

TUGAS AKHIR

**ANALISIS EFEKTIVITAS RENCANA SUDETAN UNTUK
MENGURANGI BEBAN DEBIT POLDER KALI TENGGANG**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Pendidikan Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Nabila Khairunisa

NIM : 3.02.017.00135

Vina Ajeng Ali Lesmaya

NIM : 3.02.017.00179

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2021**

Penelitian Tugas Akhir

Analisis Efektivitas Rencana Sudetan untuk Mengurangi Debit Polder Kali
Tenggang

Yang diajukan oleh :

Nabila Khairunisa

NIM : 3.02.017.00135

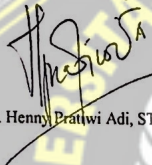
Vina Aieng Ali Lesmava

NIM : 3.02.017.00179

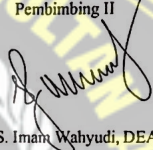
Telah disetujui oleh :

Tanggal, 12 Juli 2021

Pembimbing I



Dr. Henry Pratwi Adi, ST.,MT

Pembimbing II


Prof. Dr. Ir. H. S. Imam Wahyudi, DEA

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Rully Ahyar, ST.,M.Eng



UNISSULA
جامعة سلطان أبو جوح الإسلامية



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

LEMBAR PENGESAHAN

Analisis Efektivitas Rencana Sudetan untuk Mengurangi Debit Polder Kali
Tenggang

Oleh :



Nabila Khairunisa

NIM : 3.02.017.00135



Yina Aiene Ali Lesmaya

NIM : 3.02.017.00179

Telah disetujui dan disahkan di Semarang

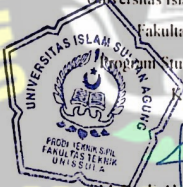
Tim Penguji

1. Dr.Henny Pratiwi Adi, ST..MT
2. Prof. Dr. Ir. H. S Imam Wahyudi, DEA
3. Ir. M. Faiqun Ni'am, MT, Ph.d

Tanda Tangan

Universitas Islam Sultan Agung
Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Sipil
Ketua



Dr. Kasli Ahyar, ST., M.Eng



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No:

Pada hari ini tanggal ..., Februari 2021 berdasarkan surat keputusan Kaprodi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan dosen pembimbing dan asisten dosen pembimbing :

1. Nama : Dr. Henny Pratiwi Adi, ST.,MT.

Jabatan Akademik : Lektor Kepala

Jabatan : Dosen Pembimbing I

2. Nama : Prof. Dr. Ir. H. S.Imam Wahyudi, DEA.

Jabatan Akademik : Guru Besar

Jabatan : Dosen Pembimbing II

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir / Skripsi :

Nama : Nabila Khairunisa
NIM : 3.02.017.00135

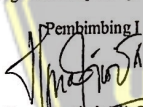
Nama : Vina Ajeng Ali Lesmaya
NIM : 3.02.017.00179

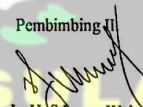
Judul : Analisis Efektivitas Rencana Sudetan untuk Mengurangi Beban Debit Kali Tenggang

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	24 februan 2021	
2	Proposal		ACC
3	Pengumpulan data		
4	Analisis data		
5	Penyusunan laporan		
6	Selesai laporan	12 juli 2021	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir/Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Pembimbing I

Dr. Henny Pratiwi Adi, ST., MT.

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. H. S. Imam Wahyudi DEA



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nabila Khairunisa (30201700135)

Vina Ajeng Ali Lesmaya (30201700179)

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : **Analisis Efektivitas Rencana Sudetan untuk Mengurangi Beban Debit Polder Kali Tenggang** merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain dan benar bebas dari plagiasi, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 12 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,

Yang membuat pernyataan,



Vina Ajeng Ali Lesmaya



Nabila Khairunisa

UNISSULA
جامعة سلطان أبجونيخ الإسلامية

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nabila Khairunisa (30201700135)

Vina Ajeng Ali Lesmaya (30201700156)

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul : ANALISA EFEKTIVITAS RENCANA SUDETAN UNTUK MENURANGI BEBAN DEBIT KALI TENGGANG.

Benar bebas plagiat dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Juli 2021

Yang membuat Pernyataan


Nabila Khairunisa


Vina Ajeng Ali Lesmaya



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka..” (Qs.Ali Imran: 110)

“Awali niat baik dengan ucapan Bismillah dan berserah diri kepada Allah, agar diberi jalan yang sebaik-baiknya” (Anonim)

“Maka Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan” (Qs. Al – Insyirah : 5 - 6)

“Jangan beli persahabatan dengan harta, karena ia tak akan kekal. Jangan beli cinta dengan harta karena suatu saatpun akan berkhianat.” (Ust. Jefri Al-Buchori).

“Bahwa tiada yang orang dapatkan, kecuali yang ia usahakan, dan bahwa usahanya akan kelihatan nantinya. ”(Qs. An Najm : 39-40)

“Jika kamu tidak tahan dengan lelahnya belajar, maka kamu harus tahan dengan perihnya kebodohan.” (Imam Syafi’i)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan Semesta alam. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Kusyanto dan Ibu saya Nanik Yuliati, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Saudara dan keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Ibu Dr. Henny Pratiwi Adi, ST, MT, dan Bapak Prof. Dr. Ir. H. S Imam Wahyudi, DEA yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Partner laporan tugas akhir Vina Ajeng Ali Lesmaya. Terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Semua teman-teman kariawan PT. Studi Teknik yang telah membantu dan memberikan data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir (Mba vyxy).
7. Rimanda Anggrani Sanjaya dan Wahyu Nazali terimakasih atas semangat yang telah diberikan.
8. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Nabila Khairunisa

NIM : 3.02.017.00135

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan Semesta alam. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Ali Mashar dan Ibu saya Wasilah atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Saudara dan keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Ibu Dr. Henny Pratiwi Adi, ST, MT, dan Bapak Prof. Dr. Ir. H. S Imam Wahyudi, DEA yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Partner laporan tugas akhir Nabila Khairunisa. Terimakasih atas waktu dan semangatnya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Semua teman-teman kariawan PT. Studi Teknik yang telah membantu memberikan data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir. (Mba vyxy).
7. Nurul Isna L, Yusia Nanda A, Jauharotun Nisa dan Pratama Sudrajat W. Terimakasih atas semangat yang telah diberikan.
8. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2017, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Vina Ajeng Ali Lesmaya

NIM : 3.02.017.00179

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tentang “Analisis Efektivitas Rencana Sudetan Kali Tenggang untuk Mengurangi Beban Debit Polder Kali Tenggang”. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Bapak Ir. Rachmat Mudiyo, MT., PhD selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.
2. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung.
3. Ibu Dr. Henny Pratiwi Adi, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. H. S Imam Wahyudi, DEA selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
5. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Fakultas Teknik Sipil UNISSULA.
6. Kedua orang tua yang telah memberikan doa dan motivasi.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, 12 Juli 2021

Penulis

ABSTRAK

Nabila Khairunisa¹⁾, Vina Ajeng Ali Lesmaya¹⁾, Henny Pratiwi Adi²⁾, S. Imam Wahyudi²⁾

. Kali Tenggang merupakan salah satu sistem drainase di Semarang Timur dengan daerah aliran sungai membentang dari Banjir Kanal Timur di sebelah barat sampai Kali Babon di sebelah timur. Daerah layanan yang luas membuat Kali Tenggang tidak lepas dengan masalah banjir dan rob. Sebagai langkah mengatasi banjir dan rob yang terjadi di kawasan Kali Tenggang, Pemerintah Kota Semarang telah membangun Sistem Polder Kali Tenggang. Sistem ini merupakan salah satu teknologi pengendalian banjir dan rob yaitu penanggulangan banjir dengan bangunan fisik yang meliputi sistem drainase, kolam retensi, tanggul yang mengelilingi kawasan, serta stasiun pompa. Polder Kali Tenggang dibangun di muara Kali Tenggang dan berfungsi mencegah wilayah terkena banjir dan rob. Selain sistem polder Pemerintah Kota Semarang juga telah merencanakan sudetan kali pada bagian hulu Tenggang untuk program pengendalian banjir dan rob pada sistem Tenggang. Sudetan kali diharapkan dapat mengurangi beban kapasitas debit Kali Tenggang sekaligus mengurangi beban kerja pompa Tenggang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rencana sudetan dan mengetahui debit Kali Tenggang sebelum adanya sudetan dan sesudah adanya sudetan.

