kala Ulang 5 Tahun Ruas Jl. Pattimura – Jl. Panglima Polim	77
	Tabel 4.40 Debit Banjir yang Belum Teralirkan	78
	Tabel 4.41 Luasan Rerata Hujan di Jl. Pattimura (Wisma Indah)	79
	Tabel 4.42 Jumlah Rumah Hunian di Jl. Pattimura (Wisma Indah)	79
	Tabel 4.43 Pengamatan Lapangan	80

Tabel 4.44	Hasil Perhitungan Pembuktian Limpasan Dengan Saluran Eksisting untuk U-Ditch Ukuran 100.100-120mm	84
Tabel 4.45	Hasil Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Pembangunan Saluran Eksisting untuk U-Ditch Ukuran 100.100-120mm	84
Tabel 4.46	Reduksi Banjir dan Jumlah Sumur Resapan yang Diperlukan	86
Tabel 4.47	Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Sumur Resapan	88
Tabel 4.48	Biaya Dan Volume Pekerjaan Sumur Resapan	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi fasilitas penahan air hujan	17
Gambar 2.2	Siklus Hidrologi (Suripin, 2004)	20
Gambar 2.3	Lengkung Massa Ganda (Asdak, 1995)	22
Gambar 2.4	Metode Poligon Thiessen	24
Gambar 2.5	Metode Garis <i>Isohyet</i>	25
Gambar 2.6	Jenis Penampang Trapesium (Suripin, 2004)	37
Gambar 2.7	Jenis Penampang Persegi (Suripin, 2004).....	37
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.2	Lokasi Penelitian	42
Gambar 4.1	Lokasi Pos Curah Hujan	44
Gambar 4.2	Grafik Intensitas Hujan Berbagai Kala Ulang	72
Gambar 4.3	Peta Zonasi Drainase	73
Gambar 4.4	Peta Saluran Drainase	76
Gambar 4.5	Peta Jaringan Sistem Drainase	78
Gambar 4.6	Sketsa Sumur Resapan Penampang Persegi	81

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem Drainase Perkotaan merupakan salah satu komponen prasarana perkotaan yang sangat erat kaitannya dengan penataan ruang. Bencana banjir yang sering melanda sebagian besar wilayah di Indonesia disebabkan kesemerawutan tata ruang. Bertambahnya jumlah hunian, sehingga lahan terbuka yang semula adalah lahan pertanian maupun perkebunan menjadi semakin berkurang dan lahan tertutup atau kedap air semakin meningkat. Lahan kedap air ini mengakibatkan air hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah, sehingga apabila terjadi intensitas hujan yang tinggi menyebabkan terjadi banjir dan genangan. Untuk meminimalisir masalah tersebut, maka perlu adanya kesinergian perencanaan antara penataan ruang dan penataan sistem drainase di suatu wilayah perkotaan.

Wilayah Kabupaten Bojonegoro secara geografis terletak pada posisi 112°25'–112°09' Bujur Timur dan 6°59'–7°37' Lintang Selatan. Kabupaten Bojonegoro dialiri sungai Bengawan Solo yang mengalir dari selatan, menjadi batas alam dengan Provinsi Jawa Tengah, kemudian mengalir ke arah timur, di sepanjang wilayah utara Kabupaten Bojonegoro. Bagian utara merupakan Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo yang cukup subur dengan pertanian yang ekstensif. Kawasan pertanian umumnya ditanami padi pada musim penghujan, dan tembakau pada musim kemarau. Bagian selatan adalah pegunungan kapur, bagian dari rangkaian Pegunungan Kendeng. Bagian barat laut (berbatasan dengan Jawa Tengah) adalah bagian dari rangkaian Pegunungan Kapur Utara. Kota Bojonegoro terletak di jalur Surabaya-Cepu-Semarang. Kota ini juga dilintasi jalur kereta api jalur Surabaya-Semarang-Jakarta.

Keadaan topografi Kabupaten Bojonegoro didominasi oleh keadaan tanah yang berbukit yang berada di sebelah Selatan (Pegunungan Kapur Selatan) dan Utara (Pegunungan Kapur Utara) yang mengapit dataran rendah yang berada di sepanjang aliran Bengawan Solo yang merupakan daerah pertanian yang subur.

Permukaan tanah di Kabupaten Bojonegoro rata-rata relatif rendah, yaitu berada pada ketinggian antara 25m-500m dari permukaan laut dengan kemiringan rata-rata mencapai kurang dari 2%, serta dengan curah hujan di wilayah ini umumnya tidak merata yaitu berkisar antara 1.500 mm – 2.500 mm pertahun.

Secara umum kondisi lahan di Kecamatan Bojonegoro berupa dataran dan agak rendah dibandingkan dengan kecamatan lainnya di wilayah Bojonegoro. Kondisi ini yang akan menjadi penyebab wilayah Kecamatan Bojonegoro rawan terjadi kantong genangan air hujan terutama di saat musim penghujan tiba. Selain hal diatas tersebut kecamatan Bojonegoro berada disepanjang alur Sungai Bengawan Solo pada dataran dengan ketinggian yang kurang lebih sama dengan Sungai Bengawan Solo sementara daerah sekitarnya lebih tinggi menjadikan Kecamatan bojonegoro berpotensi rawan banjir, terutama pada saat musim penghujan.

Kejadian banjir kerap melanda wilayah di Kecamatan Bojonegoro, terutama di beberapa ruas jalan yang merupakan jalur padat lalu lintas dan juga terdapat beberapa gedung perkantoran milik pemerintahan, dan berbagai pertokoan serta permukiman warga. Seperti yang diberitakan dalam website www.beritabojonegoro.com hujan mengguyur pukul 17.00 WIB hingga pukul 18.30 WIB mengakibatkan ruas jalan protokol di dalam kota Bojonegoro tergenang banjir atau dalam www.detik.com pada tanggal 25 mei 2022 dengan hujan selama 2 jam disalah satu ruas langganan banjir tergenang air setinggi 30 cm. Dapat ditarik kesimpulan awal bahwa banjir di Kecamatan Bojonegoro selain karena pengaruh curah hujan yang tinggi, kondisi topografi yang relative rendah juga dipengaruhi oleh kurangnya sistem drainase yang ada.

Pemerintah Kabupaten Bojonegoro sendiri sebelumnya telah merealisasikan beberapa pembangunan drainase kota, namun masih saja terjadi genangan di berbagai ruas jalan dan pemukiman masyarakat. Hal ini diperkirakan terjadi karena disamping sistem drainasenya tidak memenuhi syarat, juga karena adanya ketidak sesuaian antara Masterplan Drainase dan Rencana Tata Ruang. Untuk itu diperlukan upaya untuk menyelesaikan permasalahan genangan ini, seperti melakukan kajian secara teknis terhadap sistem jaringan drainase.



Dengan adanya kejadian tersebut adanya penelitian yang berjudul “ANALISIS SISTEM DRAINASE PERKOTAAN KABUPATEN BOJONEGORO SEBAGAI MITIGASI BENCANA BANJIR” peneliti berharap dapat memberikan solusi agar banjir atau genangan di beberapa ruas perkotaan di Bojonegoro dapat di kurangi atau bahkan permasalahan ini dapat diselesaikan. Dengan harapan agar masyarakat Bojonegoro terbebas dari banjir dan dapat beraktivitas dan tidak terganggu lagi oleh banjir yang selalu melanda di setiap musim penghujan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, bahwa permasalahan genangan yang kerap terjadi di wilayah perkotaan Kabupaten Bojonegoro, berdampak terhadap terganggunya segala aktifitas masyarakat, sehingga dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apa penyebab terjadinya genangan air di area perkotaan Kabupaten Bojonegoro?
2. Bagaimana model sistem drainase yang diterapkan oleh pemerintah daerah Kabupaten Bojonegoro?
3. Berapa tingkat keefektifan model sistem drainase yang diterapkan oleh pemerintah daerah Kabupaten Bojonegoro?
4. Bagaimana alternatif model sistem drainase yang paling efektif untuk diterapkan di wilayah perkotaan Kabupaten Bojonegoro?

1.3 Tujuan penelitian

Dari rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisis penyebab terjadinya genangan air di area perkotaan Kabupaten Bojonegoro.
2. Menganalisis model sistem drainase yang diterapkan oleh pemerintah daerah Kabupaten Bojonegoro.
3. Menganalisis tingkat keefektifan model sistem drainase yang diterapkan oleh pemerintah daerah Kabupaten Bojonegoro.
4. Menganalisis alternatif model sistem drainase yang paling efektif untuk diterapkan di wilayah perkotaan Kabupaten Bojonegoro.

1.4 Manfaat penelitian

Setiap dilakukannya suatu penelitian seharusnya memiliki manfaat, baik bagi peneliti, maupun bagi pihak-pihak lain yang terkait dengan permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini. Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Peneliti

Penelitian ini dapat menambah wawasan dan mempertajam kemampuan untuk menganalisa penyebab genangan banjir.

2. Bagi Masyarakat

hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai gambaran untuk memahami bagaimana kondisi sistem drainase yang ada di perkotaan

Kabupaten Bojonegoro juga menjadi acuan untuk mengantisipasi kerusakan drainase agar tidak terjadi limpasan ke ruas Jalan dan menjadi salah satu referensi yang diperlukan untuk penelitian-penelitian selanjutnya tentang analisis sistem drainase.

3. Bagi Pemerintah

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai usulan dan pertimbangan bagi instansi terkait untuk menyelesaikan permasalahan genangan yang kerap kali terjadi khususnya pada sistem jaringan drainase di Kabupaten Bojonegoro.

1.5 Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penelitian ini perlu adanya batasan masalah atau ruang lingkup antara lain:

1. Banjir yang diteliti berada di wilayah perkotaan Kabupaten Bojonegoro
2. Wilayah yang dikaji yaitu wilayah Sistem drainase perkotaan Kabupaten Bojonegoro
3. Tidak Membahas Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)
4. Hanya menambahkan 2 alternatif penanggulangan banjir/genangan.
5. Harga bahan yang digunakan dalam perencanaan menggunakan harga dinas.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan Tesis ini disusun dalam 5 bab, di mana pokok bahasan untuk tiap bab adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan dan ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Menguraikan secara global penelitian terdahulu, dasar teori dan dasar perhitungan yang akan digunakan untuk pemecahan permasalahan yang ada, baik untuk menganalisis faktor-faktor dan data-data pendukung maupun perhitungan yang akan digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Menguraikan tentang bagan alir penelitian, subyek penelitian, lokasi dan metode penelitian secara berurutan dalam penyelesaian Tesis.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Menguraikan data-data hasil penelitian disertai dengan analisis dan pembahasannya mengenai sifat dan kecenderungan hasil studi kelayakan tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menguraikan tentang kesimpulan yang diambil dari hasil-hasil analisis terhadap penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran yang dapat diambil dari pengaplikasian lapangan serta kemungkinan lebih lanjut dikembangkan untuk yang lebih baik lagi.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1. Ringkasan Penelitian

Penelitian terdahulu menjadi salah satu acuan dan juga referensi penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori, metode dan juga perhitungan yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa judul penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian penulis. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu berupa jurnal terkait dengan penelitian yang akan dilakukan penulis:

Danang Ady Trisno Saputro dkk. Perencanaan drainase perkotaan di kota Nanga Bulik Kabupaten Lamandau Propinsi Kalimantan Tengah dengan hasil analisa menunjukkan bahwa terdapat 26 saluran, namun 20 saluran tidak mencukupi dengan debit rancangan yang ada. Metode yang dilakukan berupa perencanaan dimensi saluran yang berguna untuk normalisasi saluran yang telah ada dan perencanaan kembali pembuatan saluran penangkap (inlet) serta pembuatan gorong – gorong di wilayah tersebut (Saputro et al., 2014).

Mursitaningsih, 2009. Penelitian ini untuk menganalisis kapasitas sistem saluran drainase di daerah tangkapan air hujan sepanjang Kali Pepe Hulu dengan analisis Hidrologi, studi kasus penelitian ini berada di Daerah tangkapan air hujan sepanjang Kali Pepe, Surakarta. Dengan mengambil data curah hujan 22 tahun di stasiun hujan terdekat. Hasil dari penelitian ini yaitu 6 bagian saluran yang terjadi luapan air pada debit rencana periode ulang 5-tahunan (Suryanto, 2021).

Th Dwiati Wismarini dkk (2010). Penelitian ini berlokasi di Kota Semarang untuk menganalisis sistem drainase perkotaan dengan metode memakai Sistem Informasi Geografi. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa kontur tanah Kota Semarang lebih rendah dari air muka laut dan Tingkat rawan banjir klas sangat rawan dan rawan berturut-turut sebesar 6,95% dan 24,52%.(Wismarini & Sukur, 2015)

1
Lourin (2019) Evaluasi dan perencanaan drainase dilakukan dengan perhitungan Curah hujan menggunakan metode Gumbel, metode Log Pearson Tipe III, metode Log Normal dan metode Normal, serta mempertimbangkan intensitas hujan dan kondisi tata guna lahan sekitar. Perencanaan digunakan perhitungan banjir rancangan 5, 10, 20 dan 50 tahun. Dari hasil perhitungan didapatkan analisa Perhitungan saluran eksisting pada saluran kecamatan Teluk Ambon, didapatkan besar debit rancangan adalah 0,088 m³ /dtk pada ruas jalan Dr.Leimena. Kapasitas saluran yang dibutuhkan untuk menampung saluran adalah 0,013 m³ /dtk pada Desa Laha Saluran No 3, sedangkan pada saluran eksisting debit banjir sebesar 0,023 m³ /dtk, maka didapatkan saluran tidak mencukupi untuk menampung debit tersebut. Untuk mengatasi saluran yang tidak mencukupi, dapat dilakukan peningkatan kapasitas saluran dengan cara melakukan pelebaran, penggerukan pada dimensi saluran, yang sesuai dengan tata guna lahan dan kondisi sekitar. Pada disimpulkan bawah saluran drainase pada kecamatan Teluk Ambon ini banyak yang tidak memenuhi atau tidak mencukupi untuk menampung, dan mengalir debit banjir, dan debit air kotor (Kustamar & Surbakti, 2017).

138
Badan Penelitian dan Pengembangan Kementrian Pekerjaan Umum (2014). Metode deskriptif dan hasil deskripsi data sekunder dan data primer hasil survei disusun dalam tabel dan matrik data, Hasil kajian : (1) kriteria umum terdiri atas 2 (dua) parameter penentu, sebagai landasan kebijakan dan pembuatan master plan drainase berwawasan lingkungan, 10 (sepuluh) elemen penentu dan 29 (dua puluh sembilan) kriteria penentu, (2) kriteria teknis terdiri atas sekitar 3 (tiga) parameter penentu, 20 (dua puluh) elemen penentu dan 56 (lima puluh enam) kriteria penentu, (3) penerapan drainase kawasan atau kota berwawasan lingkungan perlu didukung dengan subsistem tampungan, resapan, manfaat dan aliran (TRMA) sisa limpasan keluar (Pekerjaan & Republik, 2014).

34
34
Guntoro, dkk (2017) dengan judul Pengelolaan Drainase Secara Terpadu Untuk Pengendalian Genangan di Kawasan Sidokare Kabupaten Sidoarjo. Penelitian ini mengkaji mengenai pengelolaan drainase secara terpadu untuk pengendalian banjir dan genangan di Kawasan Sidokare, dengan pola kombinasi tertentu, yang meliputi desain saluran drainase, kolam tampungan dan pompa. Kawasan Sidokare terbagi menjadi tiga DTA, yaitu DTA Pintu Air Sepande, DTA Rumah Pompa Sidokare dan

1 DTA Pintu Air Jl. Diponegoro. Rumus *Mononobe* digunakan untuk menghitung intensitas hujan dengan kala ulang tertentu. Curah hujan rancangan dihitung dengan metode *Log Pearson Tipe III*. Dari hasil analisis, banjir historis di Kawasan Sidokare disebabkan oleh curah hujan kala ulang 1,01 tahun dengan intensitas hujan 17,55 mm/jam. Upaya penanganan melalui pengelolaan drainase secara terpadu pada masing-masing Daerah Tangkapan Air (DTA) di Kawasan Sidokare, dapat mereduksi banjir hingga 100%. Penanganan untuk DTA Pintu Air Sepande meliputi kombinasi saluran drainase eksisting dan kolam tampungan, DTA Rumah Pompa Sidokare menggunakan kombinasi saluran drainase eksisting, kolam tampungan dan pompa banjir eksisting, sedangkan DTA Pintu Air Jl. Diponegoro dilakukan dengan kombinasi saluran drainase eksisting, saluran tersier baru dan pompa banjir baru (Guntoro et al., 2017).

44 Wibowo (2019) dengan judul “Perencanaan Mitigasi Bencana Banjir Non Struktural di Daerah Aliran Sungai Comal Hilir Jawa Tengah”.
44 Studi ini menekankan pada penyusunan perencanaan mitigasi bencana
38 banjir luapan sungai non-struktural. Pendekatan yang digunakan dalam studi ini adalah pendekatan kualitatif dengan desain penelitian studi literatur dan survei lapangan. Studi literatur dilaksanakan untuk mengetahui riwayat dan area terdampak banjir di DAS Comal hilir, sedangkan survei lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi sosiokultural masyarakat. Hasil studi ini adalah perencanaan mitigasi bencana banjir luapan sungai nonstruktural di DAS Comal hilir yang terdiri atas perencanaan tata ruang wilayah yang selaras dengan pengelolaan penggunaan lahan di DAS Comal, deteksi dan prediksi kondisi debit Sungai Comal melalui pencatatan serta pengamatan data hidrometeorologi, perencanaan pengelolaan kawasan sempadan sungai, literasi kebencanaan di sekolah dan masyarakat, peningkatan sistem komunikasi dan kearifan lokal dalam masyarakat, pembuatan jalur evakuasi, sistem peringatan dini serta simulasi bencana serta reboisasi dan reforestasi. Perencanaan mitigasi tersebut tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah saja, melainkan membutuhkan kesadaran dan kerjasama dari masyarakat (Wibowo et al., 2019).
93

Djamaludiin (2020) “Pengelolaan Drainase Kota Sebagai Upaya Mitigasi Banjir Kota Makassar”. Proses pelaksanaan kegiatan pengabdian ini telah melibatkan masyarakat, pemerintah setempat dan pihak Jepang baik dalam proses pembelajaran dalam perencanaan dan desain, peninjauan konstruksi *Aquapond*, dan tinjauan lapangan operasional dan pemeliharaan fasilitas. Kegiatan ini menghasilkan pembelajaran secara menyeluruh dan sekaligus sosialisasi tentang pemanfaatan kolam retensi *Aquapond* untuk mitigasi banjir kepada pemerintah setempat dan masyarakat umum melalui kegiatan seminar dan diskusi *sharing knowledge*. Lebih dari itu, mengkaji bersama-sama dengan pihak Jepang dan pemerintah terkait tentang permasalahan-permasalahan pengelolaan drainase kota menggunakan fungsi kolam retensi *Aquapond* dan mendiskusikan teknis penanganannya (Djamaluddin, 2020).

2.1.2. Daftar Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Metode	Variabel	Kesimpulan
1.	1) Danang Ady Trisno Saputro 2) M. Janu Ismoyo	Perencanaan drainase perkotaan di kota Nanga Bulik Kabupaten Lamandau Prop. Kalimantan Tengah	Analisa Hidrologi	Curah hujan rancangan, debit rancangan	Terdapat 26 saluran namun 20 saluran tidak mencukupi dengan debit rancangan yang ada.
2.	Mursitaningsih	Analisis Kinerja Saluran Drainase di Daerah Tangkapan Air Hujan Sepanjang Kali Pepe Kota Surakarta	Analisis Hidrologi	Data curah hujan, tata guna lahan dan dimensi saluran	6 bagian saluran yang terjadi luapan air pada debit rencana periode ulang 5-tahunan
3.	1). Th Dwiati Wismarini	Analisis Sistem Drainase Kota	Sistem Informasi		Tingkat rawan banjir klas sangat

	2). Dewi Handayani Untari Ningsih	Semarang Berbasis Sistem Informasi Geografi dalam membantu pengambilan keputusan bagi penanganan banjir	Geografi	Penggunaan lahan, topografi/kemiringan lereng, jenis tanah dan jenis batuan/analisis geologi	rawan dan rawan berturut-turut sebesar 6,95% dan 24,52%
4	Lourin	Evaluasi Dan Perencanaan Saluran Drainase Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon	metode Gumbel, metode Log Pearson Tipe III, metode Log Normal dan metode Normal	Curah hujan, menghitung debit rencana	didapatkan besar debit rencangan adalah 0,088 m ³ /dtk pada ruas jalan Dr.Leimena. Kapasitas salauran yang dibutuhkan untuk menampung saluran adalah 0,013 m ³ /dtk pada Desa Laha
5	Badan Litbang Kementrian PU	Kriteria Desain Dranase Kawasan Permukiman kota berwawasan lingkungan	Metode deskriptif dan hasil deskripsi data sekunder dan data primer hasil survei disusun dalam tabel dan matrik data	karateristik topografi, daya rembes tanah dan fungsi drainase	Penerapan drainase kawasan atau kota berwawasan lingkungan perlu didukung dengan subsistem tampungan, resapan, manfaat dan alirkan sisa limpasan keluar
6	Dicky Nurhikmah, Nursetiawan, Emma Akmalah	Pemilihan Metode Sistem Drainase Berkelanjutan Dalam Rangka Mitigasi Bencana Banjir Di Kota Bandung	Studi literatur tentang metode metode sistem drainase berkelanjutan di negara – negara maju	segi luasan, volume penampungan, penyarinagn polutan, cara pengerjaan, perawatan dan biaya dari metode sistem drainase berkelanjutan tersebut seperti	
7	Dwi Retnowati, Umboro	Studi Pengendalian Banjir Dan	Analisis Hidrologi, Analisis	Data Curah Hujan, Kapasitas Sungai	Berdasarkan perhitungan dan program bantu

	Lasminto, Yang Ratri Savitri	Genangan Pada Sistem Drainase Kali Pucang Sidoarjo	Hidrolika		Hec-Ras 4.1.0 didapat bahwa beberapa kapsita penampang saluran Pucang tidak mampu menampung debit yang mengalir.
8	Ibrahim Djamaluddin, Sumarni Hamid Aly, Irwan Ridwan Rahim, Achmad Zubair, Roslinda Ibrahim, Nurjannah Oktorina Abdullah	Pengelolaan Drainase Kota Sebagai Upaya Mitigasi Banjir Kota Makassar	Analisis hidrologi, analisis hidrolika	Data curah hujan, kolam retensi Aquapond	Kegiatan ini menghasilkan pembelajaran secara menyeluruh dan sekaligus sosialisasi tentang pemanfaatan kolam retensi Aquapond untuk mitigasi banjir kepada pemerintah setempat dan masyarakat umum melalui kegiatan seminar dan diskusi <i>sharing knowledge</i> . Lebih dari itu, mengkaji bersama-sama dengan pihak Jepang dan pemerintah terkait tentang permasalahan- permasalahan pengelolaan drainase kota menggunakan fungsi kolam retensi Aquapond dan mendiskusikan teknis penanganannya.
9	Yunus Ari Wibowo, Lintang Ronggowulan	Perencanaan Mitigasi Bencana Banjir Non-Struktural di Daerah Aliran Sungai	Kualitatif dan survei lapangan	Debit Aliran Sungai	Hasil studi ini adalah perencanaan mitigasi bencana banjir luapan sungai nonstruktural di

		Comal Hilir Jawa Tengah			DAS Comal hilir yang terdiri atas perencanaan tata ruang wilayah yang selaras dengan pengelolaan penggunaan lahan di DAS Comal, deteksi dan prediksi kondisi debit Sungai Comal melalui pencatatan serta pengamatan data hidrometeorologi, perencanaan pengelolaan kawasan sempadan sungai, literasi kebencanaan di sekolah dan masyarakat, peningkatan sistem komunikasi dan kearifan lokal dalam masyarakat, pembuatan jalur evakuasi, sistem peringatan dini serta simulasi bencana serta reboisasi dan reforestasi. Perencanaan mitigasi tersebut tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah saja, melainkan membutuhkan kesadaran dan kerjasama dari masyarakat.
10	Dani Eko Guntoro, Donny Harisuseno, Evi Nur	Pengelolaan Drainase Secara Terpadu Untuk	Metode Log Pearson Type III dan Monodobe	Data curah hujan, data drainase	Banjir historis di Kawasan Sidokare disebabkan oleh curah hujan kala

	Cahaya	Pengendalian Genangan Di Kawasan Sidokare Kabupaten Sidoarjo			ulang 1,01 tahun dengan intensitas hujan 17,55 mm/jam. Upaya penanganan melalui pengelolaan drainase secara terpadu pada masing-masing Daerah Tangkapan Air (DTA) di Kawasan Sidokare, dapat mereduksi banjir hingga 100%. Penanganan untuk DTA Pintu Air Sepande meliputi kombinasi saluran drainase eksisting dan kolam tampungan, DTA Rumah Pompa Sidokare menggunakan kombinasi saluran drainase eksisting, kolam tampungan dan pompa banjir eksisting, sedangkan DTA Pintu Air Jl. Diponegoro dilakukan dengan kombinasi saluran drainase eksisting, saluran tersier baru dan pompa banjir baru
--	--------	--	--	--	--

Sumber : Hasil Olahan Peneliti, 2022

2.2 Dasar Teori

2.2.1. Genangan

Pada musim hujan, genangan hampir setiap tahun melanda kota-kota besar di Indonesia yang menimbulkan kerugian materiil dan moril tidak sedikit serta masalah penyakit yang cukup serius sehingga memerlukan penanganan secepatnya. Sesuai dengan petunjuk teknis dalam peraturan menteri PU nomor : 14/PRT/M/2010, yang disebut tergenangnya suatu daerah adalah terendamnya suatu kawasan permukiman lebih dari 30 cm selama lebih dari 2 jam dan terjadinya lebih dari 2 kali pertahun. Genangan yang dimaksud adalah air hujan yang terperangkap di daerah rendah/cekungan di suatu kawasan, yang tidak bisa mengalir ke badan air terdekat. Genangan terjadi karena banyak faktor, salah satu penyebabnya adalah kurang berfungsinya drainase perkotaan sebagaimana mestinya.