Tahapan penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu melakukan survey pada rencana sudetan Kali Tenggang dan Polder Kali Tenggang, melakukan pengumpulan data primer dan sekunder yang mendukung sebagai dasar penyelesaian masalah, melakukan pengolahan data meliputi analisis hidrologi, perhitungan debit dan analisis efektivitas sudetan Kali Tenggang dalam mengurangi beban kapasitas dan beban kerja pompa Polder Kali Tenggang.

Hasil dari analisis data maka diketahui bahwa Sudetan Hulu Tenggang dibangun pada Jalan Gemah Raya dengan konstruksi *Box Culvert* sepanjang 628 m dengan kapasitas debit $2,7 \text{ m}^3/\text{dt} - 3,5 \text{ m}^3/\text{dt}$, sudetan hulu Tenggang ini akan dialirkan ke sistem Kanal Banjir Timur dengan nilai Q_2 tahun sebesar $6,359 \text{ m}^3/\text{dt}$, $Q_{5\text{tahun}}$ sebesar $7,330 \text{ m}^3/\text{dt}$, $Q_{10\text{tahun}}$ sebesar $7,909 \text{ m}^3/\text{dt}$. Disimpulkan bahwa sudetan Kali Tenggang dapat mengurangi beban kapasitas debit karena dapat mengurangi $Q_{2\text{tahun}}$ menjadi $3,659 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan mengurangi beban kerja pompa Kali Tenggang.

Kata Kunci: banjir rob; *box culvert*; pompa; sudetan

¹⁾. Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unissula

²⁾. Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unissula.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Siklus Hidrologi	5
2.1.1 Daerah Aliran Sungai (DAS).....	6
2.1.1.1 Debit.....	6
2.1.1.2 Limpasan.....	7
2.1.2 Hujan	8
2.1.2.1 Pengukuran Hujan.....	11
2.1.2.2 Analisis Hujan Wilayah	11
2.1.2.3 Analisis Frekuensi Hujan Rencana	14
2.2 Hujan Rencana	19
2.2.1 Analisis Intensitas Hujan	19

2.3 Penurunan Muka Tanah (<i>Land Subsidence</i>)	25
2.4 Sistem Polder	26
2.4.1 Efektivitas Pompa	29
2.5 Sudetan.....	29
2.6 Review Terhadap Penelitian Sebelumnya	33

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian.....	37
3.2 Tahapan Penelitian.....	37
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	38
3.4 Metode Pengolahan Data	38
3.5 Metode Analisis Data.....	39
3.6 Bagan Alir.....	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sudetan Kali Tenggang.....	41
4.1.1 Lokasi Sudetan Kali Tenggang	41
4.1.2 Perencanaan Tata Letak Saluran Sudetan Kali Tenggang	41
4.1.3 Perencanaan Saluran Hidrolis Sudetan	43
4.2 Spesifikasi Sistem Kerja Polder Kai Tenggang	44
4.3 Perhitungan Debit Banjir Sudetan Kali Tenggang.....	45
4.3.1 Analisis Hujan Wilayah	45
4.3.2 Analisis Frekuensi.....	46
4.3.3 Analisis Statistik	46
4.3.4 Perhitungan Distribusi Log Pearson III	50
4.3.5 Intensitas Hujan Rencana.....	51
4.3.6 Intensitas Hujan Jam – jaman	52
4.3.7 Kurva Intensity Duration Frequency.....	53
4.3.8 Pola Intensitas Hujan Metode Talbot.....	53
4.3.9 Pola Intensitas Hujan Metode Sherman	56
4.3.10 Pola Intensitas Hujan Metode Ishiguro.....	58

4.3.11 Pola Intensitas Hujan Metode SDR-IDF.....	61
4.3.12 Intensitas Hujan	64
4.3.13 Debit Banjir Rencana dengan Metode Rasional	65
4.4 Analisis Debit Banjir Sebelum Adanya Sudetan dan Sesudah Adanya Sudetan	65
4.5 Volume air yang mengalir di Kali Tenggang dan volume air yang bisa dialirkan ke sudetan dalam waktu satu hari serta tingkat penurunan beban kerja pompa	68
4.5.1 Volume air yang mengalir di Kali Tenggang dalam waktu satu hari	68
4.5.2 Volume air yang dialirkan ke sudetan dalam waktu satu hari	69
4.5.3 Tingkat penurunan bebankerja pompa.....	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	xiv
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

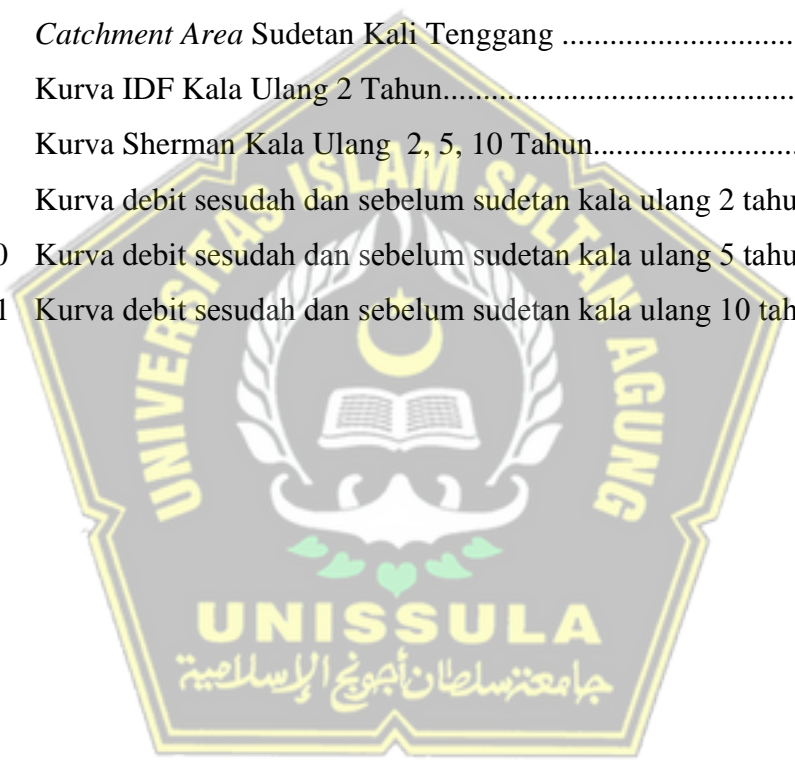
Tabel 2.1 Keadaan Hujan dan Intensitas Hujan.....	10
Tabel 2.2 Penggunaan Metode berdasarkan Jaring-jaring Penangkar Hujan	13
Tabel 2.3 Penggunaan Metode berdasarkan Luas DAS.....	14
Tabel 2.4 Penggunaan Metode berdasarkan Topografi DAS	14
Tabel 2.5 Prameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi	17
Tabel 2.6 Konstanta X dan Y Rumus SDR-IDF.....	22
Tabel 2.7 Rumums Intensitas Hujan.....	22
Tabel 2.8 Koefisien Limpasan untuk Metode Rasional.....	24
Tabel 2.9 Review Terhadap Penelitian sebelumnya.....	33
Tabel 4.1 Data Hujan Tahunan Rata-rata Kota Semarang.....	46
Tabel 4.2 Perhitungan Dispersi Curah Hujan	47
Tabel 4.3 Perhitungan Dispersi Curah Hujan dalam Logaritma.....	48
Tabel 4.4 Syarat dan Batas tertentu Distribusi.....	49
Tabel 4.5 Analisis Distribusi Metode Log Pearson III	50
Tabel 4.6 Nilai KT untuk Distribusi Log Pearson III.....	51
Tabel 4.7 Curah Hujan Rencana	51
Tabel 4.8 Intensitas Hujan Jam-jaman Kala Ulang 2 Tahun	52
Tabel 4.9 Intensitas Hujan Jam-jaman Kala Ulang 5 Tahun	52
Tabel 4.10 Intensitas Hujan Jam-jaman Kala Ulang 10 Tahun	52
Tabel 4.11 Hujan Rencana dengan Persamaan Mononobe.....	53
Tabel 4.12 Perhitungan Metode Talbot Kala Ulang 2 Tahun.....	53
Tabel 4.13 Nilai Tetapan Metode Talbot Kala Ulang 2, 5, 10 Tahun	54
Tabel 4.14 Intensitas Hujan Kala Ulang 2 Tahun Metode Talbot	55
Tabel 4.15 Intensitas Hujan Kala Ulang 5 Tahun Metode Talbot	55
Tabel 4.16 Intensitas Hujan Kala Ulang 10 Tahun Metode Talbot	55
Tabel 4.17 Perhitungan Intensitas Hujan Kala Ulang 2 Tahun Metode Sherman	56
Tabel 4.18 Nilai Tetapan A dan B Metode Sherman	57

Tabel 4.19 Pola Intensitas Metode Sherman Kala Ulang 2 Tahun	57
Tabel 4.20 Pola Intensitas Metode Sherman Kala Ulang 5 Tahun	57
Tabel 4.21 Pola Intensitas Metode Sherman Kala Ulang 10 Tahun	58
Tabel 4.22 Perhitungan Metode Ishiguro Kala Ulang 2 Tahun	59
Tabel 4.23 Tetapan A dan B Metode Ishiguro.....	59
Tabel 4.24 Pola Intensitas Metode Ishiguro Kala Ulang 2 Tahun	60
Tabel 4.25 Pola Intensitas Metode Sherman Kala Ulang 5 Tahun	60
Tabel 4.26 Pola Intensitas Metode Sherman Kala Ulang 10 Tahun	61
Tabel 4.27 Pola Intensitas Metode SDR-IDF Kala Ulang 2 Tahun.....	62
Tabel 4.28 Pola Intensitas Metode SDR-IDF Kala Ulang 5 Tahun.....	62
Tabel 4.29 Pola Intensitas Metode SDR-IDF Kala Ulang 10 Tahun.....	62
Tabel 4.30 Tabel Intensitas Hujan Berbagai Kala Ulang	65
Tabel 4.31 Debit Rencana Berbagai Kala Ulang	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Hidrologi.....	6
Gambar 3.1	Peta Lokasi Penelitian.....	38
Gambar 3.2	Bagan Alir Penelitian.....	40
Gambar 4.1	Lokasi Sudetan Kali Tenggara.....	41
Gambar 4.2	Lokasi Box Culvert.....	42
Gambar 4.3	Perencanaan Dimensi Saluran Tipe Drain Tenggara 1.....	43
Gambar 4.4	Perencanaan Dimensi Saluran Tipe Drain Sudetan.....	43
Gambar 4.5	Perencanaan Dimensi Tipe Drain tenggang 1B.....	44
Gambar 4.6	<i>Catchment Area</i> Sudetan Kali Tenggara	45
Gambar 4.7	Kurva IDF Kala Ulang 2 Tahun.....	63
Gambar 4.8	Kurva Sherman Kala Ulang 2, 5, 10 Tahun.....	64
Gambar 4.9	Kurva debit sesudah dan sebelum sudetan kala ulang 2 tahun.....	67
Gambar 4.10	Kurva debit sesudah dan sebelum sudetan kala ulang 5 tahun.....	67
Gambar 4.11	Kurva debit sesudah dan sebelum sudetan kala ulang 10 tahun.....	68



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sebagai salah satu kota berkembang di Pulau Jawa, Semarang menjadi kota metropolitan dengan luas wilayah 364,4 km² dengan letak geografis terbentang antara garis 06°50'-07°10' Lintang Selatan dengan garis 110° 35' Bujur Timur. Secara administratif Kota Semarang terdiri dari 17 kecamatan dan 166 kelurahan. Kawasan *Mega-Urban* Semarang memiliki jumlah penduduk lebih dari 1,68 juta jiwa terhitung dari Juni 2020 (Dispendukcapil Semarang, 2020). Kota Semarang dibatasi oleh Kabupaten Demak pada wilayah timur, Kabupaten Kendal di wilayah barat, Kabupaten Semarang di wilayah selatan dan Laut Jawa di wilayah utara. Panjang garis pantai adalah 13,6 km dengan kerentanan bencana di daerah pesisir yaitu banjir. (Sidabalok, 2015)

Kota Semarang memiliki wilayah topografi yang unik, sisi utara merupakan dataran rendah dikenal sebagai Semarang bawah, sedangkan daerah perbukitan yang memanjang pada sisi selatan disebut Semarang atas. Daerah Semarang bawah memiliki topografi yang landai dengan kemiringan 0% - 2% dengan sebagian wilayahnya hampir sama tingginya dengan laut bahkan di beberapa daerah pesisir Semarang berada bawah ketinggian permukaan laut. (BAPPEDA, 2015). Kota Semarang memiliki masalah kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh adanya genangan banjir. Wilayah Semarang bawah rendah menyulitkan drainase untuk mengalirkan air, terlebih adanya pasang air laut. Kondisi banjir di Semarang semakin parah dengan adanya penurunan permukaan tanah yang memiliki peranan penting dalam perluasan genangan banjir. Selain itu, beban fisik bangunan dan pengambilan air tanah berlebih menyebabkan kondisi tanah di Kota Semarang mengalami pemampatan yang mengakibatkan turunnya permukaan tanah (Setyawan, 2009).

Kali Tenggang merupakan salah satu sistem drainase di Semarang Timur dengan daerah aliran sungai membentang dari Banjir Kanal Timur di sebelah barat sampai Kali Babon di sebelah timur. Daerah layanan yang luas membuat Kali Tenggang tidak lepas dengan masalah banjir. Sebagai langkah mengatasi banjir yang terjadi dikawasan Kali Tenggang, Pemerintah Kota Semarang telah

membangun Sistem Polder Kali Tenggang. Berdasarkan penanggulangan banjir di Semarang dan daerah lain, menyimpulkan sistem polder akan dapat dan cocok menanggulangi banjir (Mondel & Budinetro, 2010). Sistem ini merupakan salah satu teknologi pengendalian banjir yaitu penanggulangan banjir dengan bangunan fisik yang meliputi sistem drainase, kolam retensi, tanggul yang mengelilingi kawasan, serta stasiun pompa. Polder Kali Tenggang dibangun di muara Kali Tenggang dan berfungsi mencegah wilayah terkena banjir. Wilayah yang rentan terhadap genangan banjir adalah wilayah Kaligawe, Tlogosari dan Palebon. Selain sistem polder Pemerintah Kota Semarang juga telah merencanakan sudetan kali pada bagian hulu Tenggang untuk program pengendalian banjir pada sistem Tenggang. Sudetan kali diharapkan dapat mengurangi beban kapasitas debit Kali Tenggang sekaligus mengurangi beban kerja pompa Tenggang.