Daerah genangan adalah kawasan yang tergenang air akibat tidak berfungsinya sistem drainase yang mengganggu dan/atau merugikan aktivitas masyarakat (Permen PU 12/PRT/M/2014).

2.2.2. Sistem Drainase Perkotaan

Dalam petunjuk teknis peraturan Menteri PU 12/PRT/M/2014, pengertian drainase perkotaan adalah drainase di wilayah kota yang berfungsi mengelola/mengendalikan air permukaan, sehingga tidak mengganggu dan/atau merugikan masyarakat. Sedangkan Sistem drainase perkotaan adalah satu kesatuan sistem teknis dan non teknis dari prasarana dan sarana drainase perkotaan.

Sebagai salah satu sistem dalam perencanaan perkotaan, maka sistem drainase yang ada dikenal dengan istilah sistem drainase perkotaan. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Namun, secara praktis kita dapat mengatakan bahwa drainase menangani kelebihan air sebelum masuk ke alur-alur besar atau sungai (Suripin, 2004).

Sampai saat ini perancangan drainase didasarkan pada filosofi bahwa air secepatnya mengalir dan seminimal mungkin menggenangi daerah layanan. Tapi dengan semakin timpangnya perimbangan air (pemakaian dan ketersediaan) maka diperlukan suatu perancangan drainase yang berfilosofi bukan saja aman terhadap genangan tapi juga sekaligus berasas pada konservasi air. Bertolak dari hal tersebut, maka yang cocok diterapkan saat ini adalah sistem drainase yang berkelanjutan. Adapun konsep dasar pengembangan sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan adalah meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian, serta memperbaiki dan konservasi lingkungan (Suripin, 2004). Untuk itu diperlukan usaha-usaha yang komprehensif dan integratif yang meliputi seluruh proses, baik yang bersifat struktural maupun non struktural. Disamping terjadi ketimpangan air, terjadi pula pencemaran air drainase oleh limbah cair dan padat (sampah) yang cukup berat sehingga sehingga penanganan drainase harus terpadu dan berwawasan lingkungan (ecodrain). Saluran drainase perkotaan terdapat pada 88% dari seluruh jumlah kelurahan di kota-kota, namun saluran drainase yang baik hanya terdapat di 48,4% dari seluruh kelurahan dan desa. Kurang berfungsinya drainase perkotaan dapat menggambarkan menurunnya layanan drainase perkotaan diakibatkan antara lain oleh waktu dan kurang baiknya pengelolaan drainase. Jaringan drainase ada yang rusak, dengan demikian drainase perkotaan yang ada perlu ditingkatkan layanannya agar berfungsi kembali seperti semula atau mendekati semula sehingga dapat mengurangi terjadinya genangan air.

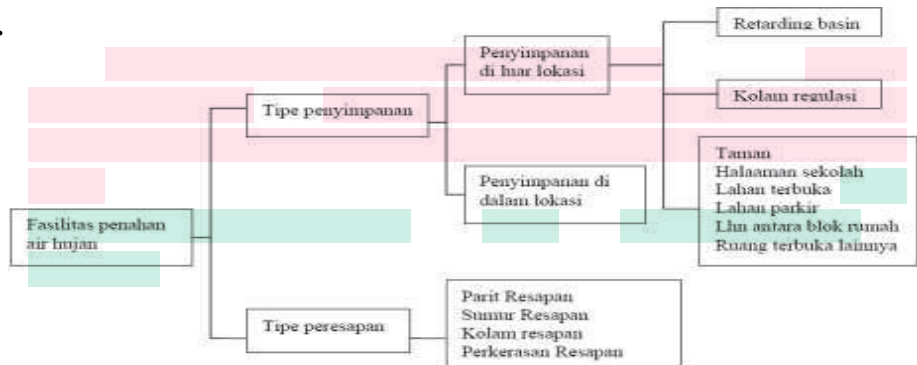
Berdasarkan pembagian kewenangan pengelolaan dan fungsi pelayanan, sistem drainase terbagi menjadi 3:

1. Sistem Drainase Lokal
2. Sistem Drainase Utama
3. Pengendalian Banjir

Berdasarkan fisik, sistem drainase terdiri atas:

1. Sistem Saluran Primer
2. Sistem Saluran Sekunder
3. Sistem Saluran Tersier

2.2.3.



Sumber : Suripin, 2004

Gambar 2. 1. Klasifikasi fasilitas penahan air hujan (Suripin, 2004)

Konsepsi perancangan drainase air hujan yang berasaskan pada konsevasi air tanah pada hakekatnya adalah perancangan suatu system drainase yang mana air hujan jatuh di atap / perkerasan, ditampung pada suatu system resapan air, sedangkan hanya air dari halaman bukan perkerasan yang perlu ditampung oleh sistem jaringan drainase.

2.2.4. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah perputaran (sirkulasi) air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi. Air yang ber-evaporasi kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan batu, hujan es dan salju (sleet), hujan gerimis atau kabut. Pada saat menuju bumi beberapa presipitasi dapat berevaporasi kembali ke atas atau langsung jatuh yang kemudian diintersepsi oleh tanaman sebelum mencapai tanah, dan setelah mencapai tanah, siklus hidrologi terus bergerak secara kontinu dalam tiga cara yang berbeda : Lihat gambar 2.2.

1. *Evaporasi – transpirasi*, yaitu proses terjadinya awan dari penguapan air yang ada di laut, daratan, sungai dan di tanaman, dsb. Pada kondisi jenuh awan akan menjadi butir-butir air yang kemudian jatuh

(precipitation) dalam bentuk hujan, salju atau es. Air hujan yang jatuh diatas tanah dalam pergerakannya secara alami hanya ada dua yang dipahami secara berurutan, yang pertama meresap ke dalam tanah (infiltrasi) jika memungkinkan dan menjadi aliran bawah tanah, atau yang kedua bergerak di permukaan tanah menjadi aliran permukaan (surface runoff) menuju ke tempat yang lebih rendah secara gravitasi menuju sungai kemudian mengalir ke danau atau laut. Hujan merupakan faktor yang sangat penting didalam analisis maupun desain hidrologi, dan besarnya hujan atau yang disebut sebagai curah hujan dapat dihitung dari tebal lapisan air hujan yang jatuh diatas permukaan tanah yang rata dan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Oleh karena itu dalam suatu rancangan keairan perlu diperhatikan beberapa faktor hujan antara lain : ketebalan hujan atau tinggi curah hujan, distribusi hujan, frekuensi hujan, intensitas hujan, volume hujan dan jumlah hari hujan, sehingga dalam suatu perancangan keairan diperlukan curah hujan rata-rata atau sering disebut sebagai curah hujan daerah (Sosrodarsono & Takeda, 2003).

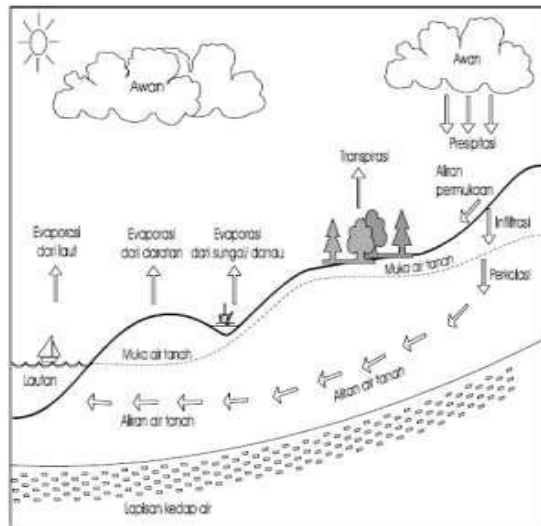
2. *Infiltrasi / Perkolasi*, yaitu proses pergerakan air ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Proses masuknya air hujan ke dalam lapisan tanah dan turun ke permukaan air tanah disebut resapan air tanah (infiltration). Dalam siklus hidrologi, kecepatan dan jumlah air yang meresap ke dalam tanah merupakan fungsi dari jenis tanah, kelengasan tanah, permeabilitas tanah, penutup tanah, kondisi buangan air (drainase), kedalaman muka airtanah (water table), intensitas hujan (I) dan jumlah hujan. Masuknya air ke dalam ruang antar butir tanah kosong melalui proses infiltrasi dari sebagian air hujan akan meningkatkan kelembaban tanah dan atau terus ke air tanah. Daya penggerak resapan air ke dalam tanah terdiri dari hisapan (suction) butir-butir tanah dan gravitasi. Daya hisap butir-butir tanah tergantung dari kadar air tanah, semakin kering semakin besar daya hisapnya, sehingga didominasi oleh daya hisap tanah. Setelah kondisi tanah jenuh, gerak air selanjutnya karena adanya gaya gravitasi dari perbedaan elevasi, sedang sifat alirannya mengikuti hukum Darcy, artinya laju kecepatan berbanding linier dengan gradien hidroliknya.

28 3. *Aliran Air Permukaan*, yaitu proses pergerakan air diatas permukaan tanah menuju ke aliran utama (sungai) dan danau. Ketika Air hujan jatuh di kawasan yang sebagian besar telah tertutup oleh bangunan, sehingga air tak punya cukup waktu dan tenaga untuk meresap ke tanah (infiltration), maka air akan bergerak menuju ke tempat yang lebih rendah melalui permukaan tanah yang disebut sebagai Aliran Permukaan (surface runoff). Aliran permukaan (surface runoff), adalah proses pergerakan air diatas permukaan tanah menuju ke aliran utama yaitu antara lain sungai dan danau. Sungai-sungai tersebut bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama dan mengalirkan seluruh air tersebut menuju laut sebagai suatu sistem drainase alam. Saluran air dan sungai alam (drainase) adalah jalan utama aliran air hujan yang telah menjadi air permukaan. Namun ketika daya tampung saluran air dan sungai sangat terbatas, apalagi dengan banyaknya sampah yang mengakibatkan pendangkalan dan sumbatan pada saluran air dan sungai, maka aliran air akan terhambat dan meluap keluar dari badan saluran air atau sungai dan menggenangi bangunan-bangunan atau jalan-jalan raya, maka kita menyebut fenomena ini dengan istilah banjir. Ketika terjadi banjir, genangan air hanya berdiam atau bergerak perlahan selama beberapa jam sampai beberapa hari hingga mendapat giliran melewati saluran drainase dan sungai. Disisi lain, danau maupun situ-situ yang dianggap bisa menampung air hujan untuk meresapkan air ke tanah pada saat hujan maksimum, ternyata tidak. Mereka tak mampu lagi menampung air hujan yang berlebih, sehingga air hujan tak punya pilihan lain lagi, dan terpaksa harus mengalir ke dataran yang lebih rendah, dan tergantung dari faktor meteorologi dan karakteristik dari suatu DAS.

Perubahan siklus hidrologi adalah terjadinya perubahan perilaku dan fungsi air permukaan, yaitu menurunnya aliran dasar (base flow) dan meningkatnya aliran permukaan (surface runoff), yang menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan tata air (hidrologi) dan terjadinya banjir dan genangan di daerah hilir (Kelembagaan et al.,

134

2006) Ilustrasi terjadinya siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Siklus Hidrologi (Suripin, 2004)

Sumber : Suripin,2004

1

2.2.5. Analisa Hidrologi

Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hydrologic phenomena*). Data hidrologi merupakan bahan informasi yang sangat penting dalam pelaksanaan inventarisasi potensi sumber-sumber air, pemanfaatan dan pengelolaan sumber-sumber air yang tepat dan rehabilitasi sumber- sumber alam seperti air, tanah dan hutan yang telah rusak. Fenomena hidrologi seperti besarnya : curah hujan, temperatur, penguapan, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran dan konsentrasi sedimen sungai akan selalu berubah menurut waktu. Dengan demikian suatu nilai dari sebuah data hidrologi itu hanya dapat terjadi lagi pada waktu yang berlainan sesuai dengan fenomena pada saat pengukuran nilai itu dilaksanakan.

Kumpulan data hidrologi dapat disusun dalam bentuk daftar atau tabel. Sering pula daftar atau tabel tersebut disertai dengan gambar-gambar yang biasa disebut diagram atau grafik, dan dapat disajikan dalam bentuk peta tematik, seperti peta curah hujan dan peta tinggi

43

muka air dengan maksud supaya lebih dapat menjelaskan tentang persoalan yang dipelajari.

Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisis hidrologi merupakan masukan penting dalam analisis selanjutnya. Bangunan hidraulik dalam bidang teknik sipil dapat berupa gorong-gorong, bendung, bangunan pelimpah, tanggul penahan banjir, dan sebagainya. Ukuran dan karakter bangunan-bangunan tersebut sangat tergantung dari tujuan pembangunan dan informasi yang diperoleh dari analisis hidrologi. Sebelum informasi yang jelas tentang sifat-sifat dan besaran hidrologi diketahui, hampir tidak mungkin dilakukan analisis untuk menetapkan berbagai sifat dan besaran hidrauliknya. Demikian juga pada dasarnya bangunan-bangunan tersebut harus dirancang berdasarkan suatu standar perancangan yang benar sehingga diharapkan akan dapat menghasilkan rancangan yang memuaskan.

Hujan merupakan komponen masukan yang penting dalam proses hidrologi. Analisis data hujan pada tinjauan aspek perencanaan hidrologi digunakan sebagai pendekatan dalam mengestimasi besar debit banjir yang terjadi pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Pendekatan estimasi debit banjir yang terjadi dari data hujan dilakukan apabila pada DAS yang bersangkutan tidak dilengkapi dengan alat ukur duga air (*Automatic Water Level Recorder*). Untuk memperoleh besaran hujan yang dapat dianggap sebagai kedalaman hujan yang sebenarnya terjadi di seluruh DAS, maka diperlukan sejumlah stasiun hujan yang dapat mewakili besaran hujan di DAS tersebut.

A. Uji Konsistensi Data

Dalam suatu deretan pengamatan hujan pada umumnya terdapat ketidaksesuaian. Uji konsistensi dilakukan terhadap data curah hujan yang dimaksudkan untuk mengetahui adanya penyimpangan, sehingga dapat disimpulkan apakah data tersebut layak dipakai dalam perhitungan analisis hidrologi atau tidak. Ketidakkonsistenan selama pencatatan data curah hujan dapat diakibatkan oleh :

1. Pemindahan stasiun pengukur hujan ke lokasi lain,

2. Perubahan di sekitar stasiun pengukur hujan yang dapat mengakibatkan perubahan pola hujan,
3. Perubahan ekosistem akibat kebakaran, longsor, dan lain-lain
4. Kesalahan dalam pencatatan data

Uji konsistensi data dapat dilakukan dengan menggunakan kurva massa ganda (*double mass curve*). Untuk mengetahui tingkat konsistensi data curah hujan di suatu stasiun, langkah yang harus dilakukan adalah mengumpulkan data curah hujan yang homogen dari beberapa stasiun pencatat hujan di sekitarnya. Kemudian curah hujan total dari keseluruhan stasiun di sekitar stasiun yang diuji tersebut dicari harga rata-rata tahunannya. Nilai akumulasi rata-rata curah hujan dari stasiun-stasiun tersebut kemudian diplotkan terhadap akumulasi hujan dari stasiun yang diuji (Amin et al., 2018).

Ketidakkonsistenan data ditunjukkan oleh penyimpangan garisnya dari garis lurus. Jika terjadi penyimpangan, maka data hujan dari stasiun hujan yang diuji harus dikoreksi sesuai dengan perbedaan kemiringan garisnya, dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Corection Ratio} = \frac{c}{o}$$

$$Pcx = PX \frac{Mc}{Mo} = PX \frac{c}{o} \quad (2.1)$$

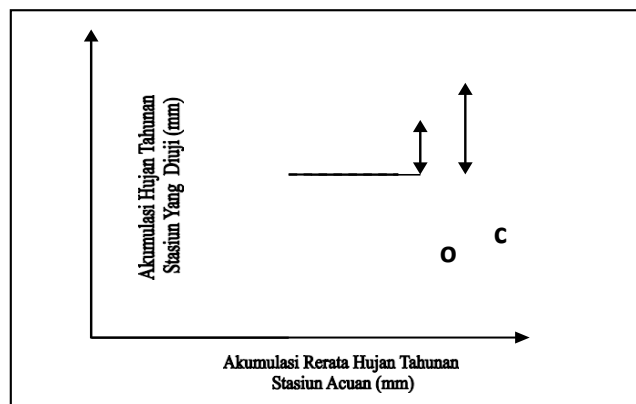
dengan :

Pcx = Data hujan yang dikoreksi pada stasiun hujan yang diuji (mm)

Px = Data hujan terukur pada stasiun hujan yang diuji (mm)

Mc = kemiringan setelah dikoreksi

Mo = kemiringan asli sebelum dikoreks



Gambar 2. 3 Lengkung Massa Ganda (Asdak, 1995).

2.2.6. Curah Hujan Rerata Daerah

Untuk mendapatkan gambaran mengenai penyebaran hujan di seluruh daerah, di beberapa tempat tersebar pada DAS dipasang alat penakar hujan. Pada daerah aliran yang kecil kemungkinan hujan terjadi merata diseluruh daerah, tetapi tidak pada daerah aliran yang besar. Hujan yang terjadi pada daerah aliran yang besar tidak sama, sedangkan pos-pos penakar hujan hanya mencatat hujan di suatu titik tertentu. Sehingga akan sulit untuk menentukan beberapa hujan yang turun di seluruh areal. Hal ini akan menyulitkan dalam menentukan hubungan antara debit banjir dan curah hujan yang mengakibatkan banjir tersebut.

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah atau curah hujan daerah yang dinyatakan dalam satuan millimeter (Sosrodarsono & Takeda, 2003).

Terdapat tiga macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada daerah tertentu di beberapa titik pos penakar atau pencatat hujan, yaitu :

1. Metode rata-rata aljabar

Tinggi rata-rata curah hujan didapatkan dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran hujan di pos penakar-penakar hujan di daerah tersebut. Curah hujan rerata daerah metode rata-rata aljabar dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots d_n}{n} = \sum_{i=1}^n d_i/n \quad (2.2)$$

dengan :

d = tinggi curah hujan rata-rata daerah

$d_1, d_2, \dots d_n$ = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,...n

n = banyaknya pos penakar

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakarnya ditempatkan secara merata di daerah tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh areal.

2. Metode Poligon Thiessen

Cara ini digunakan jika titik-titik pengamatan di dalam daerah tersebut tidak tersebar merata. Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (weighted average). Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua buah pos penakar.

Curah hujan rerata daerah metode poligon Thiessen dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$d = \frac{A_1d_1 + A_2d_2 + \dots + A_nd_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i d_i}{A_i} \quad (2.3)$$

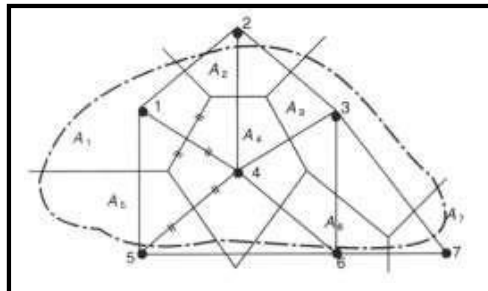
Dengan :

A = luas areal

d = tinggi curah hujan rata-rata areal

$d_1, d_2, \dots, d_n$ = tinggi curah hujan di pos 1, 2, ..., n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas daerah pengaruh pos 1, 2, 3, ..., n

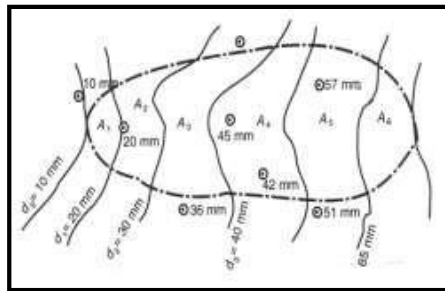


Sumber : Soemarto, 1999

Gambar 2. 4 Metode Poligon Thiessen

3. Metode garis isohyet

Dengan cara ini, maka harus digambar dulu kontur dengan tinggi hujan yang sama (*isohyet*), seperti pada gambar 2.4



Sumber : Soemarto, 1999

Gambar 2. 5 Metode garis Isohyet

Kemudian luas bagian di antara *isohyet-isohyet* yang berdekatan diukur, dan nilai rata-ratanya dihitung sebagai nilai rata-rata timbang hitung nilai kontur, sebagai berikut :

$$d = \frac{\frac{d_0+d_1}{2}A_1 + \frac{d_1+d_2}{2}A_2 + \dots + \frac{d_{n-1}+d_n}{2}A_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \quad (2.3)$$

dengan :

A = luas areal total

d = tinggi hujan rata-rata areal

$d_0, d_1, \dots, d_n$ = curah hujan pada *isohyet* 0,1,2, ...,n

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas bagian areal yang dibatasi oleh *isohyet-isohyet* yang bersangkutan

Dalam pemilihan ketiga metode yang akan digunakan dalam suatu DAS dapat ditentukan dengan mempertimbangkan hal berikut (Suripin, 2004):

a. Luas DAS

- DAS besar (>5.000 km²) : Metode Isohyet
- DAS Sedang (500 – 5.000 km²) : Metode Poligon Thiessen
- DAS Kecil (<500 km²) : Metode Rata-Rata Aljabar

b. Jaring-jaring Stasiun Hujan

- Jumlah stasiun hujan cukup (lebih dari dua) menggunakan Metode Isohyet Poligon Thiessen, Rata-rata Aljabar.
- Jumlah stasiun hujan terbatas (hanya dua) menggunakan Metode Rata-rata Aljabar atau Poligon Thiessen.