Oleh karena itu untuk mengetahui apakah rencana sudetan kali yang telah direncanakan dapat mengurangi kapasitas debit banjir dan mengurangi beban kerja pompa Tenggang maka diperlukan kajian untuk menilai efektivitas dari rencana sudetan Kali Tenggang untuk mengurangi debit banjir pada sistem Polder Kali Tenggang. Penelitian tingkat efektivitas rencana sudetan Kali Tenggang dalam mengurangi debit banjir ini dilakukan dengan perhitungan kuantitas debit air yang masuk dengan sumber data curah hujan yang terjadi pada wilayah Semarang Timur.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah rencana sudetan Kali Tenggang dalam mengurangi banjir pada wilayah semarang timur?
2. Bagaimana spesifikasi sistem kerja Polder Kali Tenggang?
3. Bagaimana perhitungan debit banjir yang masuk dalam Sudetan Hulu Kali Tenggang ?
4. Berapakah debit banjir sebelum adanya sudetan dan sesudah sudetan Kali Tenggang dibangun?
5. Berapakah volume air yang mengalir pada Kali Tenggang dan volume yang bisa dialirkan ke Sudetan dalam waktu satu hari serta tingkat penurunan beban kerja pompa Polder Tenggang?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, penelitian ini mempunyai tujuan untuk:

1. Mengetahui detail rencana sudetan Kali Tenggang.
2. Mengetahui spesifikasi sistem kerja Polder Kali Tenggang.
3. Mengetahui perhitungan debit banjir Q_2 , Q_5 , Q_{10} tahun yang masuk dalam Sistem Polder Kali Tenggang.
4. Mengetahui debit banjir yang masuk pada sistem Polder Kali Tenggang sebelum adanya sudetan dan sesudah sudetan Kali Tenggang dibangun.
5. Mengetahui volume air yang mengalir pada Kali Tenggang dan volume yang bisa dialirkan ke Sudetan dalam waktu satu hari serta tingkat penurunan beban kerja pompa Polder Tenggang?

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi peneliti, penelitian ini diharapkan mampu menjadi tugas akhir yang berkualitas sehingga dapat menjadikan syarat kelulusan peneliti pada jenjang strata satu (S1) Teknik Sipil.
2. Bagi stakeholder, hasil penelitian dapat dijadikan kajian ulang dan mengoptimalkan kinerja Polder Kali Tenggang.
3. Bagi masyarakat, menambah pengetahuan kinerja sudetan Kali Tenggang dalam peanggulungan banjir dan rob.
4. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian diharapkan mampu dijadikan referensi selanjutnya dan dikembangkan menjadi lebih sempurna.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tidak terlalu melebar maka permasalahan yang dibahas dibatasi pada hal – hal sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan kepada pengelola dan masyarakat disekitar Kali Tenggang.
2. Detail rencana pembangunan sudetan Kali Tenggang di peroleh dari PT.Studi Teknik.
3. Data fisik dan kondisi sistem polder diperoleh dari data perencana dan hasil survey lokasi.

4. Data curah hujan dan data pasang surut yang digunakan dalam analisis adalah data hasil pengamatan yang diperoleh dari BMKG Maritim Klas II Semarang.
5. Penelitian dilakukan pada *catchment area* (daerah yang dilayani) Sistem Polder Kali Tenggang.
6. Efektivitas sistem yang ditinjau meliputi debit yang suk pada sistem Polder Tenggang sebelum adanya sudetan dan sesudah sudetan Kali Tenggang dibangun.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Hidrologi

Siklus Hidrologi adalah suatu rangkaian yang berisi tahapan-tahapan yang dilalui oleh air dari atmosfer ke bumi dan kembali lagi ke atmosfer yang memiliki beberapa proses didalamnya, yaitu evaporasi, transpirasi, sublimasi, intersepsi, kondensi, adveksi, presipitasi, run off, dan infiltrasi. Evaporasi adalah menguapnya air dari permukaan tanah ke udara, sedangkan transpirasi adalah menguapnya air dari tanaman ke udara. Lalu uap tersebut akan mengalami kondensasi lalu memadat menjadi awan-awan yang nantinya akan turun kembali menjadi air dan turun sebagai presipitasi. Sebagian presipitasi yang turun ke permukaan bumi akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi), lalu ada sebagian yang langsung menguap ke udara, dan sebagian lagi akan turun ke tanah mengalir melalui *stream flow* atau jatuh langsung dari permukaan daun ke permukaan tanah. Sebagian air yang sampai ke permukaan tanah akan berinfiltrasi atau masuk ke dalam tanah dan sebagian akan mengisi lekuk-lekuk permukaan tanah kemudian mengalir ke tempat yang lebih rendah (*run off*), masuk ke sungai-sungai dan akhirnya sampai ke laut. Dalam perjalanannya menuju laut, sebagian air akan mengalami penguapan (Maryanti, 2017)

Perbedaan besar presipitasi dari tahun ke tahun, dari musim ke musim dan juga dari wilayah satu ke wilayah yang lain, menyebabkan sirkulasi air ini tidak merata. yang mempengaruhi sirkulasi hidrologi ini antara lain adalah kondisi meteorologi seperti suhu, atmosfer dan lain-lain. Sirkulasi air ini juga dipengaruhi oleh kondisi topografi. Contoh siklus hidrologi bisa di lihat pada Gambar 2.1 (Maryanti, 2017)



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Sumber : www.google.com, 2016

2.1.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) adalah suatu daerah yang dibatasi oleh titik-titik yang tinggi atau punggung-punggung gunung/pegunungan dimana air yang jatuh atau air yang berasal dari hujan terkumpul dalam daerah tersebut. Fungsi DAS adalah menerima, menyimpan dan mengalirkan air yang jatuh ke daerah tersebut melalui sungai.

2.1.1.1 Debit

Debit adalah sejumlah air yang mengalir melewati sungai dalam periode tertentu sewaktu-waktu yang dinyatakan dalam satuan $m^3/deti$ dan juga liter/detik. Suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) memiliki suatu kondisi hidrologis yang akan diketahui dengan cara menghitung debit sungai tersebut. Ada 2 tipe seri yang digunakan untuk analisis frekuensi debit (Triatmodjo, 2008), yaitu :

1. *Partial Duration Series*

Metode *Partial Duration* merupakan rangkaian data debit banjir atau hujan yang besarnya diatas nilai batas bawah tertentu. Metode ini digunakan apabila jumlah data debit kurang dari 10 tahun. Dengan metode ini data yang bisa digunakan terdiri dari 2 sampai 5 data.

2. *Annual Maximum Series*

Metode *annual maximum series* ini digunakan apabila jumlah data debit melebihi 10 tahun atau minimal 10 tahun. Cara menggunakan metode ini adalah dengan memilih satu data tertinggi atau maximum setiap tahunnya. Dengan cara ini, data terbesar kedua dalam satu tahun mungkin akan lebih dari data tertinggi pada tahun yang tidak diperhitungkan.

2.1.1.2 Limpasan

Limpasan adalah air yang mengalir diatas suatu permukaan dikarenakan penuhnya suatu kapasitas infiltrasi tanah. Jika intensitas hujan yang jatuh di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) memenuhi kapasitas infiltrasinya, setelah laju infiltrasi terpenuhi, maka air akan mengisi cekungan-cekungan yang ada pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan di permukaan tanah itu penuh, lalu air akan mengalir (melimpas) di atas permukaan tanah. Limpasan permukaan (*Surface run-off*) yang merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan di atas permukaan lahan ini akan masuk ke parit-parit kemudian menjadi aliran sungai. Jika debit sungai lebih besar dari kapasitas sungai akan mengakibatkan luapan pada sisi tebing sungai yang akan menyebabkan banjir. Biasanya ini terjadi di DAS bagian hulu atau daerah pegunungan, limpasan sungai bisa masuk ke sungai dengan cepat yang membuat debit sungai meningkat. Di DAS bagian hulu ini kemiringan lahan dan kemiringan sungai besar atau di suatu DAS yang kecil kenaikan debit banjir dapat cepat terjadinya, sedangkan pada sungai-sungai besar kenaikan debit banjir akan lebih lambat untuk mencapai debit puncak. (Maryanti, 2016)

Banjir berasal dari aliran limpasan yang mengalir melewati sungai lalu menjadi genangan. Beberapa faktor yang mempengaruhi limpasan, yaitu :

1. Faktor Hujan

Faktor yang mempengaruhi limpasan yaitu :

- a. Kelebatan hujan
- b. Durasi curah hujan
- c. Intensitas curah hujan

2. Distribusi curah hujan pada DAS

Faktor DAS yang mempengaruhi limpasan yaitu :

- a. Tata guna lahan
- b. Topografi
- c. Jenis tanah
- d. Kelembaban tanah

2.1.2 Hujan

Hujan adalah air titik-titik yang jatuh ke permukaan bumi dari awan dengan melalui lapisan atmosfer sesuai dengan proses alam. Terbentuknya butiran-butiran air ini diawali dengan pembentukan awan karena adanya penggabungan uap air yang ada di atmosfer melalui proses kondensasi. Apabila butiran-butiran air ini lebih berat dari gravitasi, maka akan jatuh ke bumi berupa hujan.

Secara garis besar teori terbentuknya air hujan menurut teori kristal es dapat diterangkan dengan teori "Bergaron" yang di kemukakan oleh seorang ahli meteorologi dari Skandinavia sekitar tahun 1930. Menurut teori ini jika kondisi udara di bawah suhu 0°C , maka tekanan air yang berada di atas kristal akan lebih cepat atau lebih mudah menurun dibandingkan dengan suhu yang berada di atas air yang didinginkan antara suhu -5°C dan -25°C . Sehingga apabila kristal es dan butir-butir uap air yang didinginkan berada secara bersamaan di awan, maka titik uap air cenderung menyublim langsung di atas kristal es. selanjutnya kristal es akan terbentuk lebih besar karena adanya endapan dari uap air yang pada akhirnya akan jatuh ke permukaan bumi berbentuk butir-butir es. Terjadinya peristiwa jatuhnya butir-butir es ke permukaan bumi ini akan mengakibatkan butir-butir es akan terus tumbuh dan mengalami proses kondensasi dan bergabung dengan butir-butir es yang lain. (Maryanti, 2017)

Tipe hujan di suatu daerah ada bermacam-macam, hal ini dipengaruhi oleh kondisi meteorologi pada saat itu. Selain itu penyebab terjadinya tipe hujan juga dipengaruhi oleh kondisi topografi di suatu daerah tersebut. Macam-macam tipe hujan dapat dikategorikan sebagai berikut (Hadisusanto, 2011):

1. Hujan konvektif

Hujan kovektif adalah hujan yang disebabkan oleh terjadinya konveksi thermal dari udara yang lembab. Kondisi ini terjadi apabila udara dibawah dipanasi, yang berakibat udara akan mengembang dan dipaksa untuk naik ke atas udara dingin yang lebih berat. Sistem konveksi terdiri dari banyak sel arus udara naik dan udara turun. Jika arus naik mencapai ketinggian kondensasi, maka terbentuklah awan Comulus. Jika udara lembab sekali maka terjadi awan Comulusnimbos pada ketinggian yang tinggi kemudian ada kemungkinan terjadi hujan lebat dengan petir dan kilat.

Sifat-sifat hujan konvektif :

- a. Hujan yang terjadi lebat apalagi jika dibarengi dengan udara yang turun.
- b. Hujan ini sering terjadi pada petengahan hari menjusenja apabila hujan terjadi di daerah yang luasnya terbatas.

Hujan konvektif ini sangat sering turun lebat sehingga tidak baik untuk tanaman dibandingkan dengan hujan yang jatuhnya merata, karena hujan ini akan lebih banyak hilang di permukaan tanah atau tidak masuk meresap ke dalam tanah.

2. Hujan Orografis

Hujan orografis adalah hujan yang terjadi karena adanya rintangan topografi dan di perhebat oleh dorongan air yang berhembus dari gunung-gunung atau dataran tinggi. Curah hujan tahunan yan terjadi di dataran tinggi biasanya lebih tinggi terutama di bagian lereng-lereng tempat angin datang dibandingkan dengan dataran rendah. Lereng hujan adalah sisi gunung yang dilewati oleh banyak udara dan banyak mendapatkan hujan, sedangkan sisi yang dilewati oleh udara kering adalah bagian belakang gunung yang disebut lereng bayangan hujan. Hujan orografis ini terjadi daerah pegunungan yaang merupakan hulu daerah aliran sungai.

3. Hujan frontal

Hujan frontal adalah hujan yang sering terjadi di daerah yang sangat luas. Hujan ini sering kali terjadi di daerah pertengahan dan jarang sekali terjadi di

daerah trofis. Kenaikan udara frontal ditandai dengan lerengnya yang landau, dimana udara panas akan naik ke lerengnya diatas udara yang dingin.

Di Indonesia ada 3 macam hujan yang sering terjadi, antara lain adalah hujan orografis, hujan frontal, dan hujan zenith. Hujan zenith sering hanya terjadi di daerah katulistiwa. Hujan zenith adalah hujan yangyang memicu penguapan air ke atas langit lalu bertemu dengan udara dingin dan akhirnya menjadi hujan. Hujan zenith ini disebabkan oleh suhu panas pada garis katulistiwa.

Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam satuan waktu yang dinyatakan dalammm/jam, mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, mm/tahun dan lain sebagainya berturut-turut sehingga sering disebut hujan jam-jaman, harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan sebagainya. Jumlah hujan yang jatuh biasanya dihitung dalam kedalaman air atau biasanya mm.

Tabel 2.1 Keadaan Hujan dan Intensitas Hujan

Keadaan Hujan	Intensitas Hujan	
	1 Jam	24 Jam
Hujan sangat ringan	<1	<5
Hujan ringan	1-5	5-20
Hujan normal	5-10	20-50
Hujan lebat	10-20	50-100
Hujan sangat lebat	>20	>100

Sumber : Sosrodarsono, 1985

Menurut tabel diatas, curah hujan tidak bertambah sebanding dengan waktu. Hujan tersebut bisa berkurang ataupun berhenti. Maka, jika durasi waktu hujan lebih lama, kemungkinan penambahan curah hujan lebih kecil dibanding dengan penambahan waktu.