2.2.7. Analisa Periode Ulang Hujan (PUH)

Periode ulang hujan adalah suatu periode yang berulang dalam ukuran tertentu yang mana kejadian hujan dengan intensitas sama berulang kembali. Misalnya 2, 5, 10, 50 tahun sekali (Masduki, 1988). Penetapan periode ulang hujan ini dipakai untuk menentukan besarnya kapasitas saluran atau bangunan drainase. Hal ini berkaitan dengan penentuan skala prioritas berdasarkan kemampuan pembiayaan, resiko dan teknologi yang akan digunakan. Adapun penentuan PUH yang digunakan di dalam perencanaan drainase adalah seperti pada Tabel 2.2

Tabel 2.2. Penentuan PUH Untuk Perencanaan Drainase Perkotaan
Jenis Kawasan

Jenis Kawasan	Saluran Primer	Saluran Sekunder	Saluran Tersier
Permukiman			
- Kota Sedang	10 - 20 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
- Kota Kecil	5 - 10 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
Industri	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
Perumahan	5 - 20 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun

Sumber : Suripin, 2004

Selain berdasarkan jenis fasilitas, acuan penentuan PUH pada daerah penelitian atau perencanaan dapat didasarkan pada jenis fasilitas.

Tabel 2.3. Penentuan PUH untuk Perencanaan Drainase Perkotaan
Berdasarkan Jenis Fasilitas

No	Fasilitas	PUH
1	Saluran Mikro	
	- Perumahan, taman, lahan tak berfungsi	2
	- Pusat Kota	5
	- Industri besar	5
	- Industri menengah	10
	- Industri sedang	25
2	Saluran Tersier	2
3	Saluran Sekunder	5
4	Saluran Primer	10
5	Saluran Tepi Jalan	
	- Jalan Raya biasa	5 - 10
	- Jalan by pass	10 - 25
	- Jalan tol	25 - 50

Sumber: Masduki, 1988.

2.2.8. Analisa Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum (HNM)

Analisis frekuensi digunakan untuk menetapkan besaran hujan atau debit dengan kala ulang tertentu. Analisis frekuensi dapat dilakukan untuk seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan/debit, dan didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran hujan/debit di masa yang akan datang (diandaikan bahwa sifat statistik tidak berubah/sama). tahapan analisis frekuensi hujan dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Menyiapkan data hujan yang sudah dipilih berdasarkan metode pemilihan data terbaik menurut ketersediaan data.
2. Data diurutkan dari kecil ke besar (atau sebaliknya).
3. Hitung besaran statistik data yang bersangkutan ($\bar{X}$, s, C_v , C_s , C_k)

Dalam analisis frekuensi distribusi probabilitas teoritik yang cocok untuk data yang ada ditentukan berdasarkan parameter-parameter statistika seperti nilai rerata, standar deviasi, koefisien asimetri, koefisien variasi dan koefisien kurtosis. Adapun rumus-rumus parameter statistika tersebut antara lain sebagai berikut ini:

- a. Nilai rerata ($\bar{x}$) Nilai rerata merupakan nilai yang dianggap cukup representative dalam suatu distribusi. Nilai rata-rata tersebut dianggap sebagai nilai sentral dan dapat dipergunakan untuk pengukuran sebuah distribusi.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n} \quad (2.4)$$

- b. Simpangan baku (standard deviation) (S) Umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar (standard deviation). Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai deviasi standar (S) akan besar pula, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka (S) akan kecil.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})}{n-1} \quad (2.5)$$

- c. Koefisien asimetri (skewness) (C_s) Kemencengan (skewness) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (asymmetry) dari suatu bentuk distribusi. Apabila suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi mempunyai ekor memanjang ke kanan atau ke kiri terhadap titik pusat maksimum maka kurva tersebut tidak akan berbentuk simetri, keadaan itu disebut menceng

ke kanan atau ke kiri. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri. Kurva distribusi yang bentuknya simetri maka nilai $CS = 0.00$, kurva distribusi yang bentuknya menceng ke kanan maka CS lebih besar nol, sedangkan yang bentuknya menceng ke kiri maka CS kurang dari nol

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (2.5)$$

- d. Koefisien variasi (Cv) Koefisien variasi (variation coefficient) adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi.

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (2.6)$$

- e. Koefisien kurtosis (Ck) Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 \quad (2.7)$$

dengan :

X_i = varian yang berupa hujan atau data debit

$\bar{X}$ = rerata data hujan atau debit

n = jumlah data yang dianalisis

S = simpangan baku

C_s = koefisien asimetri

C_v = koefisien variasi

C_k = koefisien kurtosis

4. Pemilihan jenis sebaran (distribusi). Setelah parameter statistik diketahui, maka distribusi yang cocok untuk digunakan dalam analisis frekuensi dapat ditentukan. Distribusi probabilitas yang sering dipakai dalam analisis hidrologi yaitu distribusi Normal, Log Normal, Gumbel dan Log Pearson III. Sifat-sifat khas dari setiap macam distribusi frekuensi sebagai berikut:

a. Distribusi Normal

Distribusi normal banyak digunakan dalam analisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi rata-rata curah hujan tahunan, debit rata-rata tahunan dan sebagainya. Ciri khas distribusi Normal adalah :

Skewness (C_s) $\approx 0,00$

Kurtosis (C_k) = 3,00

Probabilitas $X \leq (\bar{X} - S) = 15,87\%$

Probabilitas $X \leq \bar{X} = 50,00\%$

Probabilitas $X \leq (\bar{X} + S) = 84,4\%$

b. Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai varian X menjadi nilai logaritmik varian X . Secara matematis distribusi log normal ditulis sebagai berikut:

$$P(X) = \frac{1}{(\log X)(S)(\sqrt{2\pi})} \cdot \exp \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{\log X - \bar{X}}{S} \right)^2 \right\} \quad (2.8)$$

dimana,

$P(X)$ = peluang log normal

X = nilai varian pengamat

$\bar{X}$ = rata-rata dari logaritmik varian

S = deviasi standar dari logaritmik nilai varian X

Apabila nilai $P(X)$ digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus. Sifat statistik distribusi Log Normal adalah :

$$C_s \cong 3C_v$$

$C_s > 0$ Persamaan garis teoritik probabilitas : 22 . X X K S T

c. Metode Gumbel

Metode analisa frekuensi extrem value dari H.J. Gumbel, yaitu suatu metoda distribusi yang didasarkan kepada karakteristik penyebaran dengan menggunakan suatu koreksi variabel yaitu menggunakan distribusi harga maksimum. Hujan harian maksimum pada metode ini dirumuskan sebagai berikut (Sosrodarsono & Takeda, 2003).

$$RT = R + \frac{\sigma_T}{\sigma_n} (YT - Y_n) \quad (2.9)$$

Dimana:

R_T = HHM rencana dengan PUH tahun (mm/24 jam)

R = harga curah hujan rata-rata selama n tahun (mm/24 jam)

σ_R = standar deviasi n tahun (diperoleh dari perhitungan)

σ_n = Expected Standar Deviation

Y_T = Reduced Variate untuk PUH T tahun

Y_n = Expected Mean Reduce Variate

Untuk mendapatkan nilai standar deviasi digunakan persamaan berikut :

$$\sigma R = \left[\frac{\sum (R_i - R)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (2.10)$$

Dimana :

R= Jumlah data

R_i = Curah hujan tahunan (mm)

Nilai σ_n , Y_T dan Y_n diperoleh dari tabel Reduce Mean fungsi n pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4. Hubungan Nilai Y_T , σ_n dengan Jumlah Data (n)

Jumlah Data n	Reduce Variate Y_T	Standard Deviation σ_n
10	0,4595	0,9496
11	0,4996	0,9676
12	0,5035	0,9833
13	0,5070	0,9971
14	0,5100	1,0095
15	0,5128	1,0206

Sumber : Soewarno, 1995

Rentan keyakinan (confidence interval) untuk harga R_k yaitu sebagai berikut:

$$R = \pm t \alpha . Se$$

R_k = Rentang keyakinan (mm/jam)

$T(\alpha)$ = fungsi α

Se = deviasi (Probability error)

Untuk $\alpha = 90\%$ $t(\alpha) = 1,645$

Untuk $\alpha = 80\%$ $t(\alpha) = 1,282$

Untuk $\alpha = 68\%$ $t(\alpha) = 1,000$

d. Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk distribusi Log Pearson tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson tipe III dengan menggantikan varian menjadi nilai

logaritmik. Sifat statistik distribusi ini adalah Jika tidak menunjukkan sifat-sifat seperti pada ketiga distribusi di atas, serta Garis teoritik probabilitasnya berupa garis lengkung. Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson type III adalah :

- 1) harga rata-rata ($\bar{X}$),
- 2) standar deviasi (S),
- 3) koefisien kepengcengan (C_s).
- 4) Data digambarkan pada kertas probabilitas.
- 5) Ploting persamaan garis teoritis berdasarkan Persamaan
- 6) Selanjutnya dilakukan pengujian dengan Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

Terdapat beberapa cara untuk menguji jenis probabilitas dengan kesesuaian data yang ada antara lain :

a. Uji Chi-Kuadrat

Pada dasarnya uji ini merupakan pengecekan terhadap penyimpangan rerata dari data yang dianalisis berdasarkan distribusi terpilih. Penyimpangan tersebut diukur dari perbedaan antara nilai probabilitas setiap varian χ menurut hitungan dengan pendekatan empiris. Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left[\left(\frac{E_f - O_f}{E_f} \right)^2 \right] \quad (2.11)$$

dengan :

χ^2 = harga Chi-Kuadrat

E_f = estimasi frekuensi untuk kelas i

O_f = observed frekuensi pada kelas i

K = banyaknya kelas

Syarat dari uji Chi-Kuadrat adalah harga χ^2 harus lebih kecil dari pada χ^2_{α} (Chi-Kuadrat kritik) yang besarnya tergantung pada derajat kebebasan (DK) dan derajat nyata (α). Pada analisis frekuensi sering diambil derajat nyata 5%.

b. Uji Smirnov Kolmogorov

Pengujian dilakukan dengan mencari nilai selisih probabilitas tiap varian χ menurut distribusi teoritik yaitu Δ_i . Harga Δ_i maksimum harus lebih kecil dari Δ kritik yang besarnya ditetapkan berdasarkan banyaknya data dan derajat nyata (α).

2.2.9. Analisis Distribusi Intensitas Curah Hujan

Distribusi curah hujan adalah berbeda-beda dan memiliki ciri tersendiri sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau. Seperti curah hujan tahunan, curah hujan harian dan curah hujan per jam. Harga curah hujan yang akan didistribusikan ini penting, terutama untuk mendapatkan kurva durasi intensitas hujannya. Intensitas curah hujan adalah besarnya curah hujan maksimum yang diperhitungkan dalam suatu desain (Sosrodarsono & Takeda, 2003). Untuk mendapatkan besarnya intensitas curah hujan dapat diturunkan dengan metoda Bell, Van Breen, dan Hasper Der Weduwen.

2.2.10 Analisa Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah ketinggian atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Semakin singkat intensitas hujan maka waktu yang diperlukan semakin lama. Dan sebaliknya, semakin lama intensitas hujan, maka waktu yang dibutuhkan semakin pendek. Untuk drainase perkotaan, rumus umum yang dipakai adalah rumus Mononobe.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad (2.12)$$

Dengan :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

t = Lamanya hujan (jam)

Lamanya hujan pada permusan tersebut, dinyatakan sama dengan waktu konsentrasi (t_c) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari suatu titik terjauh pada DAS hingga mencapai titik yang ditinjau pada sungai. Kemiringan daerah aliran dan kemiringan saluran dapat dihitung

2.2.11 Analisa Limpasan Permukaan Metode Rasional

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan jumlah limpasan permukaan yang terjadi. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode rasional. Metode ini banyak digunakan untuk sungai- sungai biasa dengan daerah pengaliran yang luas dan juga untuk perencanaan drainase daerah pengaliran yang relatif sempit. Bentuk persamaan umum dari metoda rasional adalah sebagai berikut :

$$Q_p = (0,002778) \times C \times I \times A \quad (2.13)$$

Dimana :

Q_p = laju aliran permukaan (debit) puncak ($m^3/detik$)

C = koefisien aliran permukaan tergantung pada karakteristik DAS ($0 \leq C \leq 1$).

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas DAS (ha)

Koefisien limpasan permukaan ditentukan oleh beberapa parameter yaitu, tekstur tanah, kemiringan daerah dan jenis tutupan lahan.

Keuntungan menggunakan metode rasional adalah kemudahannya dalam memberikan informasi perkiraan limpasan permukaan tanpa mengkhawatirkan sedikitnya data yang tersedia. Untuk daerah-daerah dengan data hidrologi yang terbatas, metode ini sangat baik untuk diterapkan.

2.2.12 Koefisien Pengaliran (C)

Salah satu konsep penting dalam upaya mengendalikan banjir adalah koefisien aliran permukaan (*runoff*) yang biasa dilambangkan dengan C . Koefisien C didefinisikan sebagai nisbah antara laju puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, tanaman penutup tanah dan intensitas hujan (Arsyad, 2006). Koefisien pengaliran seperti disajikan pada Tabel 2.5. berikut, didasarkan dengan suatu pertimbangan bahwa koefisien tersebut sangat tergantung pada faktor-faktor fisik. Harga koefisien pengaliran (C) untuk berbagai kondisi permukaan tanah dapat ditentukan sebagai berikut:

Tabel 2.5 Koefisien Pengaliran Metode Rasional

Tata Guna Lahan	C	Tata Guna Lahan	C
Perkantoran		Tanah lapang	
Daerah pusat kota	0,7-0,95	Berpasir, datar, 2%	0,05-0,10
Daerah sekitar kota	0,50-0,70	Berpasir, agak rata, 2-7%	0,10-0,15
Perumahan		Berpasir, miring, 7%	0,15-0,20
Rumah tinggal	0,30-0,50	Tanah berat, datar, 2%	0,13-0,17
Rumah susun, terpisah	0,40-0,60	Tanah berat, agak datar, 2-7%	0,18-0,22

Rumah susun, bersambung	0,60-0,75	Tanah berat, miring, 7%	0,25-0,35
Pinggiran kota	0,25-0,40	Tanah pertanian, 0-30%	
Daerah industri		Tanah kosong	
Kurang padat industri	0,50-0,80	Rata	0,03-0,60
Padat industri	0,60-0,90	Kasar	0,20-0,50
		Ladang Garapan	
Taman, kuburan	0,10-0,25	Tanah berat, tanpa vegetasi	0,30-0,60
Tempat bermain	0,20-0,35	Tanah berat, dengan vegetasi	0,20-0,50
Daerah stasiun KA	0,20-0,40	Berpasir, tanpa vegetasi	0,20-0,25
Daerah tak berkembang	0,10-0,30	Berpasir, dengan vegetasi	0,10-0,25
Jalan Raya		Padang Rumput	
Beraspal	0,70-0,95	Tanah berat	0,15-0,45
Berbeton	0,80-0,95	Berpasir	0,05-0,25
Berbatu bata	0,70-0,85	Hutan/bervegetasi	0,05-0,25
Trotoar	0,75-0,85	Tanah Tidak Produktif, > 30%	
		Rata, kedap air	0,70-0,90
Daerah beratap	0,75-0,95	Kasar	0,50-0,70

Sumber : Asdak, 1995

Untuk daerah pengaliran yang terdiri atas beberapa jenis tata guna lahan, maka nilai C diambil harga rata-ratanya sesuai dengan bobot luasan dengan luasannya dengan rumus:

$$C_{gab} = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.14)$$

Dimana :

C_{gab} = Koefisien C rata-rata

C_1, C_n = Koefisien C masing-masing sub area

A_1, A_n = Luas masing-masing sub area

2.2.13 Waktu Mengalir pada Permukaan Tanah menuju Saluran Terdekat (tof, Time of Overland Flow)

Adalah waktu limpasan atau pengaliran air hujan sebelum masuk ke saluran terdekat. Dirumuskan sebagai berikut (Suripin, 2004).

$$tof = \frac{0.0195 \sqrt{\frac{Lo}{So}}^{0.77}}{60} \quad (2.15)$$

Dimana ;

t_{of} = waktu aliran di dalam saluran (jam)

L = Panjang saluran (m)

So = Kemiringan Saluran

2.2.14 Waktu Mengalir Pada Saluran (t_d , Time of Drain)

Adalah waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir selama berada di dalam saluran, sampai pada titik pengamatan yang ditentukan. Dirumuskan sebagai berikut (Suripin, 2004):

$$td = \frac{L}{v} \times \frac{1 \text{ jam}}{3600 \text{ detik}} \quad (2.16)$$

Dimana:

t_d = Waktu aliran di dalam saluran (jam)

L = Panjang saluran (m)

V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/detik)

2.2.15 Waktu Konsentrasi (t_c , Time of Concentration)

Adalah waktu yang dibutuhkan air hujan untuk mengalir dari mulai titik terjauh hingga titik pengamatan. Pada daerah terbangun, waktu konsentrasi terdiri dari waktu yang diperlukan air untuk menuju ke saluran terdekat (t_{of}) dan waktu mengalir dari saluran ke suatu tempat yang ditinjau (t_d). Dirumuskan sebagai berikut:

$$tc = t_{of} + t_d \quad (2.17)$$

Dimana:

t_c = Time of Concentration (jam)

t_{of} = Time of Overland Flow (jam)

t_d = Time of Drain (jam)

2.2.16 Instensitas Hujan (I)

Adalah curah hujan rata-rata dari hujan yang mempunyai lama waktu yang sama dengan lama waktu konsentrasi (t_c) pada Periode Ulang Hujan (PUH) tertentu. Lama waktu konsentrasi untuk berbagai daerah adalah berbeda-beda dan PUH yang harus dipilih untuk menentukan intensitas hujan rencana pada tiap-tiap daerah juga tidak selalu sama (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

2.2.17 Luas Daerah Pengaliran (A)

Adalah curah daerah tempat kejadian hujan sehingga seluruh air hujan jatuh di suatu daerah tertangkap di suatu titik tunjauan tertentu. Luas daerah pengaliran ini dihitung berdasarkan catchment area yang masuk menjadi beban pada saluran drainase (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

2.2.18 Kemiringan Medan Limpasan (So, Slope of Overland Flow)

Kemiringan dari aliran pada daerah yang kita tinjau. Kemiringan ini dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$S = \left(\frac{v \times n}{R^{2/3}} \right)^2 \quad (2.18)$$

Persamaan di atas diturunkan dari rumus kecepatan berikut :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2.19)$$

2.2.19 Analisa Hidrolika

Analisa ini dilakukan setelah debit rencana diketahui. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perencanaan teknis sistem drainase berdasarkan pertimbangan kapasitas saluran yang ada. Menurut Suripin (2004), persamaan yang digunakan untuk melakukan analisis tampungan adalah dengan metode Manning dari Robert Manning.

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.20)$$

Dimana nilai A dan P didapat dari persamaan berikut

$A = (B + mh) h$ — saluran trapesium

$A = B \times h$ — saluran persegi

$P = B + 2h + \sqrt{1 + m^2}$ — saluran trapesium

$P = B + 2h$ — saluran persegi

nilai m didapat dari:

$$m = \frac{B-b}{2 \times H} \quad (2.21)$$

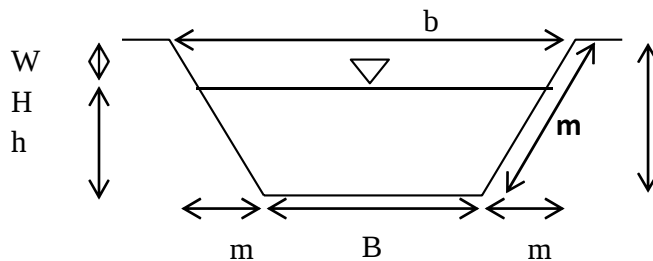
Kemudian dihitung debit kapasitas saluran menggunakan persamaan berikut:

$$Q = V \cdot A \quad (2.22)$$

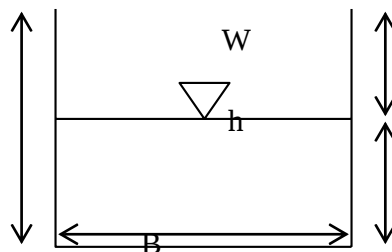
Dimana nilai V didapat dari persamaan berikut:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = \left(\frac{v \times n}{R^{2/3}} \right)^2$$



Gambar 2.6 Jenis Penampang Trapesium (Suripin, 2004)



Gambar 2.7 Jenis Penampang Persegi (Suripin, 2004)

Keterangan:

Q = debit rencana ($m^3/detik$)

V = Kecepatan aliran ($m/detik$)

A = Luas Penampang Basah (m^2)

B = Lebar dasar saluran (m)

b = Lebar atas saluran (m)

h = Kedalaman air (m)

H = Kedalaman saluran (m)

W = Tinggi jagaan (m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

P = Keliling basah (m)

n = Koefisien kekasaran Manning

S = Kemiringan saluran

Nilai koefisien kekasaran Manning (n) sesuai dengan bahan saluran dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Koefisien Kekasaran Manning

No	Bahan Saluran	Koefisien Kekasaran n
1	Pasangan batu bata dipilester halus	0,010 - 0,015
2	Pasangan batu bata tidak dipilester	0,012 - 0,018
3	Pasangan batu kali dihaluskan	0,017 - 0,030
4	Pasangan batu kali tidak dihaluskan	0,023 - 0,035
5	Beton dihaluskan (finished)	0,011 - 0,015
6	Beton cetak tidak dihaluskan (unfinished)	0,014 - 0,020
7	Beton pada galian beton yang rapi	0,017 - 0,020
8	Beton pada galian beton yang tidak dirapikan	0,022 - 0,027
9	Tanah galian yang rapi	0,016 - 0,020
10	Tanah galian berbatu yang dirapikan	0,022 - 0,030
11	Tanah galian yang sedikit ditumbuhi rumput	0,022 - 0,033
12	Galian pada batuan yang keras	0,025 - 0,040

Sumber : Chow, 1989

2.2.20 Kriteria Desain

Untuk desain saluran drainase perkotaan harus menggunakan analisa hujan berdasarkan periode ulang 2 tahun. Perencanaan dengan periode ulang yang lebih besar sering kali tidak dapat dibenarkan secara ekonomis, karena mengakibatkan perencanaan dimensi saluran dan bangunan penunjang yang lebih besar. Sebagai konsekuensinya akan mengakibatkan biaya pembebasan tanah dan pembongkaran bangunan

yang lebih besar dan rentan munculnya masalah sosial. Kesepakatan yang bertujuan kearah pencapaian keadilan dan kewajaran akan memerlukan waktu yang sangat panjang dan seringkali bentuk pada suatu yang tidak mencapai kata sepakat dari berbagai pihak. Untuk meminimalisir masalah ini, maka kriteria desain harus ditetapkan. Namun pendekatan dari berbagai aspek diatas menjadi pertimbangan dalam penetapan kriteria desain dibawah ini. Kriteria desain yang akan digunakan untuk analisa drainase perkotaan kota Lamongan adalah sebagai berikut :

- 1 Batas-batas genangan yang dapat diterima untuk perencanaan jalan adalah sebagai berikut
- 2 Periode Ulang Perencanaan untuk saluran Primer digunakan periode ulang 10 tahun dan untuk saluran sekunder digunakan periode ulang 5 tahun.
- 3 Dimensi penampang saluran yang ditetapkan harus mampu untuk melewati debit banjir rencana ditambah tinggi jagaan dalam kondisi kapasitas penuh (full bank capacity).
- 4 Dalam merencanakan saluran drainase, sedapat mungkin menggunakan trase yang sudah ada. Perkecualian aturan ini dapat dilakukan bila kawasan tersebut mempunyai kerapatan drainase yang rendah.
- 5 Sedapat mungkin tidak melakukan peninggian tanggul saluran untuk memenuhi syarat tinggi jagaan, karena peninggian tersebut akan menghalangi aliran lateral.
- 6 Perhitungan debit banjir rencana yang digunakan untuk penentuan kapasitas saluran menggunakan metode Rasional dan Hidrograf yang didapat dari hidrograf satuan sintetis Nakayasu.
- 7 Perhitungan hidrolika untuk saluran tersier dan saluran sekunder untuk pematasan kecil menggunakan metode analitis dengan menganggap bahwa pada aliran pada saluran adalah aliran seragam. Rumus yang digunakan untuk perencanaan saluran adalah rumus Manning. Sifat aliran pada perhitungan ini diasumsikan aliran permanen (steady flow).

BAB 3

METODE PENELITIAN

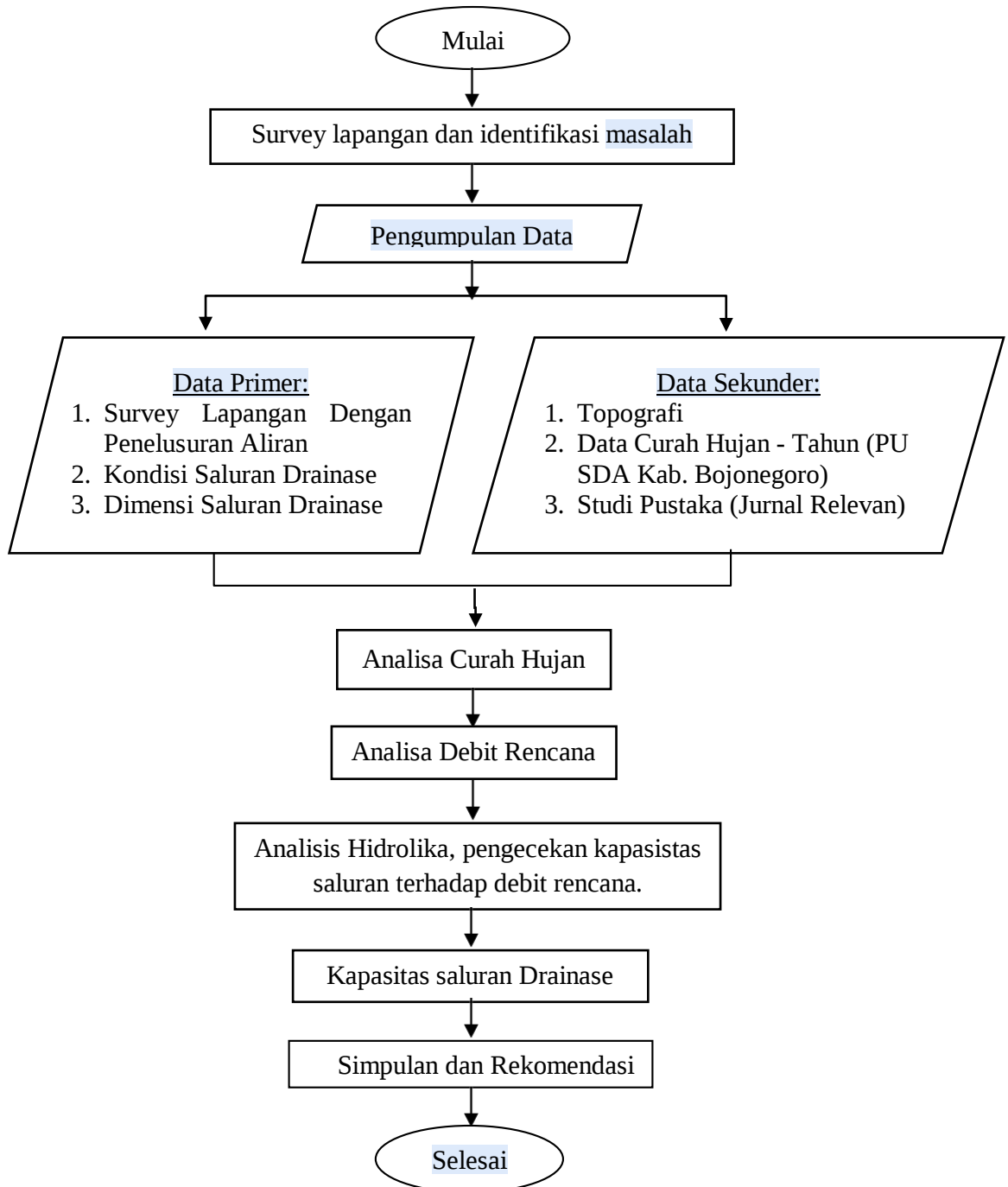
3.1 Alur Pikir Penelitian

Untuk penelitian dimulai dari studi pendahuluan yaitu mengidentifikasi masalah yang akan dikaji. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data, untuk data hujan penulis memakai data... Data topografi diambil dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Bojonegoro yang telah mempunyai peta topografi.

Penulis juga memakai data primer yaitu mengukur dimensi saluran drainase eksisting yang akan dikaji serta kondisi terakhir. Dari data hujan yang diperoleh maka dilakukan analisa hujan wilayah yang berpengaruh terhadap lokasi studi. Dalam analisa hidrologi ini, distribusi yang akan digunakan.

3.2 Rancangan Penelitian

Kerangka alur penelitian merupakan suatu alur kegiatan yang dijadikan sebagai dasar dalam memudahkan langkah dalam pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Secara skematis, metode penelitian dapat dilihat pada skema Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

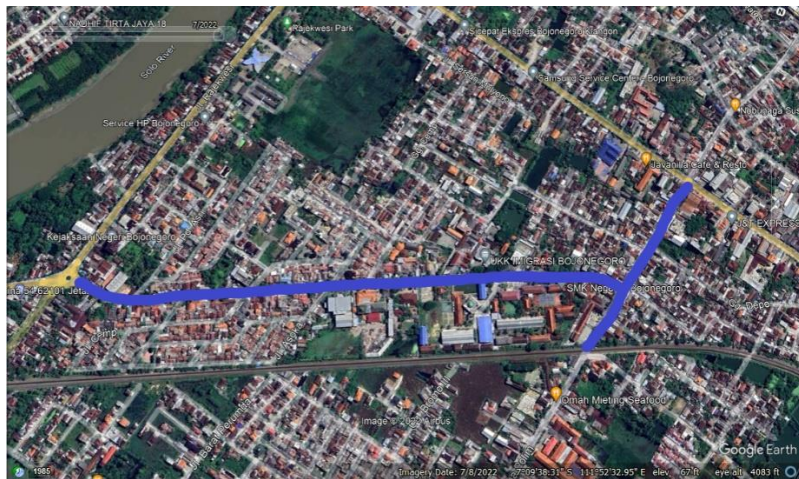
Sumber : Hasil olahan penelitian

3.3 Subjek Penelitian

Penelitian ini bersifat analisis berdasarkan pengamatan. Pengamatan yang dilakukan berdasarkan instrument penelitian sehingga hanya melibatkan item yang berkaitan dengan saluran drainase. Sehingga yang menjadi subjek pada penelitian ini adalah evaluasi sistem drainase berdasarkan analisa hidrologi dan analisa hidraulika.

3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi studi berada di Kecamatan Bojonegoro Kabupaten Bojonegoro dengan saluran drainase yang beroutlet pada sungai Bengawan Solo.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian

3.5 Prosedur Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data Primer

Pengumpulan data primer terdiri atas :

- Survei lapangan dengan penelusuran aliran.
- Identifikasi daerah penelitian yang terjadi genangan dan penyebabnya
- Melakukan pengukuran saluran drainase eksisting yang ada di daerah tersebut.

2. Data Sekunder :

Pengumpulan data sekunder terdiri atas :

- Data curah hujan 10 tahun terakhir di pos penakar hujan terdekat dengan lokasi penelitian
- Peta topografi / Digital Elevation Model

- c. Masterplan Sistem atau data dan peta jaringan drainase Kecamatan Bojonegoro
- d. Studi pustaka yang berkaitan dengan analisis sistem saluran drainase. Studi pustaka disini sama halnya dengan studi literature.

3.6 Teknik Analisis Data

Dari data – data yang sudah didapatkan, lalu dilakukan analisis dari segi hidrologi dan dari segi hidrolika. Analisis yang digunakan penelitian ini didasarkan pada Peraturan Menteri PU nomor 12 tahun 2014 tentang penyelenggaraan sistem drainase perkotaan.

Analisis dari segi hidrologi data hujan 10 tahun terakhir didapat dari stasiun hujan terdekat dilakukan analisis untuk menentukan curah hujan maksimum harian, setelah itu dilakukan analisis frekuensi untuk mendapatkan distribusi yang cocok dengan menggunakan metode distribusi gumbel, dan distribusi log pearson type III. Setelah mendapatkan distribusi yang cocok kemudian dilakukan uji kecocokan distribusi, dipenelitian ini yang digunakan uji chi-khuadrat dan uji smirnov-kolmogrov. Langkah selanjutnya yaitu dengan menentukan intensitas hujan dengan menggunakan persamaan Mononobe. Hal ini bertujuan untuk mengetahui hujan rancangan dari metode apa yang akan digunakan untuk menghitung debit rencana. Untuk mengetahui berapa debit rencana dilakukan dengan metode rasional.

Analisis dari segi hidrolika untuk mengetahui koefisien pengaliran yang sesuai dengan kondisi daerah penelitian. Lalu dilakukan juga pengukuran terhadap dimensi drainase eksisting di lapangan, kemudian dihitung berapa kapasitas tampungan dari sistem drainase eksisting yang ada dilapangan, selanjutnya dievaluasi apakah sistem drainase eksisting tersebut mampu untuk menampung volume debit rencana.

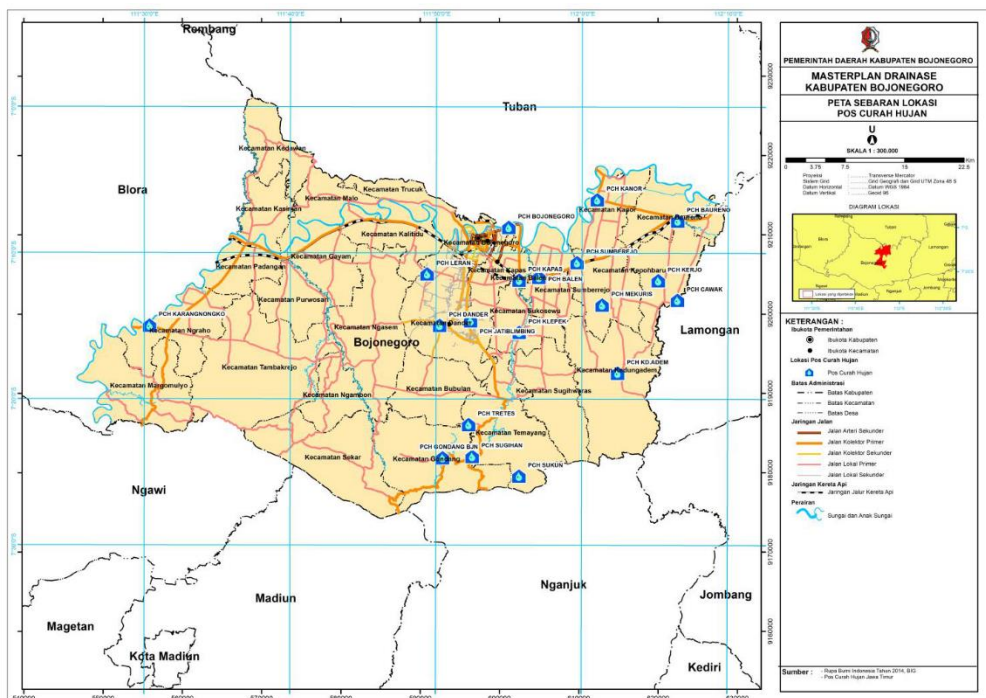
BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Data

Penentuan besarnya hujan rencana ditentukan dengan menggunakan perhitungan statistic untuk mendapatkan parameter statistik yang diperlukan dalam perhitungan hujan. Perhitungan tersebut tidak lepas dari hasil pencacatan curah hujan dari masing-masing stasiun hujan. Pada Kabupaten Bojonegoro terdapat stasiun penakar hujan yang letaknya menyebar di beberapa kecamatan. Data curah hujan yang dipakai dalam penelitian ini diambil dari Stasiun Hujan yang berada di sekitar Perkotaan Bojonegoro 10 tahun terakhir, yaitu :

1. Stasiun Hujan Bojonegoro
2. Stasiun Hujan Kapas
3. Stasiun Hujan Dander



Gambar 4.1 Lokasi Pos Curah Hujan

4.2. Hasil Temuan Penelitian

4.2.1. Analisis Hidrologi

Besarnya hujan rencana yang terjadi ditentukan dengan terlebih dahulu ditetapkan stasiun hujan yang dapat digunakan sebagai pencatatan curah hujan yang berpengaruh di wilayah lokasi penelitian. Berdasarkan pengumpulan data hidrologi yang diperoleh dari curah hujan terdekat dengan lokasi penelitian yaitu stasiun hujan Bojonegoro, stasiun hujan Kapas dan stasiun hujan Dander, diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Harian pada Stasiun Hujan Bojonegoro

No.	Bulan	Tahun									
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Januari	73	133	34	55	78	34	36	87	87	113
2	Februari	99	40	40	57	77	33	82	39	82	25
3	Maret	65	48	56	34	20	62	55	92	93	62
4	April	35	109	76	34	47	33	22	79	78	33
5	Mei	29	17	18	0	10	79	14	12	14	14
6	Juni	53	37	22	18	44	89	11	0	1	39
7	Juli	0	34	6	0	21	25	0	9	25	0
8	Agustus	0	0	7	0	24	0	0	0	13	11
9	September	0	0	0	0	48	40	0	0	26	39
10	Oktober	8	9	6	0	62	53	0	7	38	25
11	November	53	70	44	26	63	86	25	73	80	91
12	Desember	57	99	54	34	34	52	27	76	55	97
Hujan Maks Tahunan		99	133	76	57	78	89	82	92	93	113

Sumber: PU Sumber Daya Air Kabupaten Bojonegoro, tahun 2022

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian pada Stasiun Hujan Kapas

No.	Bulan	Tahun									
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Januari	38	63	41	75	71	43	54	75	14	14
2	Februari	59	61	52	105	58	49	43	23	52	41
3	Maret	103	53	60	0	62	37	47	54	64	56
4	April	23	66	81	38	34	28	32	60	70	70
5	Mei	65	32	22	24	15	43	42	29	35	12
6	Juni	45	41	12	31	41	18	20	0	2	12
7	Juli	0	37	60	0	14	45	0	0	23	14
8	Agustus	0	0	14	0	34	0	0	0	28	18
9	September	0	3	0	0	20	61	0	0	26	34
10	Oktober	21	35	12	0	45	52	0	0	65	29
11	November	78	45	18	34	78	72	18	8	73	89
12	Desember	25	31	95	45	35	65	0	36	50	75
Hujan Maks Tahunan		103	66	95	105	78	72	54	75	73	89

Sumber: PU Sumber Daya Air Kabupaten Bojonegoro, tahun 2022

Tabel 4.3 Data Curah Hujan Harian pada Stasiun Hujan Dander

No.	Bulan	Tahun									
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Januari	78	100	82	72	44	63	54	56	41	108
2	Februari	58	25	51	82	61	44	39	53	119	18
3	Maret	55	73	65	0	34	68	102	41	121	87
4	April	51	105	48	38	44	100	43	0	80	30
5	Mei	8	25	57	32	34	22	0	22	20	9
6	Juni	8	32	0	10	30	15	0	0	2	61
7	Juli	0	28	0	10	11	0	0	0	22	3
8	Agustus	0	0	0	0	48	0	0	0	43	10
9	September	0	0	0	0	102	0	0	0	23	20
10	Oktober	20	39	35	0	36	45	0	0	18	19
11	November	50	41	37	51	60	98	49	13	105	61
12	Desember	48	62	127	48	22	45	41	58	57	115
Hujan Maks Tahunan		78	105	127	82	102	100	102	58	121	115
Sumber: PU Sumber Daya Air Kabupaten Bojonegoro, tahun 2022											

Pada tabel di atas menunjukkan nilai curah hujan harian maksimum selama 10 tahun terakhir mulai tahun 2012 sampai dengan 2021 pada stasiun hujan yang berdekatan dengan lokasi penelitian yaitu stasiun hujan Bojonegoro, stasiun hujan Kapas dan stasiun hujan Dander.

4.2.2. Analisis Data Curah Hujan

1) Uji Konsistensi Data Hujan

Data hujan yang diperoleh dari instansi pengelolanya, perlu diuji tingkat kekonsistensiannya. Hal ini dikarenakan informasi yang diperoleh tentang masing-masing unsur tersebut mengandung ketidakteelitian (*inaccuracy*) dan ketidakpastian (*uncertainty*). Berdasar pada alasan tersebut maka perlu dilakukan uji konsistensi data dengan menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Metode ini digunakan untuk menguji ketidak konsistensinya (*inconsistency*) data suatu stasiun dengan data dari stasiun itu sendiri dengan mendeteksi nilai rata-rata (*mean*). Berikut merupakan hasil uji konsistensi data hujan menggunakan metode RAPS pada 3 stasiun hujan yang berdekatan dengan lokasi penelitian:

Tabel 4.4 Perhitungan Uji Kepanggahan Metode RAPS Stasiun Hujan Bojonegoro

No	Tahun	Hujan mm/hari	Sk*	D_y^2	Sk**	[Sk**]
1	2002	1102.00	-645.25	20817.38	-1.43	1.43
2	2003	1781.00	33.75	56.95	0.07	0.07
3	2004	1689.00	-58.25	169.65	-0.13	0.13
4	2005	1785.00	37.75	71.25	0.08	0.08
5	2006	1531.00	-216.25	2338.20	-0.48	0.48
6	2007	1616.00	-131.25	861.33	-0.29	0.29
7	2008	1874.00	126.75	803.28	0.28	0.28
8	2009	1720.50	-26.75	35.78	-0.06	0.06
9	2010	3277.50	1530.25	117083.25	3.40	3.40
10	2011	1604.00	-143.25	1026.03	-0.32	0.32
11	2012	1723.00	-24.25	29.40	-0.05	0.05
12	2013	1949.00	201.75	2035.15	0.45	0.45
13	2014	1471.00	-276.25	3815.70	-0.61	0.61
14	2015	1286.00	-461.25	10637.58	-1.02	1.02
15	2016	1690.00	-57.25	163.88	-0.13	0.13
16	2017	2028.00	280.75	3941.03	0.62	0.62
17	2018	1034.00	-713.25	25436.28	-1.58	1.58
18	2019	1601.00	-146.25	1069.45	-0.32	0.32
19	2020	2015.00	267.75	3584.50	0.59	0.59
20	2021	2168.00	420.75	8851.53	0.93	0.93
Jumlah		34945.00		202827.61		
Rerata		1747.25				

Sumber : Hasil Perhitungan

$n = 20$
 $D_y = 450.36$
 $Sk^{**} \text{ mak} = 3.40$
 $Sk^{**} \text{ min} = -1.58$
 $Q = 3.40$
 $R = 4.98$

$Q/(n^{0.5}) = 0.76 < 1.1$ 90 % => **Data Hujan Konsisten**
 $R/(n^{0.5}) = 1.11 < 1.34$ 90 % => **Data Hujan Konsisten**

Tabel 4.5 Perhitungan Uji Kepanggahan Metode RAPS Stasiun Hujan Kapas

No	Tahun	Hujan mm/hari	Sk*	D_y^2	Sk**	[Sk**]
1	2002	1338.00	-436.75	9537.53	-0.95	0.95
2	2003	1888.00	113.25	641.28	0.25	0.25
3	2004	1844.00	69.25	239.78	0.15	0.15
4	2005	1600.00	-174.75	1526.88	-0.38	0.38
5	2006	1354.00	-420.75	8851.53	-0.91	0.91
6	2007	1597.00	-177.75	1579.75	-0.39	0.39
7	2008	1660.00	-114.75	658.38	-0.25	0.25
8	2009	1693.00	-81.75	334.15	-0.18	0.18
9	2010	3268.00	1493.25	111489.78	3.24	3.24
10	2011	1942.00	167.25	1398.63	0.36	0.36
11	2012	1717.00	-57.75	166.75	-0.13	0.13
12	2013	1979.00	204.25	2085.90	0.44	0.44
13	2014	1856.00	81.25	330.08	0.18	0.18
14	2015	1328.00	-446.75	9979.28	-0.97	0.97
15	2016	2054.00	279.25	3899.03	0.61	0.61
16	2017	2015.00	240.25	2886.00	0.52	0.52
17	2018	860.00	-914.75	41838.38	-1.98	1.98
18	2019	1217.00	-557.75	15554.25	-1.21	1.21
19	2020	2142.00	367.25	6743.63	0.80	0.80
20	2021	2143.00	368.25	6780.40	0.80	0.80
Jumlah		35495.00		212997.36		
Rerata		1774.75				

Sumber : Hasil Perhitungan

n = 20
 D_y = 461.52
Sk** mak = 3.24
Sk** min = -1.98
Q = 3.24
R = 5.22

$Q/(n^{0.5})$ = 0.72 < 1.1 90 % => **Data Hujan Konsisten**
 $R/(n^{0.5})$ = 1.17 < 1.34 90 % => **Data Hujan Konsisten**

Tabel 4.6 Perhitungan Uji Kepanggahan Metode RAPS Stasiun Hujan Dander

No	Tahun	Hujan mm/hari	Sk*	D_y^2	Sk**	[Sk**]
1	2002	1176.00	-688.30	23687.84	-1.35	1.35
2	2003	1640.00	-224.30	2515.52	-0.44	0.44
3	2004	1831.00	-33.30	55.44	-0.07	0.07
4	2005	2054.00	189.70	1799.30	0.37	0.37
5	2006	1520.00	-344.30	5927.12	-0.68	0.68
6	2007	1811.00	-53.30	142.04	-0.10	0.10
7	2008	1746.00	-118.30	699.74	-0.23	0.23
8	2009	1727.00	-137.30	942.56	-0.27	0.27
9	2010	3512.00	1647.70	135745.76	3.24	3.24
10	2011	2200.00	335.70	5634.72	0.66	0.66
11	2012	1300.00	-564.30	15921.72	-1.11	1.11
12	2013	2194.00	329.70	5435.10	0.65	0.65
13	2014	1784.00	-80.30	322.40	-0.16	0.16
14	2015	1436.00	-428.30	9172.04	-0.84	0.84
15	2016	1984.00	119.70	716.40	0.24	0.24
16	2017	2180.00	315.70	4983.32	0.62	0.62
17	2018	1365.00	-499.30	12465.02	-0.98	0.98
18	2019	1300.00	-564.30	15921.72	-1.11	1.11
19	2020	2365.00	500.70	12535.02	0.98	0.98
20	2021	2161.00	296.70	4401.54	0.58	0.58
Jumlah		37286.00		259024.41		
Rerata		1864.30				

Sumber : Hasil Perhitungan

$n = 20$
 $D_y = 508.94$
 $Sk^{**} \text{ mak} = 3.24$
 $Sk^{**} \text{ min} = -1.35$
 $Q = 3.24$
 $R = 4.59$

$Q/(n^{0.5}) = 0.72 < 1.1$ 90 % => **Data Hujan Konsisten**
 $R/(n^{0.5}) = 1.03 < 1.34$ 90 % => **Data Hujan Konsisten**

Tabel 4.7 Nilai $Q/(n^{0,5})$ dan $R/(n^{0,5})$

n	$Q/(n^{0,5})$			$R/(n^{0,5})$	
	90%	95%	99%	90%	95%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.50
40	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62
	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75

Analisis Hidrologi, Sri Harto Br, 1983 : 60

Berdasarkan hasil perhitungan seperti yang ditampilkan tabel di atas yaitu pada tiga stasiun hujan terdekat dengan perkotaan Bojonegoro diperoleh hasil bahwa jika nilai $Q/(n^{0,5})$ dan $R/(n^{0,5})$ hitung lebih kecil dari nilai $Q/(n^{0,5})$ dan $R/(n^{0,5})$ tabel, maka data hujan dinyatakan konsisten. Dimana pada tabel 4.4 perhitungan stasiun hujan Bojonegoro diperoleh nilai $Q/(n^{0,5})$ $0,76 < 1,11$ dan nilai $R/(n^{0,5})$ $1,11 < 1,34$. Sementara hasil perhitungan pada tabel 4.5 stasiun hujan Kapas diperoleh nilai $Q/(n^{0,5})$ $0,72 < 1,11$ dan nilai $R/(n^{0,5})$ $1,17 < 1,34$. Selanjutnya pada tabel 4.6 stasiun hujan Dander diperoleh nilai $Q/(n^{0,5})$ $0,72 < 1,11$ dan nilai $R/(n^{0,5})$ $1,03 < 1,34$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiga stasiun hujan terdekat dengan perkotaan Bojonegoro memiliki data hujan konsisten pada probabilitas 90%.