Durasi hujan adalah waktu yang dihitung dari awal mula hujan turun hingga hujan reda, durasi hujan biasanya dinyatakan dalam satuan waktu yaitu jam. Intensitas hujan rerata adalah perbandingan durasi hujan dan kedalaman hujan. Misalkan, hujan dalam selang waktu 2 jam menghasilkan kedalaman 20 mm, makaintensitas hujannya adalah 10 mm/jam.

Curah hujan harian adalah hujan yang turun lalu tercatat pada stasiun pengamatan curah hujan setiap hari atau selama 24 jam. Data curah hujan harian biasanya dipakai untuk simulasi kebutuhan air tanaman, simulasi operasi waduk. Curah hujan harian maksimum adalah curah hujan harian yang paling tinggi dalam tahun pengamatan pada suatu stasiun tertentu.

2.1.2.1 Pengukuran Hujan

Alat pengukur curah hujan yang dapat mengukur besarnya curah hujan tersebut terdiri dari 2 jenis, yaitu (Maryanti, 2017):

1. Alat penakar hujan manual

Cara menggunakan alat ini yaitu dengan mencari air hujan yang telah tertampung disuatu penampungan air yang volumenya diukur setiap interval waktu tertentu atau setiap turunnya hujan. Lalu akan diperoleh data curah hujan dalam satu periode tertentu. Bagian-bagian alat ini terdiri dari corong dan bejana. Alat penakar hujan yang banyak digunakan di Indonesia yaitu alat penakar hujan “Hellman” dengan tinggi pemasangannya 120 cm diatas muka tanah dan luas corongnya 200 cm². Sedangkan alat penakar hujan ini berbeda tinggi dan luas corongnya di berbagai negara.

2. Alat penakar hujan otomatis

Adalah alat yang bisa mencatat besarnya curah hujan secara otomatis. Selain bisa mendapat data besarnya curah hujan dalam waktu tertentu, alat ini juga dapat memperoleh data besarnya intensitas curah hujan dan lama waktu hujan.

2.1.2.2 Analisis Hujan Wilayah

Hujan wilayah adalah hujan yang pengukurannya terjadi di suatu wilayah tertentu. data hujan yang diperoleh dari suatu alat penakar hujan adalah data hujan yang terjai hanya pada satu wilayah saja (*point rainfall*).

Ada beberapa metode yang digunakan dalam perhitungan hujan wilayah DAS, yaitu (Lashari, 2017) :

- a. Metode Rata-Rata Aljabar

Metode ini digunakan pada daerah yang penyebaran stasiun hujannya merata atau untuk daerah datar. Perhitungan rata-rata metode aljabar ini dengan cara membagi rata jumlah hujan dengan n atau banyaknya pos penakar. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{n} \quad (2.1)$$

Dimana,

P = hujan rata-rata (mm)

P1, P2,..Pn = jumlah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm)

N = banyak pos penakar

b. Metode Poligon Thiessen

Metode ini cocok untuk daerah yang stasiun hujannya tidak merata atau daerah yang tidak datar misalkan pegunungan. Cara perhitungan hujan rata-rata metode polygon thiessen adalah sebagai berikut :

1. Menggabungkan masing-masing stasiun hujan dengan polygon.
2. Membuat garis antara stasiun hujan hingga bertemu dengan garis lainnya pada suatu polygon.
3. Garis pada polygon membatasi luas area yang mewakili masing-masing stasiun hujan. Faktor pemberat dalam menghitung hujan rata-rata yaitu luas sub-area masing-masing stasiun hujan.

Perhitungan hujan rata-rata pada suatu DAS dirumuskan :

$$P = \frac{P_1.A_1+P_2.A_2+P_3.A_3+\dots+P_n.A_n}{A_1+A_2 \ A_3\dots A_n} \quad (2.2)$$

Keterangan :

P = hujan rata-rata (mm)

P1, P2,.. Pn = jumlah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm)

A1, A2, .. An = luas sub-area yang mewakili masing-masing stasiun (km²)

c. Metode Isohyet

Untuk mengerjakan metode ini dibutuhkan keahlian dan pengalaman, karena metode ini adalah metode yang paling akurat dalam menentukan hujan rata-rata. Cara perhitungannya secara aktual pengaruh tiap-tiap pos penakar hujan.

Langkah-langkah metode Isohyet :

1. Pola data kedalaman air hujan untuk tiap pos penakar hujan pada peta.
2. Menggambar kontur kedalaman air hujan dengan menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman air yang sama. Interval isohyet yang biasa dipakai adalah 10mm.
3. Menghitung luas area antara dua garis isohyet dengan menggunakan planimeter. Mengalikan masing-masing luas areal dengan rata-rata hujan antara dua Isohyet yang berbeda.

Perhitungan hujan rata-rata pada suatu DAS dapat dirumuskan :

$$P = \frac{A_1 \frac{P_1+P_2}{2} + A_2 \frac{P_1+P_2}{2} + \dots + A_{n-1} \frac{P_{n-1}+P_n}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}} \quad (2.3)$$

Keterangan :

P = hujan rata-rata (mm)

P₁, P₂, .. P_n = jumlah hujan masing-masing stasiun yang diamati (mm)

A₁, A₂, .. A_n = luas sub-area yang mewakili masing-masing stasiun hujan (km²)

Metode Isohyet ini cocok untuk daerah berbukit yang memiliki luas lebih dari 5.00 km².

Pemilihan metode yang cocok dipakai pada suatu DAS dapat ditentukan dengan faktor-faktor berikut :

1. Jaring-jaring Pos Penakar Hujan

Penggunaan metode berdasarkan pada faktor jaring-jaring pos penakar hujan dapat dilihat di Tabel 2.2 dibawah ini

Tabel 2.2 Penggunaan Metode berdasarkan Jaring-jaring Pos Penakar Hujan.

Pos penakar hujan	Metode
Jumlah pos penakar hujan cukup	Metode Isohyet, Thiessen dan rata-rata aljabar bisa digunakan
Jumlah Terbatas pos penakar hujan terbatas	Rata-rata aljabar dan Thiessen
Pos penakar hujan tunggal	Metode hujan titik

2. Luas DAS

Penggunaan metode yang berdasarkan pada faktor luas DAS dapat dilihat pada Tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 penggunaan metode berdasarkan Luas DAS

DAS	Metode
DAS besar (> 5000 km ²)	Metode Isohyet
DAS sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metode Thiessen
DAS kecil (<500 km ²)	Metode rata-rata aljabar

3. Topografi DAS

Penggunaan metode yang berdasarkan pada faktor topografi DAS dapat dilihat pada Tabel 2.4 dibawah ini :

Tabel 2.4 Penggunaan metode berdasarkan topografi DAS

Jenis topografi DAS	Metode
Pegunungan	Metode rata-rata aljabar
Dataran	Metode Thiessen
Perbukitan	Metode Isohyet

2.1.2.3 Analisis Frekuensi Hujan Rencana

Analisis data hujan dimaksudkan untuk menentukan besarnya hujan rencana. Ada beberapa tahapan hitungan dalam analisis ini antara lain hitungan wilayah daerah aliran sungai (DAS) diikuti dengan analisis frekuensi dan intensitashujan.

Dengan menghitung parameter statistik seperti nilai rata-rata, deviasi standar, koefisien variasi, koefisien skewness dari data yang ada serta diikuti dengan uji statistik, maka distribusi probabilitas hujan yang sesuai akan dapat ditentukan.