2) Uji Abnormalitas Data (Uji Outlier)

Data yang telah konsisten kemudian perlu diuji lagi dengan uji abnormalitas. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data maksimum dan minimum dari rangkaian data yang ada layak digunakan atau tidak. Uji yang digunakan ialah uji *Outlier*, dimana data yang menyimpang dari dua batas ambang yaitu ambang bawah (X_L) dan ambang atas (X_H) akan dihilangkan. Berikut merupakan hasil perhitungan dari tiga titik stasiun hujan yang terdekat dengan perkotaan Bojonegoro:

8

Tabel 4.8 Nilai K_n untuk Uji *Outlier*

Jumlah Data	K_n	Jumlah Data	K_n	Jumlah Data	K_n	Jumlah Data	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Sumber: Dep. PU, Panduan Perencanaan Bendungan Urugan Volume II, 1999.

8

Tabel 4.9 Uji *Outlier* Stasiun Hujan Bojonegoro

No.	Tahun	Outlier	
		X	log X
1	2012	1723.00	3.24
2	2013	1949.00	3.29
3	2014	1471.00	3.17
4	2015	1286.00	3.11
5	2016	1690.00	3.23
6	2017	2028.00	3.31
7	2018	1034.00	3.01
8	2019	1601.00	3.20
9	2020	2015.00	3.30
10	2021	2168.00	3.34
Xr			3.23
S			0.11
Kn		20.00	2.34
Batas atas	XH	3004.19	3.48
Batas bawah	XL	958.20	2.98

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

8

8

Tabel 4.10 Uji *Outlier* Stasiun Hujan Kapas

No.	Tahun	Outlier	
		X	log X
1	2012	1717.00	3.23
2	2013	1979.00	3.30
3	2014	1856.00	3.27
4	2015	1328.00	3.12
5	2016	2054.00	3.31
6	2017	2015.00	3.30
7	2018	860.00	2.93
8	2019	1217.00	3.09
9	2020	2142.00	3.33
10	2021	2143.00	3.33
Xr			3.23
S			0.12
Kn		18.00	2.34
Batas atas	XH	3243.74	3.51
Batas bawah	XL	905.65	2.96

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

8

8

Tabel 4.11 Uji *Outlier* Stasiun Hujan Dander

No.	Tahun	Outlier	
		X	log X
1	2012	1300.00	3.11
2	2013	2194.00	3.34
3	2014	1784.00	3.25
4	2015	1436.00	3.16
5	2016	1984.00	3.30
6	2017	2180.00	3.34
7	2018	1365.00	3.14
8	2019	1300.00	3.11
9	2020	2365.00	3.37
10	2021	2161.00	3.33
Xr			3.26
S			0.11
Kn		20.00	2.34
Batas atas	XH	3290.28	3.52
Batas bawah	XL	989.14	3.00

Sumber : Hasil Perhitungan, 2022

8

Berdasarkan hasil perhitungan uji *outlier* pada tiga stasiun hujan seperti yang ditampilkan tabel diatas, dimana tabel 4.9 uji *outlier* stasiun hujan Bojonegoro diperoleh nilai $X_L = 958,20$ dan $X_H = 3004,19$. Sementara pada tabel 4.10 uji *outlier* stasiun hujan Kapas diperoleh nilai $X_L = 905,65$ dan $X_H = 3243,74$. Sedangkan pada tabel 4.11 uji *outlier* stasiun hujan Dander diperoleh nilai $X_L = 989,14$ dan $X_H = 3290,28$. Dari keseluruhan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa nilai $X_L \leq X \leq X_H$, sehingga tidak ada data yang perlu dikeluarkan dari proses analisis data atau semua data dapat dipakai untuk proses uji selanjutnya.

3) Curah Hujan Rancangan

Berdasarkan data hidrologi yang telah dikumpulkan oleh peneliti, proses selanjutnya yaitu dilakukan analisis data hujan untuk mendapatkan data curah hujan rancangan. Data hujan yang digunakan adalah data curah hujan maksimum pada wilayah DAS perkotaan Bojonegoro dengan menggunakan data curah hujan tiga stasiun hujan terdekat yaitu stasiun hujan Bojonegoro, stasiun hujan Kapas dan stasiun hujan Dander.

Berdasarkan data hujan harian maksimum tersebut dilakukan analisis distribusi frekuensi dengan 3 metode pendekatan, yaitu: analisis distribusi frekuensi metode log normal, analisis distribusi frekuensi metode log pearson type III, dan analisis distribusi frekuensi metode E.J.Gumbell. Dalam penelitian ini menggunakan hujan rancangan periode ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun. Untuk memperoleh metode mana yang dapat diterapkan dalam perhitungan selanjutnya, akan dilakukan pengujian tingkat kecocokan distribusi data dan pengujian secara rinci akan dibahas pada bagian berikut:

A. Analisis Distribusi Frekuensi Metode Log Normal

Perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Distribusi Log Normal dapat dilakukan setelah mengetahui nilai: a) faktor frekuensi (z), b) logaritmik curah hujan maksimum rata-rata ($\text{Log}X$), dan c) simpangan baku dari $\text{Log}X$ ($S_{\text{Log}X}$), sehingga diperlukan data logartimik curah hujan maksimum tahunan dalam analisis ini. Adapun hasil perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Analisis Distribusi Frekuensi Hujan Rancangan dengan Metode Log Normal pada Stasiun Hujan Bojonegoro

No.	Tahun	Xi	LogXi	Log Xi - LogXrt	(Log Xi - Log Xrt) ²	(Log Xi - Log Xrt) ³
1	2021	2168	3.336	0.116	0.013	0.002
2	2017	2028	3.307	0.087	0.008	0.001
3	2020	2015	3.304	0.084	0.007	0.001
4	2013	1949	3.290	0.070	0.005	0.000
5	2012	1723	3.236	0.016	0.000	0.000
6	2016	1690	3.228	0.008	0.000	0.000
7	2019	1601	3.204	-0.016	0.000	0.000
8	2014	1471	3.168	-0.052	0.003	0.000
9	2015	1286	3.109	-0.111	0.012	-0.001
10	2018	1034	3.015	-0.205	0.042	-0.009
Jumlah		16965	32.197	-0.003	0.091	-0.007
Rata-rata		1696.5	3.220	0.000	0.009	-0.001
Sn			0.10	0.100	0.013	0.003
Maksimum		2168	3.34	0.116	0.042	0.002
Minimum		1034	3.01	-0.205	0.000	-0.009
Cs (log)			-0.95			
n			10.00			

Sumber: hasil olahan peneliti, 2022.

Setelah diperoleh hasil di atas, selanjutnya dihitung curah hujan periode kala ulang dengan menggunakan nilai KT/koefisien pada tabel log normal. Sehingga diperoleh curah hujan rancangan ulang seperti berikut:

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Normal pada Tiap Kala Ulang di Stasiun Hujan Bojonegoro

TR	Pr (%)	CS	S	G (Tabel)	G.S	Log X	Xt
2	50	-0.95	0.10	-0.220	-0.022	3.198	1576.21
5	20	-0.95	0.10	0.640	0.064	3.284	1923.14
10	10	-0.95	0.10	1.260	0.126	3.346	2219.70
25	4	-0.95	0.10	2.100	0.210	3.431	2695.76
50	2	-0.95	0.10	2.750	0.275	3.496	3133.15

Sumber: hasil olahan peneliti, 2022.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Analisis Distribusi Frekuensi Hujan Rancangan dengan Metode Log Normal pada Stasiun Hujan Kapas

No.	Tahun	Xi	LogXi	Log Xi - LogXrt	(Log Xi - Log Xrt) ²	(Log Xi - Log Xrt) ³
1	2012	1717	3.235	0.015	0.000	0.000
2	2013	1979	3.296	0.076	0.006	0.000
3	2014	1856	3.269	0.049	0.002	0.000
4	2015	1328	3.123	-0.097	0.009	-0.001
5	2016	2054	3.313	0.093	0.009	0.001
6	2017	2015	3.304	0.084	0.007	0.001
7	2018	860	2.934	-0.286	0.082	-0.023
8	2019	1217	3.085	-0.135	0.018	-0.002
9	2020	2142	3.331	0.111	0.012	0.001
10	2021	2143	3.331	0.111	0.012	0.001
Log X Rerata			3.22			
Standar Deviasi (St-Dev)			0.13			
Log Xi						
Skewness (Cs)			0.37			

Sumber: hasil olahan peneliti, 2022.

Setelah diperoleh hasil di atas, selanjutnya dihitung curah hujan periode kala ulang dengan menggunakan nilai KT/koefisien pada tabel log normal. Sehingga diperoleh curah hujan rancangan ulang seperti berikut:

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Normal pada Tiap Kala Ulang di Stasiun Hujan Kapas

TR	Pr (%)	CS	S	G (Tabel)	G.S	Log X	Xt
2	50	0.37	0.13	-0.220	-0.029	1.909	81.011
5	20	0.37	0.13	0.640	0.083	1.994	98.649
10	10	0.37	0.13	1.260	0.164	2.035	108.423
25	4	0.37	0.13	2.100	0.273	2.076	119.190
50	2	0.37	0.13	2.750	0.358	2.101	126.294

Sumber: hasil olahan peneliti, 2022.

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Analisis Distribusi Frekuensi Hujan Rancangan dengan Metode Log Normal pada Stasiun Hujan Dander

No.	Tahun	Xi	LogXi	Log Xi - LogXrt	(Log Xi - Log Xrt) ²	(Log Xi - Log Xrt) ³
1	2012	1300	3.114	-0.106	0.011	-0.001
2	2013	2194	3.341	0.121	0.015	0.002
3	2014	1784	3.251	0.031	0.001	0.000
4	2015	1436	3.157	-0.063	0.004	0.000
5	2016	1984	3.298	0.078	0.006	0.000
6	2017	2180	3.338	0.118	0.014	0.002
7	2018	1365	3.135	-0.085	0.007	-0.001
8	2019	1300	3.114	-0.106	0.011	-0.001
9	2020	2365	3.374	0.154	0.024	0.004
10	2021	2161	3.335	0.115	0.013	0.002
Log X Rerata			3.25			
Standar Deviasi (St-Dev)			0.11			
Log Xi						
Skewness (Cs)			0.91			

Sumber: hasil olahan peneliti, 2022.

Setelah diperoleh hasil di atas, selanjutnya dihitung curah hujan periode kala ulang dengan menggunakan nilai KT/koefisien pada tabel log normal. Sehingga diperoleh curah hujan rancangan ulang seperti berikut:

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan Metode Log Normal pada Tiap Kala Ulang di Stasiun Hujan Dander

TR	Pr (%)	CS	S	G (Tabel)	G.S	Log X	Xt
2	50	0.91	0.11	-0.220	-0.024	1.980	95.470
5	20	0.91	0.11	0.640	0.070	2.054	113.127
10	10	0.91	0.11	1.260	0.139	2.084	121.404
25	4	0.91	0.11	2.100	0.231	2.111	128.984
50	2	0.91	0.11	2.750	0.303	2.125	133.264

Sumber: hasil olahan peneliti, 2022.

Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa nilai X_t merupakan hasil curah hujan rangan kala ulang tiap tahun rencana pada metode analisis distribusi frekuensi metode log normal yang dihitung pada tiga stasiun hujan yaitu stasiun hujan Bojonegoro, stasiun hujan Kapas dan stasiun hujan Dander.

B. Analisis Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson III

Distribusi selanjutnya yang digunakan dalam penelitian ini ialah Distribusi Log Pearson III. Berbeda dengan jenis distribusi lainnya, cara yang dianjurkan dalam pemakaian distribusi Log Pearson III ialah dengan mengkonversi rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmik dan melakukan perhitungan. Berikut merupakan data analisis curah hujan dengan Distribusi Log Pearson III:

Tabel 4.18 Analisa Distribusi Frekuensi Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson III

No.	Tahun	Xi	Log Xi	(Log Xi - Log Xrt) ²	(Log Xi - Log Xrt) ³
1	2021	436.00	2.64	0.3234	0.1839
2	2020	392.00	2.59	0.2730	0.1426
3	2013	133.00	2.12	0.0028	0.0001
4	2012	99.00	2.00	0.0057	-0.0004
5	2019	92.00	1.96	0.0115	-0.0012
6	2017	89.00	1.95	0.0147	-0.0018
7	2018	82.00	1.91	0.0246	-0.0039
8	2016	78.00	1.89	0.0319	-0.0057
9	2014	76.00	1.88	0.0361	-0.0069
10	2015	57.00	1.76	0.0992	-0.0312
Jumlah		1,534.00	20.71	0.82291	0.27558
Rata-rata		153.40	2.07	0.08229	0.02756
Sn			0.30	0.11764	0.07276
Maksimum		436.00	2.64	0.32340	0.18391
Minimum		57.00	1.76	0.00281	-0.03123
Cs (log)			1.38		
n		10.00			

Sumber: hasil perhitungan, 2022

Selanjutnya pada analisa curah hujan rancangan dengan Distribusi Log Pearson III diperlukan nilai K untuk menghitung curah hujan periode kala ulang, sehingga hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson III pada Tiap Kala Ulang

No	Perioleh Ulang (T) Tahun	Log X	K	S	Log X _T	Curah Hujan (X _T)
1	2	2.0625	-0.0274	0.30	2.0542	113.2993
2	5	2.3258	0.8433	0.30	2.5808	380.9014
3	10	2.4677	1.3127	0.30	2.8647	732.3068
4	25	2.6217	1.8220	0.30	3.1727	1488.2755
5	50	2.7242	2.1609	0.30	3.3777	2385.8940

Sumber: hasil perhitungan, 2022.

9 Berdasarkan tabel di atas, diketahui hasil curah hujan rancangan dengan Metode Log Pearson III menurut periode kala ulang. Secara rinci hasil perhitungan tersebut dapat disajikan seperti berikut ini:

- $\text{Log } X_t = \text{Log } X + (K_{tr} \cdot S)$
T = 2 tahun
 $\text{Log } X_t = 2,0625 + (-0,0274 \cdot 0,30)$
 $\text{Log } X_t = 2,0542$
- $\text{Log } X_t = \text{Log } X + (K_{tr} \cdot S)$
T = 5 tahun
 $\text{Log } X_t = 2,3258 + (0,8433 \cdot 0,30)$
 $\text{Log } X_t = 2,5808$
- $\text{Log } X_t = \text{Log } X + (K_{tr} \cdot S)$
T = 10 tahun
 $\text{Log } X_t = 2,4677 + (1,3127 \cdot 0,30)$
 $\text{Log } X_t = 2,8647$
- $\text{Log } X_t = \text{Log } X + (K_{tr} \cdot S)$
T = 25 tahun
 $\text{Log } X_t = 2,6217 + (1,8220 \cdot 0,30)$
 $\text{Log } X_t = 3,1727$
- $\text{Log } X_t = \text{Log } X + (K_{tr} \cdot S)$
T = 50 tahun
 $\text{Log } X_t = 2,7242 + (2,1609 \cdot 0,30)$
 $\text{Log } X_t = 3,3777$

C. Analisis Distribusi Frekuensi Metode E.J. Gumbell

31

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Analisis Distribusi Frekuensi Hujan Rancangan dengan Metode E.J. Gumbell

No.	Tahun	Xi	(Xi - Xrt)	(Xi - Xrt) ²
1	2021	2168.00	471.500	222312.250
2	2017	2028.00	331.500	109892.250
3	2020	2015.00	318.500	101442.250
4	2013	1949.00	252.500	63756.250
5	2012	1723.00	26.500	702.250
6	2016	1690.00	-6.500	42.250
7	2019	1601.00	-95.500	9120.250
8	2014	1471.00	-225.500	50850.250
9	2015	1286.00	-410.500	168510.250
10	2018	1034.00	-662.500	438906.250

Sumber: hasil perhitungan, 2022.

Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rancangan pada Metode E.J. Gumbell

Fr	Pr	Yt	Sd	Yn	Sn	K	Xt
2	50	0,367	359.866	0,495	0,950	-0.0274	1686.64
5	20	1,500	359.866	0,495	0,950	0.8433	663.35
10	10	2,250	359.866	0,495	0,950	1.3127	472.408
25	4	3,199	359.866	0,495	0,950	1.8220	655.679
50	2	3,902	359.866	0,495	0,950	2.1609	777.646

Sumber: hasil perhitungan, 2022.

154

4.2.3 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

1) Uji Chi Square Test (Uji Sebaran Chi Kuadrat)

Uji sebaran Chi Kuadrat Pengujian ini digunakan untuk menguji simpangan data secara vertikal apakah data dari distribusi frekuensi yang sudah dilaksanakan dapat diterima oleh distribusi teoritis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter χ^2 .

Rumus:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$$

Dimana:

χ^2 = Parameter chi kuadrat terhitung

Ef = Frekuensi yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

Of = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

Derajat nyata atau derajat kepercayaan (dk) tertentu yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan (Dk) dihitung dengan rumus:

$$Dk = K - (p + 1)$$

$$K = 1 + 3,3 \log n$$

Dimana:

Dk = Derajat kebebasan

P = Banyaknya parameter, untuk Chi kuadrat adalah 2

K = Jumlah kelas distribusi

N = Banyaknya data

Selanjutnya distribusi probabilitas yang dipakai untuk menentukan curah hujan rencana adalah distribusi probabilitas yang mempunyai simpangan maksimum terkecil dan lebih kecil dari simpangan kritis.

$$\chi^2 < \chi^2 \text{ kritis}$$

Dimana:

χ^2 = parameter Chi kuadrat terhitung

χ^2_{cr} = parameter Chi kuadrat kritis, lihat Tabel (Lampiran 3)

Langkah Perhitungan :

1. Data hujan diurut dari besar ke kecil

Tabel 4.22 Data Curah Hujan yang Diurutkan dari Besar ke Kecil

No.	X_i (mm)	Peringkat (m)	$P = m/(n+1)$	$T = 1/P$
1	2168.00	1	0.09	11.00
2	2028.00	2	0.18	5.50
3	2015.00	3	0.27	3.67
4	1949.00	4	0.36	2.75
5	1723.00	5	0.45	2.20
6	1690.00	6	0.55	1.83
7	1601.00	7	0.64	1.57
8	1471.00	8	0.73	1.38
9	1286.00	9	0.82	1.22
10	1034.00	10	0.91	1.10

Sumber: hasil perhitungan, 2022.

2. Menghitung jumlah kelas

- Jumlah data (n) = 10
- Kelas distribusi (K) = $1 + 3,3 \log n = 1 + 3,3 \log 10 = 4,3$

3. Menghitung derajat kebebasan (Dk) dan χ^2_{cr}

- Parameter (p) = 2
- Derajat kebebasan (Dk) = $K - (p + 1) = 5 - (2 + 1) = 2$
- Nilai χ^2_{cr} dengan jumlah data (n) = 10, $\alpha = 5\%$ dan $Dk = 2$ adalah 7,879

4. Menghitung kelas distribusi

- Kelas distribusi = $x \ 100\% = 20\%$, interval distribusi adalah 20%, 40%, 60% dan 80%.
- $P(x) = 20\%$ diperoleh $T = 1/P_x = 1/0,20 = 5$ tahun
- $P(x) = 40\%$ diperoleh $T = 1/P_x = 1/0,40 = 2.5$ tahun
- $P(x) = 60\%$ diperoleh $T = 1/P_x = 1/0,60 = 1.67$ tahun
- $P(x) = 80\%$ diperoleh $T = 1/P_x = 1/0,80 = 1,25$ tahun.

5. Menghitung Interval Kelas

A. Uji Chi Square Log Normal

Nilai KT berdasarkan nilai T, maka didapat:

$$T = 5 \quad \text{maka } KT = 0,84$$

$$T = 2,5 \quad \text{maka } KT = 0,25$$

$$T = 1,67 \quad \text{maka } KT = -0,25$$

$$T = 1,25 \quad \text{maka } KT = -0,84$$

$$\overline{\text{LogXi}} = 3,22 \quad \text{Sd Log Xi} = 0,10$$

Interval kelas =

$$\text{Log}X_T = \overline{\text{LogXi}} + (K_T \cdot \text{Sd Log Xi})$$

Tabel 4.23 Nilai Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Log Normal

No.	Periode Ulang	KT	Sd Log X	Log X	Log Xt	Xt
1	2	0.84	0.10	3.22	3.30	2014.20
2	2.5	0.25	0.10	3.22	3.24	1757.24
3	1.67	-0.25	0.10	3.22	3.19	1565.31
4	1.25	-0.84	0.10	3.22	3.14	1365.62

Sumber: data pengolahan, 2022.

B. Uji Chi Square Log Pearson III

Nilai KT dihitung berdasarkan nilai Cs = 1,6 dan nilai T untuk berbagai periode ulang, seperti berikut:

- Untuk T = 2,5 dilakukan interpolasi antara T = 2 (KT= -0,254) dan T = 5 (KT=0,675),

Jadi T = 2,5 diperoleh

$$0 + \frac{6,675 - (-0,254)}{5 - 2} \times (2,5 - 2) = 0,155$$

- Untuk T = 1,67 dilakukan interpolasi antara T = 0 (KT=0,0) dan T = 2 (KT=-0,254)

Jadi T = 1,67 diperoleh

$$0 + \frac{-0,254 - (0)}{2 - 0} \times (1,67 - 0) = -0,212$$

- Untuk $T = 1,25$ dilakukan interpolasi antara $T = 0$ ($KT=0,0$) dan $T = 2$ ($KT=-0,254$)

Jadi $T = 1,25$ diperoleh

$$0 + \frac{-0,254 - (0)}{2 - 0} \times (1,25 - 0) = -0,159$$

Untuk $T = 5$ maka didapat $KT = 0,675$

Tabel 4.24 Nilai Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Log Pearson

III

No.	Periode Ulang	KT	Sd Log X	Log X	Log Xt	Xt
1	5	0.675	0.10	3.22	3.29	1938.77
2	2.5	0.155	0.10	3.22	3.24	1719.04
3	1.67	-0.212	0.10	3.22	3.20	1598.61
4	1.25	-0.159	0.10	3.22	3.20	1579.13

Sumber: perhitungan, 2022.

C. Uji Chi Square E.J. Gumbel

Dengan jumlah data (n) = 10, berdasarkan tabel nilai reduced standard (S_n) dan nilai reduced mean (Y_n), maka diperoleh nilai:

$Y_n = 0,4952$ dan $S_n = 0,9496$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} = \frac{Y_t - 0,5128}{1,0206}$$

Sehingga diperoleh:

$T = 5$ $Y_t = 1,5004$ maka $KT = 1,059$

$T = 2,5$ $Y_t = 0,5224$ maka $KT = 0,029$

$T = 1,67$ $Y_t = 0,3062$ maka $KT = -0,199$

$T = 1,25$ $Y_t = 0,2292$ maka $KT = -0,280$

Interval kelas: $X_T = \bar{X} + K_T \cdot S_d$

Tabel 4.25 Nilai Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Gumbel

No.	XT	Yn	Sn	Yt	Sd	Kt	Xt
1	5	0.4952	0.9496	1.5004	359.87	1.059	2077.599
2	2.5	0.4952	0.9496	0.5224	359.87	0.029	1706.936
3	1.67	0.4952	0.9496	0.3062	359.87	-0.199	1624.887
4	1.25	0.4952	0.9496	0.2292	359.87	-0.280	1595.737

Sumber: perhitungan, 2022.

6. Perhitungan Nilai X^2

$$Ef = \frac{\text{Banyak data (n)}}{\text{Jumlah kelas}} = \frac{10}{5} = 2$$

Keterangan:

Of = Frekuensi yang diamati pada kelas yang sama

Ef = Jumlah nilai teoritis sub kelompok

Tabel 4.26 Perhitungan Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Log Normal

Kelas	Interval	Ef	Of	Of-Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	> 2014.20	2	2	0	0.00
2	2014.20 - 1757.24	2	0	-2	2.00
3	1757.24 - 1565.31	2	2	0	0.00
4	1565.31 - 1365.62	2	4	2	2.00
5	<1365.62	2	2	0	0.00
		10	10	X^2	4.00

Sumber: perhitungan, 2022.

Tabel 4.27 Perhitungan Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Log Pearson III

Kelas	Interval	Ef	Of	Of-Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	> 1938.77	2	2	0	0.00
2	1938.77 - 1719.04	2	1	-3	4.50
3	1719.04 - 1598.61	2	1	-1	0.50
4	1598.61 - 1579.13	2	0	-2	2.00
5	< 1579.13	2	2	0	0.00
		10	6	X ²	7.00

Sumber: perhitungan, 2022.

Tabel 4.28 Perhitungan Probabilitas Kelas Interval Peluang Uji Chi Square Gumbel

Kelas	Interval	Ef	Of	Of-Ef	$\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$
1	>2077.60	2	2	0	0.00
2	2077.60 - 1706.94	2	1	-3	4.50
3	1706.94 - 1624.89	2	2	0	0.00
4	1624.89 - 1595.74	2	1	-1	0.50
5	<1595.74	2	1	-1	0.50
		10	7	X ²	5.50

Sumber: perhitungan, 2022.

Tabel 4.29 Resume Hasil Uji Chi Kuadrat

No.	Distribusi Probabilitas	X ² hitung	X ² cr	Keterangan
1	Log Normal	4.00	7.879	Diterima
2	Pearson III	7.00	7.879	Diterima
3	Gumbel	5.50	7.879	Diterima

Berdasarkan Tabel 4.28 maka distribusi dari ketiga metode yang dipilih yaitu Log normal, Log Person III dan Gumbel dapat diterima karena nilai kritis X^2 (7,879) lebih besar dari nilai hitung X^2 .

2) Uji Smirnov Kolmogorov

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan horizontal, yakni selisih/simpangan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris (Δ_{maks}) dimana dihitung dengan persamaan: $\Delta_{maks} = \text{peluang teoritis} - \text{peluang empiris}$. Pengujian distribusi probabilitas dengan metode Smirnov Kolmogorof dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan seperti berikut:

A. Uji Smirnov Kolmogorov Log Normal

Tabel 4.30 Perhitungan Data Curah Hujan Menggunakan Metode Uji Smirnov Kolmogorof Log Normal

No.	X_i (mm)	$\text{Log}(X_i)$	$P(X_i)$	$F(t)$	Luas Kurva Normal	$P'(X_i)$	ΔP
1	2168.00	3.34	0.182	1.16	0.974	0.026	-0.16
2	2028.00	3.31	0.091	0.87	0.947	0.053	-0.04
3	2015.00	3.30	0.273	0.84	0.552	0.448	0.18
4	1949.00	3.29	0.364	0.70	0.496	0.504	0.14
5	1723.00	3.24	0.455	0.16	0.378	0.622	0.17
6	1690.00	3.23	0.545	0.08	0.298	0.702	0.16
7	1601.00	3.20	0.636	-0.15	0.284	0.716	0.08
8	1471.00	3.17	0.727	-0.52	0.274	0.726	0.00
9	1286.00	3.11	0.818	-1.10	0.267	0.733	-0.09
10	1034.00	3.01	0.909	-2.04	0.146	0.854	-0.06
Jumlah	16965.00	32.20				Max	0.18
Rerata	1696.50	3.22					
Sd Log X_i		0.10					

Sumber: perhitungan, 2022.

Adapun keterangan dari tabel 4.29 di atas, dapat dijelaskan seperti berikut:

1. Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil
2. Menghitung probabilitas $P(X_i)$ dengan rumus:

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1} \quad P(X_i) = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

3. Menghitung nilai $f(t)$

$$f(t) = \frac{\text{Log} X_i - \overline{\text{Log} X_i}}{\text{Sd Log} X_i} = \frac{3,34 - 3,22}{0,10} = 1,16$$

4. Dari hasil $f(t)$ lihat tabel luas wilayah di bawah kurna normal dengan $t=1,16$ maka diperoleh luas = 0,974
5. Menghitung $P'(Xi) = 1 - \text{point } 4 = 1 - 0,974 = 0,026$
6. Menghitung $(\Delta P) = P'(Xi) - P(Xi) = 0,026 - 0,182 = -0,16$
7. Dari tabel perhitungan diperoleh nilai $\Delta P \text{ max} = 0,18$
8. Membandingkan $\Delta P \text{ max}$ dengan niai kritis $\Delta P \text{ kritis}$. Untuk $N = 10$ dan $\alpha = 5\%$ dari tabel $\Delta P \text{ kritis}$ Smirnov-Kolmogorof diperoleh nilai $\Delta P \text{ kritis} = 0,41$
9. Jadi diperoleh $\Delta P \text{ max} (0,18) < \Delta P \text{ kritis} (0,41)$.

Maka distribusi probabilitas Log Normal dapat diterima untuk menganalisis data curah hujan karena $\Delta P \text{ max} (0,18) < \Delta P \text{ kritis} (0,41)$.

B. Uji Smirnov Kolmogorof Log Pearson III

Tabel 4.31 Perhitungan Data Curah Hujan Menggunakan Metode Uji Smirnov Kolmogorof Log Pearson III

No.	X_i (mm)	$\text{Log}(X_i)$	$P(X_i)$	$F(t)$	$P'(X_i)$	ΔP
1	2168.00	3.34	0.182	1.16	6.926	6.74
2	2028.00	3.31	0.091	0.87	1.736	1.65
3	2015.00	3.30	0.273	0.84	1.236	0.96
4	1949.00	3.29	0.364	0.70	-1.353	-1.72
5	1723.00	3.24	0.455	0.16	-10.936	-11.39
6	1690.00	3.23	0.545	0.08	-12.440	-12.99
7	1601.00	3.20	0.636	-0.15	-16.646	-17.28
8	1471.00	3.17	0.727	-0.52	-23.231	-23.96
9	1286.00	3.11	0.818	-1.10	-33.681	-34.50
10	1034.00	3.01	0.909	-2.04	-50.639	-51.55
Jumlah	16965.00	32.20			Max	6.74
Rerata	1696.50	3.22				
Sd Log X_i		0.10				

Sumber: perhitungan, 2022.

Keterangan tabel di atas, seperti berikut:

1. Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil
2. Menghitung probabilitas $P(X_i)$ dengan rumus:

$$P(X_i) = \frac{m}{n+1} \quad P(X_i) = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

3. Menghitung nilai $f(t)$

$$f(t) = \frac{\log X_i - \log X_i}{Sd \log X_i} = \frac{3,34 - 3,22}{0,10} = 1,16$$

$$P'(X_i) = 10 + \frac{(0,70 - 1,329)}{(2,163 - 1,329)} \times (25 - 10) = -1,353$$

Nilai $P'X_i$ berdasarkan $f_t = 1,16$ dengan menggunakan tabel kemencengan Log Pearson III $C_s = 1,6$ dengan interpolasi diperoleh $P'(X_i)$. $f_t = 1,16$ terletak antara periode ulang 10 tahun dengan = 1,329 dan periode ulang 25 tahun = 2,163 dibuat dalam persen.

4. Menghitung $(\Delta P) = P'(X_i) - P(X_i) = -1,353 - 0,364 = -1,72$

7. Dari tabel perhitungan diperoleh nilai $\Delta P_{max} = 6,74$

8. Jika jumlah data $(n)=10$ dan $\alpha = 5\%$ dari tabel ΔP kritis Smirnov-Kolmogorof diperoleh nilai ΔP kritis = 0,41

9. Jadi diperoleh $\Delta P_{max} (-1,72) > \Delta P$ kritis (0,41).

Maka distribusi probabilitas Log Pearson III diterima untuk menganalisis data curah hujan karena ΔP_{max} lebih besar dari ΔP kritis.

C. Uji Smirnov Kolmogorof E.J Gumbel

Tabel 4.32 Perhitungan Data Curah Hujan Menggunakan Metode Uji Smirnov Kolmogorof E.J Gumbel

No.	X_i (mm)	$P(X_i)$	$F(t)$	Y_t	T	$P'(X_i)$	ΔP
1	2168.00	0.182	1.31	1.733	-7.19	-0.14	-0.32
2	2028.00	0.091	0.92	1.366	-12.30	-0.08	-0.17
3	2015.00	0.273	0.89	1.331	-12.77	-0.08	-0.35
4	1949.00	0.364	0.70	1.158	-15.18	-0.07	-0.43
5	1723.00	0.455	0.07	0.565	-23.43	-0.04	-0.50
6	1690.00	0.545	-0.02	0.478	-24.63	-0.04	-0.59
7	1601.00	0.636	-0.27	0.244	-27.88	-0.04	-0.67
8	1471.00	0.727	-0.63	-0.097	-32.62	-0.03	-0.76
9	1286.00	0.818	-1.14	-0.583	-39.37	-0.03	-0.84
10	1034.00	0.909	-1.84	-1.245	-48.56	-0.02	-0.93
Jumlah	16965.00					Max	-0.17
Rerata	1696.50						
Sd Log X_i	359.87						

Sumber: perhitungan, 2022.

Keterangan tabel di atas, seperti berikut:

1. Mengurutkan data dari yang terbesar ke yang terkecil
2. Menghitung probabilitas $P(X_i)$ dengan rumus:

$$P(Xi) = \frac{m}{n+1} \quad P(Xi) = \frac{1}{10+1} = 0,091$$

3. Menghitung nilai $f(t)$

$$f(t) = \frac{Xi - \bar{Xi}}{Sd} = \frac{2168 - 1696,50}{359,87} = 1,31$$

Dari tabel dengan nilai $n = 10$ maka diperoleh nilai $Sn = 0,945$ dan nilai Reduced Mean (Yn) = 0,495

4. Yt diperoleh dari persamaan yaitu:

$$\begin{aligned} Yt &= f(t) \times Sn + Yn \\ Yt &= 1,31 \times 0,945 + 0,495 \\ Yt &= 1,733 \end{aligned}$$

T diperoleh dari nilai Yt hasil perhitungan point 4 dengan $Yt = 1,733$ terletak antara periode ulang 10 tahun dengan nilai $Yt = 2,251$ dan 20 tahun dengan nilai $Yt = 2,9709$, maka

$Yt = 1,733$ diinterpolasikan yaitu =

$$T = \frac{1,733 - 2,251}{2,9709 - 2,251} \times (20 - 10) = -7,19$$

5. Menghitung $P'(Xi) = 1/T = 1/-7,19 = -0,14$

6. Menghitung $(\Delta P) = P'(Xi) - P(Xi) = -0,14 - 0,182 = -0,32$

7. Dari tabel perhitungan diperoleh nilai $\Delta P \text{ max} = -0,17$

8. Jika jumlah data (n)=10 dan $\alpha = 5\%$ dari tabel ΔP kritis Smirnov-Kolmogorof diperoleh nilai ΔP kritis = 0,41

9. Jadi diperoleh $\Delta P \text{ max} (-0,17) < \Delta P \text{ kritis} (0,41)$.

Maka distribusi probabilitas Gumbel dapat diterima untuk menganalisis data curah hujan karena $\Delta P \text{ max}$ lebih kecil dari $\Delta P \text{ kritis}$.

Tabel 4.33 Resume Uji Smirnov Kolmogorof

No.	Distribusi Probabilitas	ΔP Terhitung	ΔP Kritis	Keterangan
1	Log Normal	0.18	0.41	Diterima
2	Pearson III	-1.72	0.41	Diterima
3	Gumbel	-0.17	0.41	Diterima

Sumber: perhitungan, 2022.

Berdasarkan tabel 3.32 maka distribusi yang dapat dipilih adalah distribusi Log Normal karena nilai $\Delta P \text{ hitung} < \Delta P \text{ kritis} = 0,18 < 0,41$ kemudian $\Delta P \text{ hitung} < \Delta P \text{ kritis} = 1.72 < 0,41$ dan metode Gumbel dengan

peroleh nilai ΔP hitung $< \Delta P$ kritis = $-0,17 < 0,41$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode Log Normal dan Gumbel dapat digunakan untuk menganalisis data curah hujan.

4.2.4 Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Curah hujan yang digunakan sebagai dasar perhitungan kondisi eksisting sistem drainase digunakan intensitas hujan dengan kala ulang 5 tahun. Menurut Suripin (2004:68) apabila data hujan pendek tidak tersedia yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 10 menit, 30 menit, 60 menit dan jam-jaman. Perhitungan intensitas hujan kala ulang 5 tahun sebagai berikut :

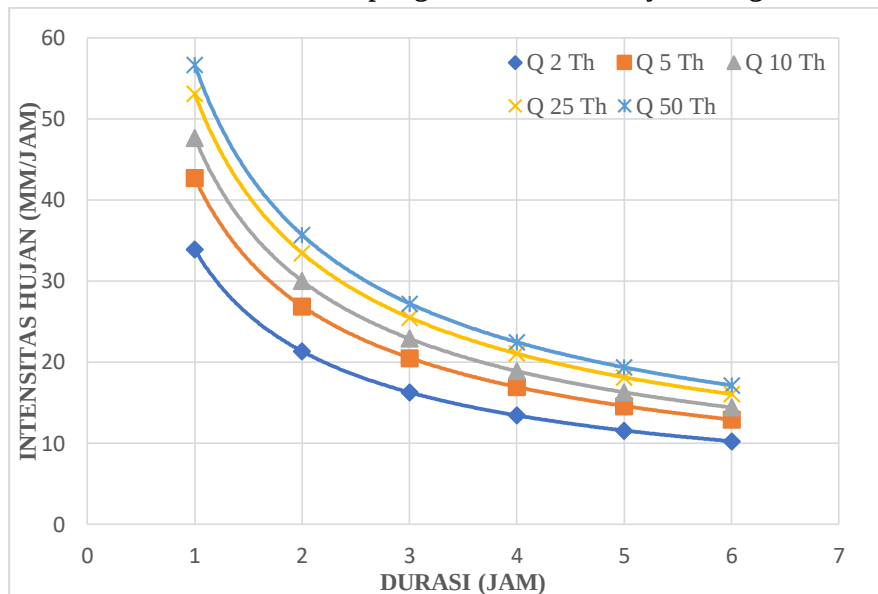
$$\begin{aligned} I &= \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^m \\ &= \frac{123,17}{24} \left(\frac{24}{6} \right)^{2/3} \\ &= 12,94 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Tabel. 4.34 Perhitungan Intensitas Hujan

No.	Kala Ulang	Intensitas Hujan					
		Durasi 1 Jam	Durasi 2 Jam	Durasi 3 Jam	Durasi 4 Jam	Durasi 5 Jam	Durasi 6 Jam
1	2	33.91	21.35	16.29	13.45	11.59	10.26
2	5	42.75	26.92	20.54	16.96	14.61	12.94
3	10	47.68	30.03	22.92	18.91	16.3	14.43
4	25	53.12	33.45	25.53	21.07	18.16	16.08
5	50	56.69	35.7	27.24	22.49	19.38	17.16

Sumber: perhitungan, 2022.

Dari Tabel diatas didapat grafik intensitas hujan sebagai berikut :



Gambar 4.2. Grafik Intensitas Hujan Berbagai Kala Ulang

Dari Tabel di atas diperoleh hasil curah hujan pada menit ke 360 (6 jam) sebesar 12,94 mm/jam. Data perhitungan intensitas curah hujan dengan metode mononobe.

4.2.5 Analisis Debit Banjir Rencana

Pada perhitungan analisa debit banjir rencana dihitung berdasarkan data hujan rencana yang dilakukan dengan melihat hubungan banjir yang akan terjadi dengan distribusi curah hujan rencana pada periode ulang 2, 5, 10, 25 dan 50 tahun. Perhitungan debit banjir rencana ini dengan menggunakan metode empiris antara lain metode rasional. Namun sebelum itu, perlu diketahui terlebih dahulu nilai koefisien pengaliran yang besarnya tergantung pada peruntukan lahannya atau tata guna lahan. Berikut tahapan dalam perhitungan analisa debit banjir rencana:

1) Penggunaan Lahan

Dalam analisa debit banjir rencana perlu ditentukan terlebih dahulu nilai koefisien pengaliran yang besarnya tergantung pada tata guna lahannya. Koefisien limpasan atau pengaliran merupakan variabel untuk menentukan besarnya limpasan permukaan tersebut yang penentuannya didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah

26

No.	Nama Saluran	Jenis Saluran	Dimensi Saluran				Bentuk Saluran
			Dasar (m)	Atas (m)	Tinggi (m)	m (m/m)	
1	Pattimura	Pasangan Batu	0,90	1,00	0,80	0,063	Trapesium
2	Panglima Polim	Pasangan Batu	1,20	1,20	0,80	0	Segi Empat

[illegible]

45

78

90

42

Tabel 4.36 Perhitungan Debit Limpasan Air Hujan Metode Rasional Kala Ulang 5 Tahun (DTA Jl. Pattimura-Jl. Panglima Polim)

No.	Nama Saluran	Tata Guna Lahan	Luas Area (m²)	Luas DTA (m²)	Koefisien Pengaliran (C)	Koefisien Pengaliran Rata-rata	Intensitas Hujan (mm/jam)	Q (m³/det)	Q Rancangan (m³/det)
1	Pattimura Ka	Jalan	12,205	147,841	0.90	0.55	86.22	0.26	1.96
		Pepohonan	20,207		0.25		86.22	0.12	
		Terbuka	14,867		0.35		86.22	0.12	
		Perumahan	100,563		0.6		86.22	1.45	
2	Panglima Polim I	Jalan	2,420	12,993	0.90	0.62	86.22	0.05	0.19
		Pepohonan	1,430		0.25		86.22	0.01	
		Perumahan	9,143		0.6		86.22	0.13	
								(1) + (2)	2.15

Sumber: perhitungan, 2022.

Tabel 4.37 Perhitungan Debit Limpasan Air Hujan Metode Rasional Kala Ulang 5 Tahun (DTA Jl. Panglima Polim – Jl. Pattimura)

No.	Nama Saluran	Tata Guna Lahan	Luas Area (m ²)	Luas DTA (m ²)	Koefisien Pengaliran (C)	Koefisien Pengaliran Rata-rata	Intensitas Hujan (mm/jam)	Q (m ³ /det)	Q Rancangan (m ³ /det)
1	Pattimura Ki	Jalan	11,898	123,265	0.90	0.58	86.22	0.26	1.70
		Pepohonan	3,062		0.25		86.22	0.02	
		Terbuka	22,230		0.35		86.22	0.19	
		Perumahan	86,075		0.6		86.22	1.24	
2	Panglima Polim	Jalan	2,420	31,982	0.9	0.61	86.22	0.05	0.47
		Pepohonan	996		0.25		86.22	0.01	
		Terbuka	546		0.35		86.22	0.00	
		Perumahan	28,020		0.6		86.22	0.40	
(1) + (2)									2.17

Sumber: perhitungan, 2022.

4.2.6 Analisis Hidrolika

Besaran debit yang telah ditentukan pada Analisis Hidrologi dan debit banjir rancangan pada sub bab sebelumnya, maka selanjutnya dilakukan analisis Hidrolika untuk mengidentifikasi kapasitas saluran yang ada atau eksisting. Berikut merupakan penjelasannya:

1) Analisis Kapasitas Saluran

Analisis kapasitas saluran drainase dilakukan untuk mengetahui apakah saluran eksisting mampu untuk menampung debit banjir rencana yang sudah dihitung sebelumnya. Kapasitas saluran drainase eksisting ini selanjutnya dibandingkan dengan total debit rencana (debit impasan air hujan dan debit air kotor). Apabila kapasitas saluran drainase eksisting lebih besar daripada debit rencana, maka saluran drainase masih bisa menampung debit yang ada. Jika yang terjadi sebaliknya, maka saluran drainase eksisting

1

21

21

disarankan untuk direncanakan perbaikan dimensi agar kapasitasnya memenuhi. Berikut merupakan contoh perhitungan saluran drainase dengan bentuk segi empat dan trapesium.