1. Pengukuran Dispersi

a. Deviasi Standar (S)

Deviasi standar dan varian adalah disoesi yang paling banyak digunakan pada umumnya. Varian dihitung sebagai nilai

kuadrat dari deviasi standar. Apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka deviasi standar akan kecil. Begitu juga sebaliknya,

apabila nilai data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka deviasi standar akan besar.

Rumus perhitungan deviasi standar adalah sebagai berikut :

$$S = \sqrt{(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2) / (n-1)} \quad (2.4)$$

Keterangan :

S = deviasi standar

X_i = nilai variat ke i

\bar{X} = nilai rata-rata variat

N = jumlah data

b. Koefisien Skewness (Cs)

Kemencengan (Skewness) adalah suatu nilai yang menunjukkan bentuk ketidaksimetrisan dari suatu distribusi. Biasanya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan atau koefisien skewness.

Rumus perhitungan koefisien skewness adalah sebagai berikut :

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

Keterangan :

C_s = koefisien skewness

S = deviasi standar

X_i = nilai variat ke i

\bar{X} = nilai rata-rata variat

N = jumlah data

c. Koefisien Kurtosis (C_k)

Pengukuran koefisien Kurtosis adalah untuk menghitung atau mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang pada umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Rumus perhitungan koefisien kurtosis adalah sebagai berikut :

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S^4} \quad (2.6)$$

Keterangan :

- Ck = Koefisien kurtosis
 S = deviasi standar
 $\frac{X_i}{\bar{X}}$ = nilai variat ke i
 \bar{X} = nilai rata-rata variat⁴
 n = jumlah data

d. Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata.

Rumus perhitungan koefisien variasi adalah sebagai berikut :

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}} \quad (2.7)$$

Keterangan :

- Cv = koefisien variasi
 S = deviasi standar
 \bar{X} = nilai rata-rata variat

2. Penentuan Jenis Distribusi

Dalam ilmu statistik ada beberapa jenis distribusi antara lain yaitu Distribusi Normal, Gumbel, Log Normal, Los Pearson III. Karena itu diperlukan untuk meninjau jenis distribusi data hujan yang ada di daerah studi. Meninjau jenis distribusi data hujan dapat dilakuakn dengan cara analisis dengan menggunakan Tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5 Parameter Statistik unttuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Syarat Distribusi
1	Normal	$(\bar{X} + S) = 68.27\%$ $(\bar{X} \pm 2S) = 95.44\%$ $C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1.14$ $C_k = 5.4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

(Sumber: Bambang Triatmodjo, 2008)

3. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut pula distribusi Gauss.

Persamaan yang digunakan :

$$P(X) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2S^2} \quad (2.8)$$

Apabila variabel X, ditulis dalam bentuk berikut :

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S} \quad (2.9)$$

Maka persamaan diatas menjadi :

$$P(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-Z^2/2}$$

Keterangan :

P = probabilitas

X = variabel bebas

\bar{X} = nilai rata-rata

S = deviasi standar

Z = satuan standar

Sri Harto (1993) memberikan sifat-sifat distribusi normal, yaitu nilai koefisien skewness sama dengan nol ($C_s \approx 0$) dan koefisien kurtosis mendekati tiga ($C_k \approx 3$). Selain itu terdapat sifat-sifat distribusi frekuensi kumulatif berikut ini :

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

$$P(\mathbf{X}) = 50\%$$

$$P(\mathbf{X} + \mathbf{S}) = 84,14\%$$

4. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal digunakan jika nilai logaritmanya memenuhi distribusi normal, akan tetapi nilai variabel random tidak sesuai dengan distribusi normal.

Sifat-sifat distribusi Log Normal (Sri Harto,1993) :

$$\text{Koefisien Skewness} : Cs = Cv^3 + 3Cv$$

$$\text{Koefisien Kurtosis} : Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15 Cv^4 + 16 Cv^2 + 3$$

5. Distribusi Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data tertinggi atau maksimum, misalnya untuk frekuensi banjir.

Rumus Persamaan dalam Distribusi Gumbel :

$$G = \sqrt[6]{0.5772 + \ln [\ln(\frac{T}{-})]} \quad (2.11)$$

Keterangan :

G = Faktor frekuensi

T = kala ulang

Sifat-sifat Distribusi Gombel :

1. Koefisien Skewness : $Cs = 1.14$

2. Koefisien Kurtosis : $Ck = 5.4$

6. Distribusi Log Pearson III

Distribusi Log Pearson III digunakan jika parameter statistik Cs dan Ck memiliki nilai selain dari [arameter statistik untuk distribusi lain (Normal, Log Normal, dan Gumbel)]. Langkah-langkah penggunaan metode Log Pearson III :

1. Penyusunan data curah hujan tahunan rata-rata di tabel
2. Menghitung nilai logaritma dari data yang telah disusun dengan transformasi :
 $y_i = \ln X_i$ atau $y_i = \log X_i$
3. Menghitung nilai rata-rata dari $\ln X_i$, deviasi standar (S), Koefisien Skewness Cs, dan nilai logaritma y_i .
4. Menghitung nilai rencana sesuai rumus selanjutnya dengan

ketentuan:

$$X_T = \text{arc In } y \text{ atau } X_T = \text{arc log } y$$

2.2 Hujan Rencana

Menurut data nilai parameter yang ada dan telah dipilih jenis distribusi probabilitas hujan yang sesuai dengan hasil uji statistik, hujan rancangan kemudiandihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$RT = X + G.S \quad (2.12)$$

Keterangan :

RT = tinggi hujan dengan kala ulang T tahun

X = tinggi hujan rencana

G = faktor frekuensi, yaitu fungsi jenis distribusi dan kalaulang

S = deviasi standar

2.2.1 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah curah hujan per satuan waktu. Intensitas Hujan dilambangkan dengan I dan satuannya berupa mm/jam, mm/menit, mm/hari. Besarnya intensitas hujan ini sangatlah diperlukan untuk menghitung debit banjir rencana berdasarkan metode rasional (Suroso,2006).

Durasi adalah seberapa lama turunnya hujan atau kejadian hujan. Apabila Intensitas hujannya tinggi biasanya hujan akan berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak begitu luas. Sedangkan apabila durasi hujannya lama maka intensitas hujan tinggi akan sangat jarang terjadi dengan kata lain hujan akan memiliki intensitas yang rendah apabila durasinya cukup panjang dan di daerah yang luas. Kombinasi antara intensitas hujan tinggi dengan durasi yang lamaberarti sejumlah besar volume air ditumpahkan dari langit (Sudjarwadi dalam Maryanti, 2017).

Loebis (1980) mengemukakan bahwa analisis hubungan antara dua parameter hujan yang penting berupa intensitas dan durasi, dapat dihubungkan secara statistik dengan suatu frekuensi kejadian. Penyajian secara grafik hubungan antara intensitas dan durasi ini berupa kurva *Intensuty-Duration-Frequency* (IDF).

Macam-macam metode yang digunakan dalam perhitungan intensitas hujan, yaitu:

1. Rumus Talbot

Banyak yang menggunakan rumus ini karena mudah diterapkan dan tetapan-tetapan a dan b ditentukan dengan harga-harga terukur.