Saluran Jl. Pattimura Kanan dengan berbentuk penampang trapesium, dengan rincian seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar atas (b)} &= 0,50 \text{ m} \\
 \text{Tinggi saluran (h)} &= 1,00 \text{ m} \\
 \text{Tinggi jagaan (n)} &= 0,02 \\
 \text{Lebar bawah (m)} &= 0,25 \\
 \text{Kemiringan Saluran (S)} &= 0,0025 \\
 \text{Luas penampang Basah (A)} &= (b + mh)h \\
 &= (0,5 + 0,25 \cdot 1,00) \cdot 1,00 \\
 &= 0,75 \text{ m}^2 \\
 \text{Keliling Saluran (P)} &= b + 2h\sqrt{1 + m^2} \\
 &= 0,50 + 2 \cdot 1,00\sqrt{1 + 0,25^2} \\
 &= 2,56 \text{ m} \\
 \text{Jari-jari hidrolis (R)} &= A/P \\
 &= 0,75 \text{ m}^2 / 2,56 \text{ m} \\
 &= 0,29 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sal}} &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \\
 &= \frac{1}{0,02} \cdot 0,29^{2/3} \cdot 0,0025^{1/2} \\
 &= 1,09 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

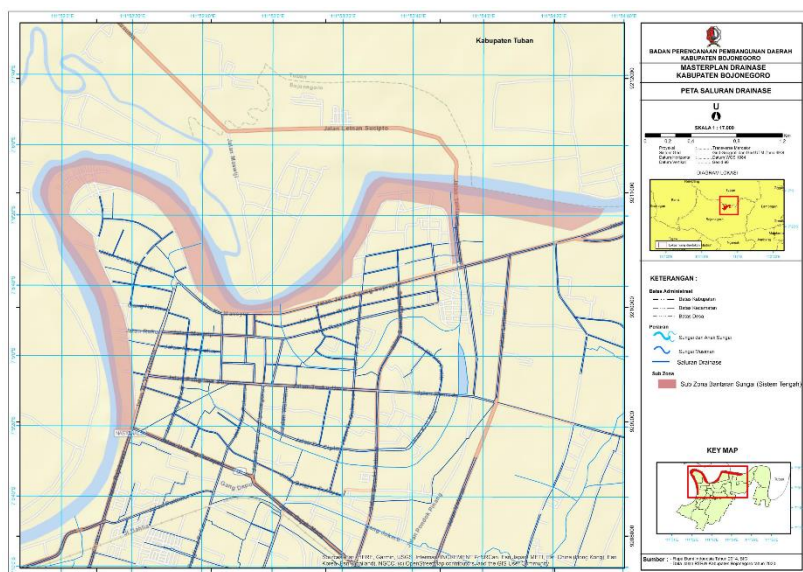
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{sal}} &= V \times A \\
 &= 1,09 \text{ m}^3/\text{det} \times 0,75 \text{ m}^2 = 0,82 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas seluruh saluran drainase eksisting dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.38 Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting Ruas Jl. Pattimura – Jl. Panglima Polim

No.	Nama Saluran	Dimensi Saluran			n	A (m ²)	P (m)	R (m)	S	V (m/det)	Q Kapasitas (m ³ /det)
		b (m)	h (m)	m (m)							
1	Pattimura Ka	0.50	1.00	0.25	0.02	0.75	2.56	0.29	0.002	1.09	0.82
2	Panglima Polim I	0.80	1.00	0.25	0.02	1.05	2.86	0.37	0.003	1.46	1.53
3	Pattimura Ki	0.50	1.00	0.25	0.02	0.75	2.56	0.29	0.002	1.09	0.82
4	Panglima Polim	0.80	1.00	0.25	0.02	1.05	2.86	0.37	0.003	1.46	1.53

Sumber: perhitungan, 2022.



Gambar 4.4 Peta Saluran Drainase

4.2.7 Konsep Pengendalian Banjir di Lokasi Penelitian

Hasil perhitungan menunjukkan terdapat saluran yang mengalami banjir akibat tidak dapat menampung debit air limpasan pada kala ulang 5 tahun. Kemudian dilakukan perhitungan debit banjir rancangan yang merupakan besarnya debit banjir kala ulang tertentu yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan dimensi bangunan hidraulik dengan tujuan agar kerusakan yang dapat ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak terjadi selama besaran banjir belum terlampaui (Nanlohy, 2008). Dalam studi kali ini upaya untuk mengatasi genangan banjir di kawasan Kota Bojonegoro dilakukan dengan dua alternatif yaitu membangun kolam retensi/long storage dan sumur resapan.

1) Memperbaiki Sistem Saluran Drainase

Alternatif ini dimunculkan karena kondisi di lapangan, saluran drainase di lokasi penelitian belum ada fasilitas bangunan air/saluran drainase. Pada alternatif ini diasumsikan saluran drainsae yang akan dibangun ialah dengan menggunakan *box colvert/u-ditch* menyesuaikan saluran drainase sekitarnya yang sudah tertangani dengan bangunan serupa.

Evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting adalah menganalisa kapasitas saluran drainase apakah mampu menampung debit banjir rancangan atau tidak. Apabila tidak mampu menampung mampu menampung, maka terjadi limpasan dan genangan. Genangan yang terjadi adalah selisih antara debit banjir rancangan dengan kapasitas saluran (Q_{sal}). Jika $Q_{ranc} < Q_{sal}$ maka saluran aman terhadap genangan, sebaliknya jika $Q_{ranc} > Q_{sal}$ maka saluran tidak memenuhi atau terjadi limpasan. Berikut adalah contoh perhitungan untuk mengetahui kemampuan saluran drainase yang ada terhadap debit rancangan.

Saluran Jl. Pattimura Ka dengan debit rancangan kala ulang 5 tahun.

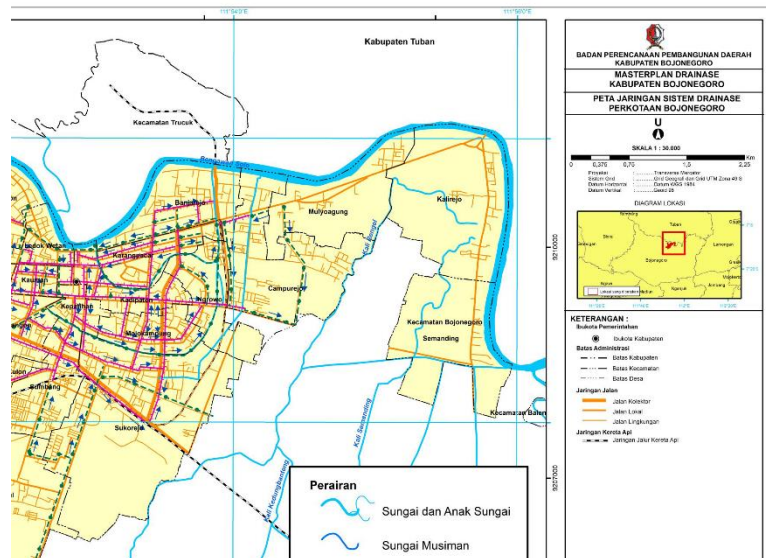
$$\begin{aligned}
 \text{Debit air hujan} &= 1,96 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{Debit air kotor} &= 0,0087 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{Kapasitas saluran} &= 0,82 \text{ m}^3/\text{det} \\
 \text{Debit limpasan} &= Q_{saluran} - Q_{rancangan} \\
 &= Q_{saluran \text{ eksisting}} - (Q_{air \text{ kotor}} + Q_{air \text{ hujan}}) \\
 &= 0,82 \text{ m}^3/\text{det} - (0,0087 \text{ m}^3/\text{det} + 1,96 \text{ m}^3/\text{det}) \\
 &= -1,14 \text{ m}^3/\text{det}
 \end{aligned}$$

Jadi, kapasitas saluran eksisting lebih kecil dari debit rancangan yang dihasilkan, maka salauran drainase eksisting tersebut tidak menampung debit rancangan dan terjadi limpasan sebesar $-1,14 \text{ m}^3/\text{det}$. Perhitungan selengkapny dapat dilihat pada tabel 3.34.

Tabel 4.39 Evaluasi Kapasitas Saluran Drainase Eksisting Kala Ulang 5 Tahun
Ruas Jl. Pattimura – Jl. Panglima Polim

No.	Nama Saluran	Q Rancangan (m ³ /det)	Q Air Kotor (m ³ /det)	Q Total (m ³ /det)	Q Kapasitas (m ³ /det)	Q Limpasan (m ³ /det)	Keterangan
1	Pattimura Ka	1.96	0.0087	1.96	0.82	-1.14	Melimpas
2	Panglima Polim I	0.19	0.0008	0.19	1.53	1.34	Aman
3	Pattimura Ki	1.70	0.0075	1.71	0.82	-0.89	Melimpas
4	Panglima Polim	0.47	0.0024	0.47	1.53	1.06	Aman

Sumber: perhitungan, 2022.



Gambar 4.5 Peta Jaringan Sistem Drainase

Tabel 4.40 Debit Banjir yang Belum Teralirkan

Nama Saluran	Q_{sal} (m^3/dtk)	Q_5 (m^3/dtk)	Sisa debit yang belum teralirkan
Pattimura Ka	0,82	1,96	-1,14
Panglima Polim I	1,53	0,19	1,34
Pattimura Ki	0,82	1,71	-0,83
Panglima Polim	1,53	0,47	1,06
Total	4,7	4,33	4,37

Berdasarkan tabel di atas, maka sisa debit yang belum teralirkan dengan total sebesar $4,37 m^3/detik$.

2) Perencanaan Dimensi Sumur Resapan

Sumur resapan dipilih di lokasi yang merupakan daerah padat penduduk sehingga metode lain seperti kolam retensi tidak dapat dilakukan, dan lokasi dipilih berdasarkan potensi air masuk yang bisa menyebabkan banjir, sehingga ditentukan bahwa lokasi penanganan sumur resapan berada di Jl. Pattimura baik sebelah kanan maupun sebelah kiri. Dalam studi ini data dalam keadaan asli dijadikan sebagai acuan adalah data analisis dan data pengamatan di lapangan, yaitu :

- a. Data mengenai luasan rumah di lokasi ini maka dilakukan perhitungan sampel di lapangan

Tabel 4.41 Luasan Rerata Hujan di Jl. Pattimura (Wisma Indah)

No	Nama Ruas	Area (m ²)	Jumlah rumah (unit)	rata hunian (m ² /unit)
1	Jl. Anggrek - Jl. Nusa Indah	4.856,00	34,00	143,00
2	Jl. Anggrek - Jl. Wijaya Kusuma	2.634,00	18,00	146,00
3	Wisma Indah Baru	2.915,00	24,00	121,00
Rerata				140,00

Sumber: perhitungan, 2022.

Dari Tabel di atas diperoleh data bahwa rata-rata luas hunian di wisma indah adalah sebesar 140 m²/unit. Berdasarkan dari peta lokasi luasan lahan yang dipergunakan untuk perumahan di lokasi ini adalah:

Tabel. 4.42 Jumlah Rumah Hunian di Jl. Pattimura (Wisma Indah)

No	Nama Ruas	Area (m ²)	Jalan (m ²)	rata lahan (m ² /unit)
1	Jl. Pattimura (Wisma Indah)	60.302,00	8.528,22	140,00
2	Jl. Pattimura (Wisma Indah Baru)	23.620,90	7.245,66	140,00
	Jumlah	83.922,90	15.773,88	

Sumber: perhitungan, 2022.

- b. Kedalaman muka air tanah pada musim hujan (pengamatan kedalaman muka air tanah berdasarkan sumur air bersih di sekitar lokasi penelitian) yaitu dengan diamati pada 3 lokasi sumur warga yang jaraknya berdekatan. Akan tetapi, hasil menunjukkan bahwa di lokasi tidak terdapat sumur karena sebagian besar warga menggunakan air dari PDAM sehingga dipilih lokasi yang berdekatan dan dianggap mempunyai sisi kemiripan dengan lokasi penelitian yaitu : wilayah Jl. Serma Abdullah dengan tinggi muka air yaitu 2,60 m, Jl. Rajekwesi tinggi muka air 2,10 m.

Perhitungan hasil pengamatan di lapangan dengan menggunakan lubang dengan ukuran

$P \times L \times T$:

$P = 0,30 \text{ m}$

$L = 0,30 \text{ m}$

$T = 0,70 \text{ m}$

$Ta = 0,15 \text{ m}$

Tabel 4.43 Pengamatan Lapangan

No	Tinggi Muka Air (cm)	Waktu (dtk)	Selisih (dtk)	Faktor Peresapan	
				(mnt/cm)	m/hari
1	15	0	0	0	0
2	14	721	721	12,02	1,20
3	13	2012	1291	21,52	0,67
4	12	2654	642	10,70	1,35
5	11	3833	1179	19,65	0,73
6	10	5141	1308	21,80	0,66
7	9	6498	1357	22,62	0,64
8	8	7763	1265	21,08	0,68
9	7	9252	1489	24,82	0,58
10	6	10704	1452	24,20	0,60
11	5	12229	1525	25,42	0,57
12	4	13880	1651	27,52	0,52
13	3	15394	1514	25,23	0,57
14	2	17014	1620	27,00	0,53
	Rerata			21,81	0,72

Sumber: perhitungan, 2022.

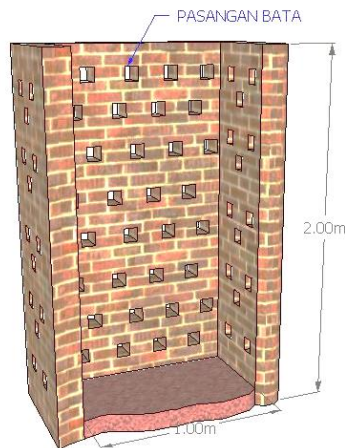
Tipe sumur resapan yang dipilih ialah Tipe sumur resapan yang dipilih adalah tipe II sesuai dengan standart PU sebagaimana dituang dalam SNI 03-2453-2002 tentang tata cara sumur resapan air hujan untuk lahan pekarangan, dimana perkuatan menggunakan pasangan batu bata berlubang dimana Dasar sumur resapan menggunakan lapisan batu kosong atau pecahan batu merah/genting. Diketahui juga data-data dalam perhitungan banjir pada kawasan lokasi studi adalah :

- a. Luas rerata kepemilikan lahan = 140 m²
- | | |
|------------------|--|
| Halaman | = 28 m ² dengan Ch = 0,35 |
| Atap | = 112 m ² dengan Ca = 0,90 |
| Atap Komunal | = 54.544 m ² dengan Ca = 0,90 |
| Durasi hujan (t) | = 1,50 Jam |

Dalam analisis dimensi sumur resapan yang dipertimbangkan untuk masuk ke dalam tanah adalah air hujan yang melalui atap bangunan sajasedangkan air hujan yang jatuh pada permukaan tanah, jalan dan fasilitas umum lainnya tidak diperhitungkan peresapannya, karena apabila dialirkan ke dalam sumur resapan maka akan mengganggu fungsi sumur resapan.

Dengan analitis teoritis menggunakan SNI 03-2453-2002 untuk dimensi sumur resapan, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- b. Sumur Resapan Dengan Penampang Persegi



Gambar 4.6. Sketsa Sumur Resapan Penampang Persegi

$$V_{ab} = 0,855 \times C_{tadah} \times A_{tadah} \times R$$

$$V_{ab} = 0,855 \times 0,90 \times 112 \times 32,618$$

$$V_{ab} = 2.811,15 \text{ Ltr atau } 2,811 \text{ m}^3$$

Perhitungan volume air hujan yang meresap, terlebih dulu ditentukan lebar sumur (L_{sumur}) dan kedalaman rencana sumur ($H_{rencana}$), dimensi awal ditetapkan :

$$L_{sumur} = 1,00 \text{ meter}$$

$$H_{sumur} = 2,00 \text{ meter}$$

Selanjutnya perhitungan volume air hujan yang meresap :

$$T_e = 0,90 \times R_{0,92/60}$$

$$T_e = 0,90 \times 32,6180,92/60$$

$$T_e = 0,365 \text{ jam}$$

Untuk A total sumur didapat dari penjumlahan luas dinding sumur (A_v) dan luas alas sumur (A_h) :

$$A_{sumur} = \text{luas dinding} + \text{luas alas}$$

$$A_{sumur} = (4 \times L \times H) + (L \times L)$$

$$A_{sumur} = ((4 \times 1 \times 2) + (1 \times 1))$$

$$A_{sumur} = 8,00 + 1,00 = 9,00 \text{ m}^2$$

Nilai permeabilitas diambil dari rerata nilai faktor peresapan pada 3 titik percobaan yang dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$K_{rerata} = 0,72$$

Data hasil perhitungan dilakukan substitusi ke dalam persamaan :

$$V_{rsp} = t_e/24 \times A_{total} \text{ sumur} \times k$$

$$V_{rsp} = 0,365/24 \times 9,00 \times 0,72$$

$$V_{rsp} = 0,097 \text{ m}^3$$

Penentuan volume penampungan (storasi) air hujan digunakan persamaan :

$$V_{storasi} = V_{ab} - V_{rsp}$$

$$V_{storasi} = 2,811 - 0,097$$

$$V_{storasi} = 2,714 \text{ m}^3$$

Penentuan jumlah sumur resapan air hujan terlebih dahulu menghitung H total dengan persamaan :

$$H_{total} = 2,714/1,000$$

$$H_{total} = 2,71 \text{ m}$$

Jumlah sumur resapan yang diperlukan diperoleh dengan persamaan :

$$n_{total} = (H_{total})/(H_{Rencana})$$

$$n_{total} = 2,71/2,00 = 1,355$$

$n \approx 1 \text{ bh}$

jumlah yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan sumur resapan direncanakan hanya 1 (satu) buah,

4.2.8 Analisis Finansial

Analisis finansial dilakukan untuk mengetahui besarnya biaya, kerugian, dan manfaat yang diperoleh dalam upaya penanganan banjir di kasawan kota Bojonegoro yaitu Jl. Pattimura dan Jl. Panglima Polim. Selanjutnya akan dijabarkan proses perhitungannya seperti berikut:

1) Menghitung Biaya (Cost)

Dalam analisis ini dilakukan perhitungan biaya yang ditimbulkan dalam beberapa alternatif penanganan banjir di kawasan Bojonegoro. Termasuk diantaranya ialah biaya untuk membantu saluran u-ditch dan pembangunan sistem pompa banjir.

A. Perbaikan Saluran Eksisting

Perbaikan saluran eksisting perlu dilakukan karena di lokasi penelitian yaitu saluran Jl. Pattimura Ka dengan debit rancangan kala ulang 5 tahun memperoleh hasil perhitungan debit limpasan, seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Debit limpasan} &= Q_{\text{saluran}} - Q_{\text{rancangan}} \\ &= Q_{\text{saluran eksisting}} - (Q_{\text{air kotor}} + Q_{\text{air hujan}}) \\ &= 0,82 \text{ m}^3/\text{det} - (0,0087 \text{ m}^3/\text{det} + 1,96 \text{ m}^3/\text{det}) \\ &= -1,14 \text{ m}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Jadi, kapasitas saluran eksisting lebih kecil dari debit rancangan yang dihasilkan, maka saluran drainase eksisting tersebut tidak menampung debit rancangan dan terjadi limpasan sebesar $-1,14 \text{ m}^3/\text{det}$.

Dalam pekerjaan perbaikan saluran digunakan spesifikasi teknik dengan nama item pekerjaan adalah saluran U-Ditch ukuran 100.100-120mm+cover G.5ton. Adapun analisa anggaran biaya harga satuan dan pembuktian perubahan saluran dapat dijelaskan seperti berikut:

Tabel 4.44 Hasil Perhitungan Pembuktian Limpasan Dengan Saluran Eksisting untuk U-Ditch Ukuran 100.100-120mm

Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting													
Ruas Jl. Pattimura – Jl. Panglima Polim													
No.	Nama Saluran	Dimensi Saluran			n	A (m ²)	P (m)	R (m)	S	V (m/det)	Q Kapasitas (m ³ /det)	Q Limpasan (m ³ /det)	Keterangan
		b (m)	h (m)	m (m)									
1	Pattimura Ka	1.00	1.00	1.20	0.02	2.20	4.12	0.53	0.002	1.63	3.59	1.63	Aman
2	Panglima Polim I	0.80	1.00	0.25	0.02	1.05	2.86	0.37	0.003	1.46	1.53	1.34	Aman
3	Pattimura Ki	1.00	1.00	1.2	0.02	2.20	4.12	0.53	0.002	1.63	3.59	1.88	Aman
4	Panglima Polim	0.80	1.00	0.25	0.02	1.05	2.86	0.37	0.003	1.46	1.53	1.06	Aman

No.	Nama Saluran	Q Rancangan (m ³ /det)	Q Air Kotor (m ³ /det)	Q Total (m ³ /det)	Q Kapasitas Rencana (m ³ /det)	Q Limpasan (m ³ /det)	Keterangan
1	Pattimura Ka	1.96	0.0087	1.96	3.59	1.96	Aman
2	Panglima Polim I	0.19	0.0008	0.19	1.53	2.87	Aman
3	Pattimura Ki	1.70	0.01	1.71	3.59	1.71	Aman
4	Panglima Polim	0.47	0.00	0.47	1.53	2.60	Aman

Sumber: perhitungan, 2022.

Tabel 4.45 Hasil Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Pembangunan Saluran Eksisting untuk U-Ditch Ukuran 100.100-120mm

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
I	Pekerjaan Persiapan				
1	Mobilisasi dan Demobilisasi	1.00	ls	40,200,000.00	40,200,000.00
				Sub Total (I)	40,200,000.00
II	Pekerjaan Tanah				
1	Pembersihan dan Striping/Kos/Rekan	1,150.00	m2	10,500.00	12,075,000.00
2	Uitset Trase Saluran	1,150.00	m	50,000.00	57,500,000.00
3	Pengadaan dan Pemasangan Patok Kayu	1,150.00	m	18,200.00	20,930,000.00
4	Galian tanah biasa (dengan alat berat)	4,800.00	m3	22,200.00	106,560,000.00
5	DT angkut material atau hasil galian sejauh 100 m - 1 km	2,050.00	m3	13,200.00	27,060,000.00
6	Timbunan tanah atau urugan tanah dipadatkan	3,060.00	m3	21,250.00	65,025,000.00
				Sub Total (II)	289,150,000.00
III	Pekerjaan saluran U-Ditch Uk. 100.100-120mm				
1	Pembuatan dan pembongkaran Kistdam untuk saluran	620.00	m3	132,420.00	82,100,400.00
2	Pengadaan dan pemasangan U-Ditch Uk. 100.100-120mm	834.00	bh	3,379,000.00	2,818,086,000.00
				Sub Total (III)	2,900,186,400.00
				Total I+II+III	3,229,536,400.00
				PPN 11%	355,249,004.00
				Total	3,584,785,404.00
				Dibulatkan	3,584,786,000.00

Sumber: perhitungan, 2022.

B. Perencanaan Dimensi Sumur Resapan

Adapun perencanaan dimensi sumur resapan berdasarkan perhitungan diatas, bila setiap rumah memiliki kesadaran untuk membuat sumur resapan berbentuk persegi dengan $L=1,00$ m dan tinggi $H=2,00$ m dengan volume 750 liter, maka akan dapat mereduksi debit banjir sebesar:

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A$$

$$Q = 0,00278 \times 0,90 \times 32,618 \times 0,0112$$

$$Q = 0,000914 \text{ m}^3/\text{dtk} \text{ (debit dengan sumur resapan)}$$

Dengan estimasi waktu tunda selama :

$$T = \frac{\text{Volume}}{Q_{\text{masuk}}}$$

$$T = \frac{2,00}{0,000914} = 2.188,184 \text{ dtk} \approx 36,5 \text{ menit}$$

Sedangkan debit banjir yang dihasilkan tanpa sumur resapan setiap unit rumah adalah :

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A$$

$$Q = 0,00278 \times 0,72 \times 32,618 \times 0,0140$$

$$Q = 0,000952 \text{ m}^3/\text{dtk} \text{ (debit tanpa sumur resapan)}$$

Maka efisiensi debit banjir yang mampu direduksi ialah:

$$\eta \text{ debit banjir} = \frac{Q_{\text{masuk}}}{Q_{\text{total}}} \times 100\%$$

$$\eta \text{ debit banjir} = \frac{0,000914}{0,000952} \times 100\% = 96,00 \%$$

Reduksi debit banjir dikarenakan debit total yang masuk ke dalam sistem disajikan pada Tabel di bawah ini :

Tabel. 4.46 Reduksi Banjir dan Jumlah Sumur Resapan yang Diperlukan

No	Lokasi	C	Q_{limpasan} (m ³ /dtk)	Q_{smr} (m ³ /dtk)	% reduksi	Jumlah sumur
1	Wisma Indah Baru	0,46	0,188	0,067	35,66	179
2	Wisma Indah	0,38	0,396	0,128	32,25	398

Sumber : perhitungan, 2022.

Pembuatan sumur resapan diasumsikan sejumlah 577 unit dimana setiap rumah hunian mempunyai sumur resapan, sumur resapan yang didesain menggunakan pasangan batu bata tanpa plesteran serta acian, sedalam 2 meter dengan dimensi P x L adalah 1,00 x 1,00 meter. Sumur resapan nantinya juga dikombinasikan dengan toren air berkapasitas 750 liter guna pemanfaatan air hujan secara gravitasi. Contoh perhitungan dari penentuan volume sumur resapan adalah sebagaimana berikut:

$$\begin{aligned} \text{bata merah} &= P \times T \times \text{banyak sisi} \times \text{jumlah sumur} \\ &= 1,00 \times 2,00 \times 4,00 \times 577,00 \\ &= 4.616 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Pekerjaan Persiapan} = \text{Rp. 5.050.000,00}$$

$$\begin{aligned} \text{Pekerjaan Pasangan} &= \text{Jumlah} \times \text{Harga Satuan} \\ &= 4.616 \text{ m}^2 \times \text{Rp. 93.300,00} \\ &= \text{Rp. 430.672.800,00} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pekerjaan Tanah} &= \text{Volume Galian Tanah} \times \text{Harga Satuan} \\ &= 2.844,03 \times \text{Rp. 69.250,00} \\ &= \text{Rp. 196.947.000,00} \end{aligned}$$

Pekerjaan Sumur Resapan :

$$\begin{aligned} \text{Pekerjaan Beton} &= \text{Volume Beton} \times \text{Harga Satuan} \\ &= 97,51 \text{ m}^3 \times \text{Rp. 1.008.630,00} \\ &= \text{Rp. 98.354.537,19} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pekerjaan Bekisting} &= \text{Volume Triplek Phenolic} \times \text{Harga Satuan} \\ &= 325,04 \text{ m}^3 \times 85.100,00 \\ &= \text{Rp. 27.660.904,00} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Baja Tulangan U 24 Polos} &= \text{Volume} \times \text{Harga Satuan} \\ &= 7.045,31 \text{ Kg} \times \text{Rp. 14.183,00} \\ &= \text{Rp. 99.923.631,73} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Baja untuk Tangga} &= \text{Volume} \times \text{Harga Satuan} \\ &= 22,27 \text{ kg} \times \text{Rp. 13.713,00} \\ &= \text{Rp. 305.338,51} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pipa} &= \text{Panjang Pipa} \times \text{Harga Satuan} \\ &= 5.770 \text{ m} \times \text{Rp. 22.000,00} \\ &= \text{Rp. 126.940.000,00} \end{aligned}$$

Total Biaya Pekerjaan Sumur Resapan adalah sebesar Rp. 353.181.435,54

Pekerjaan Tandon Air:

$$\text{Toren 750 liter} = \text{Jumlah} \times \text{Harga Satuan}$$

$$= 577 \text{ unit} \times \text{Rp. } 1400.000,00$$

$$= \text{Rp. } 807.800.000,00$$

Pembangunan Plat Tumpuan Torent:

Beton

$$= \text{Volume} \times \text{Harga Satuan}$$

$$= 67,02 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 1.008.630,00$$

$$= \text{Rp. } 67.602.739,88$$

Bekisting

$$= \text{Jumlah} \times \text{Harga satuan}$$

$$= 186,18 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 85.100,00$$

$$= \text{Rp. } 15.843.804,53$$

Tulangan

$$= \text{Jumlah} \times \text{Harga Satuan}$$

$$= 6.358,85 \text{ kg} \times \text{Rp. } 14.183,00$$

$$= \text{Rp. } 90.187.569,55$$

Pembangunan Kolom Tumpuan Torent:

Beton

$$= \text{Volume} \times \text{Harga Satuan}$$

$$= 41,54 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 1.008.630,00$$

$$= \text{Rp. } 41.898.490,20$$

Bekisting

$$= \text{Jumlah} \times \text{Harga satuan}$$

$$= 184,64 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 85.100,00$$

$$= \text{Rp. } 15.712.864,00$$

Tulangan

$$= \text{Jumlah} \times \text{Harga Satuan}$$

$$= 6.103,96 \text{ kg} \times \text{Rp. } 14.183,00$$

$$= \text{Rp. } 86.572.464,68$$

Pembangunan Footplat Tumpuan Torrent:

Beton

$$= \text{Volume} \times \text{Harga Satuan}$$

$$= 83,78 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 1.008.630,00$$

$$= \text{Rp. } 84.503.424,85$$

Bekisting

$$= \text{Jumlah} \times \text{Harga satuan}$$

$$= 186,18 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 85.100,00$$

$$= \text{Rp. } 15.843.804,53$$

Tulangan

$$= \text{Jumlah} \times \text{Harga Satuan}$$

$$= 8.940,93 \text{ kg} \times \text{Rp. } 14.183,00$$

$$= \text{Rp. } 126.809.210,19$$

Kran Air 4"

$$= \text{Jumlah} \times \text{Harga Satuan}$$

$$= 1.154,00 \text{ Bh} \times \text{Rp. } 46.500,00$$

$$= \text{Rp. } 53.661.000,00$$

Sambungan pipa tee = Jumlah x Harga Satuan

$$\begin{aligned}
 &= 577 \text{ Bh} \times \text{Rp. } 30.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 17.310.000,00 \\
 \text{Sambungan pipa knee} &= \text{Jumlah} \times \text{Harga Satuan} \\
 &= 1.154,00 \text{ Bh} \times \text{Rp. } 25.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 28.850.000,00
 \end{aligned}$$

untuk perhitungan item lainnya direkap sebagaimana Tabel biaya dan volume pekerjaan sumur resapan berikut :

Tabel.4.47 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Sumur Resapan

No	Uraian	Jumlah Harga Penawaran (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	5,050,000.00
2	Pekerjaan Pasangan	430,672,800.00
3	Pekerjaan Tanah	196,947,000.00
4	Pekerjaan Sumur Resapan	353,181,435.54
5	Pekerjaan Tandon Air	1,384,992,456.02
(A)	Jumlah	2,370,843,691.56
(B)	Pajak Pertambahan Nilai (PPn) = 10% x (A)	237,084,369.16
(C)	Jumlah Total Harga = (A) + (B)	2,607,928,060.72
	Dibulatkan	2,607,927,000.00
Terbilang : Dua Milyar Enam Ratus Tujuh Juta Sembilan Ratus Dua Puluh Tujuh Ribu Rupiah		

Tabel.4.38 Biaya Dan Volume Pekerjaan Sumur Resapan

No.	Uraian	Sat.	Kwts.	Harga Satuan (Rp.)	Total Harga (Rp.)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f=dxe)
Pekerjaan Persiapan					
1	Mobilisasi dan Demobilisasi Peralatan	Ls	1	5,050,000.00	5,050,000.00
					5,050,000.00
Pekerjaan Pasangan					
1	Pemasangan 1 m ² Dinding Bata Merah (5x11x22) cm tebal 1 bata campuran 1pc : 4ps	m ²	4616	93,300.00	430,672,800.00
					430,672,800.00
Pekerjaan Tanah					
1	Galian Biasa (Manual)	m ³	2844	69,250.00	196,947,000.00
					196,947,000.00
Pekerjaan Sumur Resapan					
1	Membuat 1 m ³ Beton Mutu fc=14,5 Mpa (K175), slump (12-2) cm, w/c=0,66	m ³	97.51	1,008,630.00	98,351,511.30
2	Kayu Bekisting Triplek Phenolic 1 Sisi 9 mm	m ³	325.04	85,100.00	27,660,904.00
3	Baja Tulangan U 24 Polos	kg	7045.31	14,183.00	99,923,631.73
4	Baja Untuk Tangga	kg	22.27	13,713.00	305,388.51
5	Pipa	m	5770	22,000.00	126,940,000.00
					353,181,435.54
Pekerjaan Lain-Lain					
1	Torrent 750 Liter	Unit	577	1,400,000.00	807,800,000.00
					807,800,000.00
Pembangunan Plat Tumpuan Torrent					
1	Membuat 1 m ³ Beton Mutu fc=14,5 Mpa (K175), slump (12-2) cm, w/c=0,66	m ³	67.02	1,008,630.00	67,602,739.88
2	Kayu Bekisting Triplek Phenolic 1 Sisi 9 mm	m ³	186.18	85,100.00	15,843,918.00
3	Baja Tulangan U 24 Polos	kg	6358.85	14,183.00	90,187,569.55
					106,031,487.55
Pembangunan Kolom Tumpuan Torent					
1	Membuat 1 m ³ Beton Mutu fc=14,5 Mpa (K175), slump (12-2) cm, w/c=0,66	m ³	41.54	1,008,630.00	41,898,490.20
2	Kayu Bekisting Triplek Phenolic 1 Sisi 9 mm	m ³	184.64	85,100.00	15,712,864.00
3	Baja Tulangan U 24 Polos	kg	6103.96	14,183.00	86,572,464.68
					144,183,818.88
Pembangunan Footplat Tumpuan Torrent					
1	Membuat 1 m ³ Beton Mutu fc=14,5 Mpa (K175), slump (12-2) cm, w/c=0,66	m ³	83.78	1,008,630.00	84,503,021.40
2	Kayu Bekisting Triplek Phenolic 1 Sisi 9 mm	m ³	186.18	85,100.00	15,843,918.00
3	Baja Tulangan U 24 Polos	kg	8940.93	14,183.00	126,809,210.19
4	Kran Air 4"	Bh	1154	46,500.00	53,661,000.00
5	Sambungan Pipa Tee	Bh	577	30,000.00	17,310,000.00
6	Sambungan Pipa Knee	Bh	1154	25,000.00	28,850,000.00
					326,977,149.59
Total					2,370,843,691.56
Sumber: perhitungan, 2022					

112

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan hasil penelitian ini, antara lain:

1. Terjadinya genangan air di area perkotaan Kabupaten Bojonegoro disebabkan intensitas curah hujan yang tinggi yaitu pada menit ke 360 (6 jam) sebesar 12,94mm/jam dan model sistem drainase yang ada belum dapat menampung seluruh debit air banjir yang terjadi, dimana terdapat limpasan -1,14 m³/detik.
2. Model sistem drainase yang diterapkan oleh pemerintah daerah Kabupaten Bojonegoro dibagi menjadi 2 area yaitu pada Jl. Pattimura dan Jl. Panglima Polim dengan besaran debit eksisting pada kala ulang 5 tahun (Q5) masing-masing Pattimura Kanan 1,96 m³/detik, Panglima Polim Kanan 0,19 m³/detik, Pattimura Kiri 1,70 m³/detik dan Panglima Polim Kiri 0,47 m³/detik.
3. Tingkat keefektifan model sistem drainase yang diterapkan oleh pemerintah daerah Kabupaten Bojonegoro masih belum efektif karena masih ada yang belum mampu menampung debit banjir yang rencana yang terjadi yaitu di ruas Jl. Patimura Kanan dan Jl. Patimura Kiri.
4. Alternatif model sistem drainase yang paling efektif untuk diterapkan di wilayah perkotaan Kabupaten Bojonegoro yakni dengan membuat sumur resapan karena mampu mereduksi banjir dengan persentase 96,00%. Sementara RAB untuk pembuatan sumur resapan sebesar Rp. 2.607.927.000,-

5.2 Saran

Berdasarkan pengamatan penulis selama pengumpulan data dan pengolahan data dalam penelitian ini, ada beberapa hal yang dapat penulis sarankan, yaitu:

1. Agar dapat menganalisis menggunakan metode lain seperti metode non struktural untuk mengatasi banjir yang terjadi di area perkotaan Kabupaten Bojonegoro.
2. Perlu dilakukan analisis secara lebih mendalam untuk menyempurnakan hasil penelitian ini berkaitan dengan penanggulangan banjir di wilayah perkotaan Bojonegoro menggunakan teori-teori lain.

164

133

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Ridwan, & Zulkarnaen, I. (2018). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Barito*. Banjarmasin.
http://repository.lppm.unila.ac.id/8538/1/BUKU_DIKTAT_Pengelolaan_DAS.pdf
- Djamaluddin, I. (2020). Pengelolaan Drainase Kota Sebagai Upaya Mitigasi Banjir Kota Makassar. *JURNAL TEPAT : Applied Technology Journal for Community Engagement and Services*, 3(2), 98–112.
https://doi.org/10.25042/jurnal_tepat.v3i2.145
- Guntoro, D. E., Harisuseno, D., & Cahya, E. N. (2017). Pengelolaan Drainase Secara Terpadu Untuk Pengendalian Genangan Di Kawasan Sidokare Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknik Pengairan*, 008(01), 60–71.
<https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2017.008.01.06>
- Kelembagaan, P., Perlu, F. Y., Untuk, D., & Kelembagaan, P. (2006). *Bab 7 7.1 rencana pengelolaan sumber daya air*. 7.
- Kustamar, I., & Surbakti, S. (2017). *Evaluasi dan perencanaan saluran drainase Kecamatan Ambon Kota Ambon*. 2.
- Pekerjaan, M., & Republik, U. (2014). *Peraturan Menteri PU RI No12 Th 2014*. 1–18.
- Saputro, D. A. T., Ismoyo, M. J., & ... (2014). Perencanaan Drainase Perkotaan di Kota Nanga Bulik Kabupaten Lamandau Provinsi Kalimantan Tengah. *Malang: Universitas* <http://pengairan.ub.ac.id/s1/wp-content/uploads/2014/02/Jurnal-Danang-Ady.pdf>
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2003). *editor: Suy6no Kensaku*.
- Suripin. (2004). Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air. *Andi Yogyakarta*, 4(1), 88–100.
- Suryanto, E. (2021). *Analisis Kinerja Saluran Drainase Di Daerah Tangkapan Air Hujan Sepanjang Saluran Darma Harapan Kota Surabaya*.
- Wibowo, Y. A., Ronggowulan, L., Arif, D. A., Afrizal, R., Anwar, Y., & Fathonah, A. (2019). Perencanaan Mitigasi Bencana Banjir Non-Struktural Di Daerah Aliran Sungai Comal Hilir, Jawa Tengah. *JPIG (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi)*, 4(2), 87–100.
<https://doi.org/10.21067/jpig.v4i2.3632>
- Wismarini, T. D., & Sukur, M. (2015). Penentuan Tingkat Kerentanan Banjir Secara Geospasial. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, 20(1), 57–76.
<http://www.unisbank.ac.id/ojs/index.php/fti1/article/viewFile/4630/1362>

LAMPIRAN



Banjir Jl. Panglima Polim



Banjir Jl. Pattimura



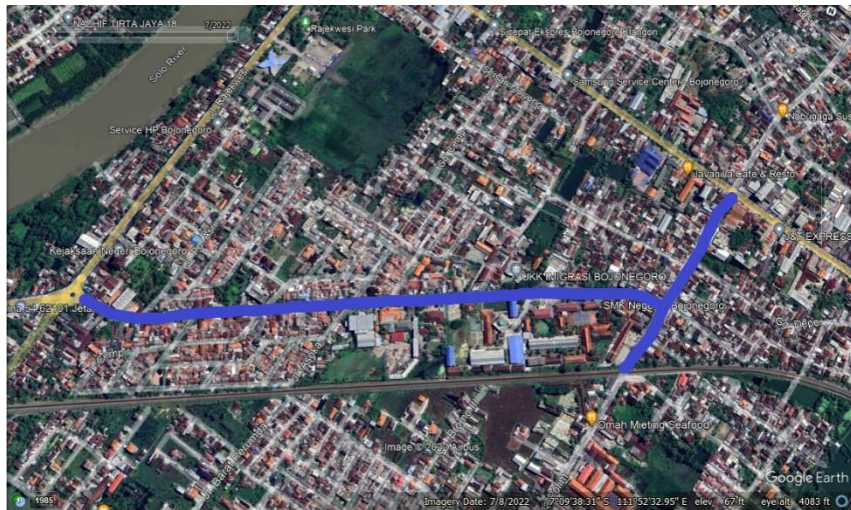
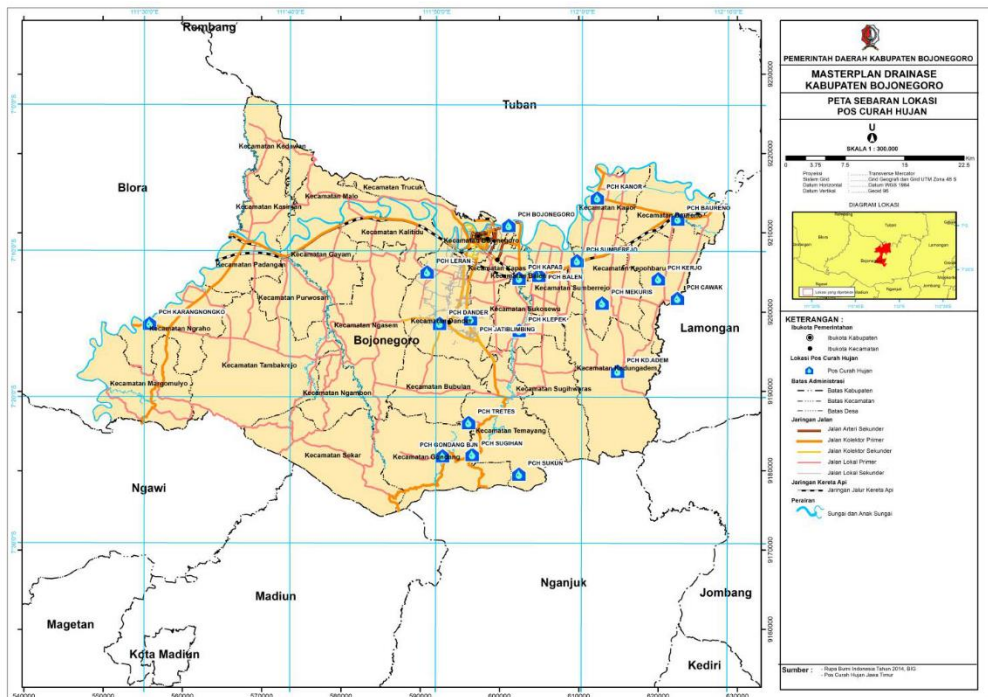
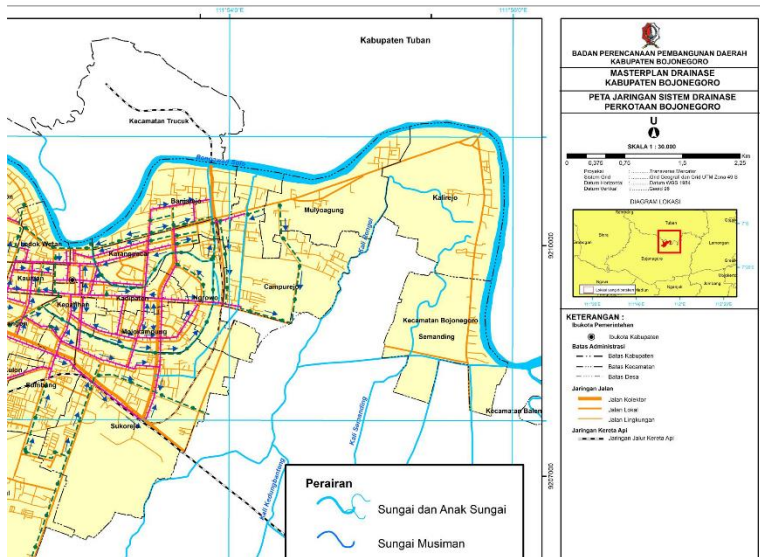


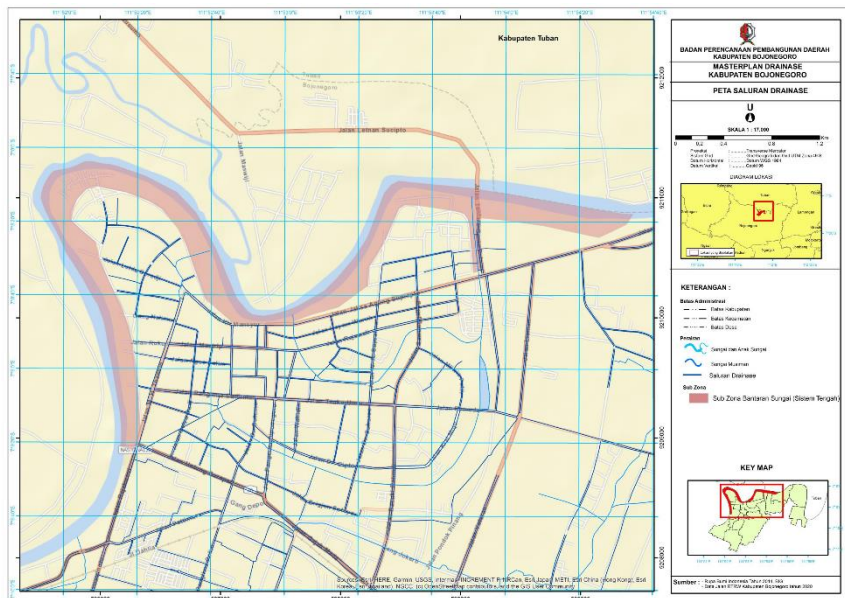
Foto Lokasi Penelitian



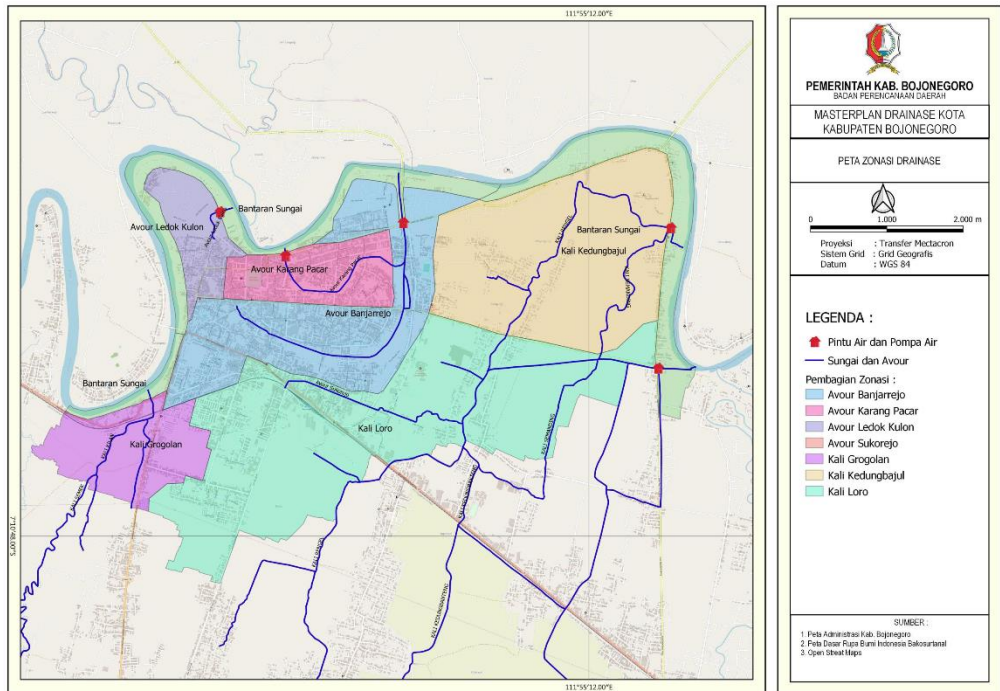
Lokasi Pos Curah Hujan



Peta Jaringan Sistem Drainase



Peta Saluran Drainase



Peta Zonasi Drainase