Rumus :

$$I = \frac{a}{b+t} \quad (2.13)$$

$$a = \frac{\sum\{I.t\} \sum\{I\}^2 - \sum\{I^2.t\} \sum\{I\}}{N \sum\{I^2\} \sum\{I\}} \quad (2.14)$$

$$b = \frac{\sum\{I\} \sum\{I.t\} - N \sum\{I^2.t\}}{N \sum\{I^2\} \sum\{I\}} \quad (2.15)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = durasi hujan (jam)

a dan b = konstanta

N = jumlah data

2. Rumus Sherman

Pada tahun 1905 Prof. Sherman mengemukakan rumus ini. Rumus ini bisa saja cocok untuk jangka waktu hujan yang durasinya minimal 2 jam.

Rumus :

$$I = \frac{a}{t^b} \quad (2.16)$$

$$\text{Log } a = \frac{\sum_{i=1}^N (\log 1) \sum_{i=1}^N (\log t)^2 - \sum_{i=1}^N (\log t \log 1) \sum_{i=1}^N (\log t)}{n \cdot \sum_{i=1}^N (\log t)^2 - \sum_{i=1}^N (\log t) \sum_{i=1}^N (\log t)} \quad (2.17)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (\log 1) \sum_{i=1}^N (\log t)^2 - n \cdot \sum_{i=1}^N (\log t \log 1)}{n \cdot \sum_{i=1}^N (\log t)^2 - \sum_{i=1}^N (\log t) \sum_{i=1}^N (\log t)} \quad (2.18)$$

Keterangan :

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

t = durasi hujan (jam)

n = konstanta

N = jumlah data

3. Rumus Ishiguro

Dr. ishiguro mengemukakan rumus ini pada tahun 1953.

Rumus :

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad (2.19)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N (i \cdot \sqrt{t}) \sum_{i=1}^N (I^2) - \sum_{i=1}^N (I^2 \cdot \sqrt{t}) \sum_{i=1}^N (I)}{n \cdot \sum_{i=1}^N (I^2) - \sum_{i=1}^N (I) \sum_{i=1}^N (I)} \quad (2.20)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (I) \sum_{i=1}^N (I \cdot \sqrt{t}) - n \cdot \sum_{i=1}^N (I^2 \cdot \sqrt{t})}{n \cdot \sum_{i=1}^N (I^2) - \sum_{i=1}^N (I) \sum_{i=1}^N (I)} \quad (2.21)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t = durasi hujan (jam) a dan

b = konstanta

N = jumlah data

4. Rumus Mononobe

Rumus ini dikemukakan oleh Mononobe (Suyono dan Takeda, 1983) untuk menurunkan kurva IDF. Dalam rumus ini data hujan yang digunakan adalah data hujan harian.

Rumus :

$$I = R_{24}/24 \times [24/t_c]^{2/3} \quad (2.22)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

t_c = waktu konsentrasi (jam)

R₂₄ = curah hujan selama 24 jam (mm)

5. Rumus SDR-IDF (Shirt Duration Rainfall Intensity DurationFrequency)

Rumus ini merupakan hasil penelitian dari MM Rashid, S.B Farque, dan J.B Alam (2012). Dalam penelitian ini data yang dipakai adalah data hujan harian yang direduksi dalam rumus $I = P_{24}(t/24)^{1/3}$ untuk memperoleh peramaan kurva IDF.

$$I = x \cdot t^y \quad (2.23)$$

X dan y merupakan konstanta atau $x = y$

Dari persamaan diatas didapatkan konstanta x dan y untuk intensitas hujan dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun. Konstanta x dan y rumus SDR-IDF dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.6 konstanta x dan y Rumus SDR-IDF

Kala Ulang	X	Y
2	1079.30	0.667
5	1381.40	0.664
10	1621.90	0.667
25	1910.0	0.667
50	2127.0	0.667

(Sumber : ARPN Journal Of Science and Technology, 2012)

Dengan menggunakan rumus persamaan Mononobe, akan menghasilkan rumus yang dapat digunakan dalam perhitungan intensitas hujan. Rumus intensitas hujan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.7 Rumus Intensitas Hujan

Jam Ke-	$I = (R_{24}/24) \times (24/T)^{2/3}$	I (mm/jam)
0.083 (5 menit)	$I = (R_{24}/24) \times (24/0.083)^{2/3}$	1.822 R ₂₄
0.167 (10 menit)	$I = (R_{24}/24) \times (24/0.167)^{2/3}$	1.143 R ₂₄
0.25 (15 menit)	$I = (R_{24}/24) \times (24/0.25)^{2/3}$	0.874 R ₂₄
0.50 (30 menit)	$I = (R_{24}/24) \times (24/0.50)^{2/3}$	0.550 R ₂₄
0.75 (45 menit)	$I = (R_{24}/24) \times (24/0.75)^{2/3}$	0.420 R ₂₄
1	$I = (R_{24}/24) \times (24/1)^{2/3}$	0.347 R ₂₄
2	$I = (R_{24}/24) \times (24/2)^{2/3}$	0.218 R ₂₄
3	$I = (R_{24}/24) \times (24/3)^{2/3}$	0.167 R ₂₄
6	$I = (R_{24}/24) \times (24/6)^{2/3}$	0.105 R ₂₄
12	$I = (R_{24}/24) \times (24/12)^{2/3}$	0.066 R ₂₄

6. Kurva Intensitas Durasi dan Frekuensi (IDF)

Kurva IDF adalah hubungan antara durasi hujan dan intensitas hujan. Kurva ini bisa digunakan untuk menghitung limpasan (run-off) dan untuk menghitung debit puncak apabila menggunakan metode rasional dengan memilih intensitas hujan yang sebanding dengan durasi atau waktu pengaliran curah hujan dari titik paling tinggi yang tertinjau di bagian hilir daerah aliran tersebut (*arrival time*). Hubungan intensitas hujan dan durasi hujan dinyatakan dengan berbentuk lengkung intensitas hujan dalam kala ulang tertentu.

7. Metode Rasional

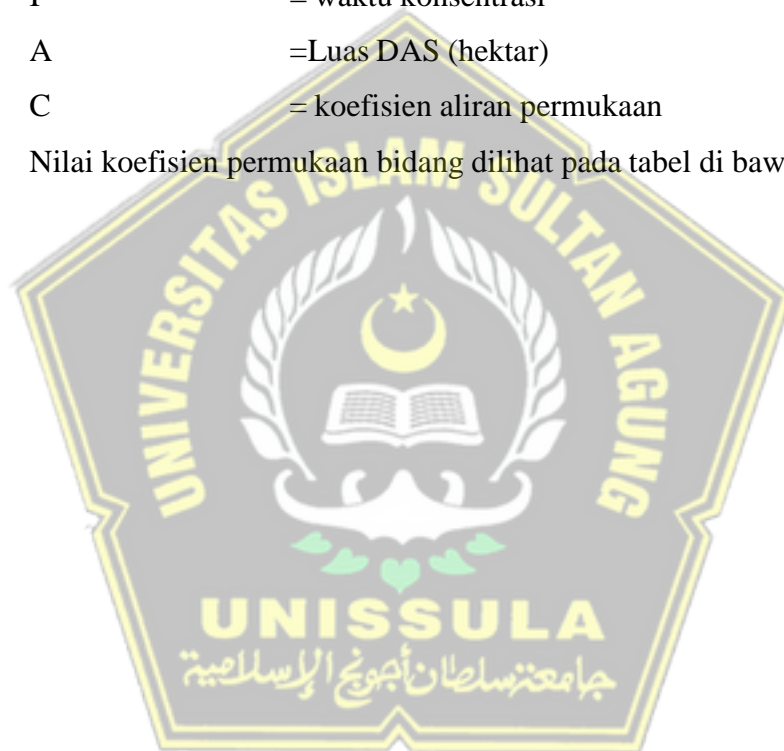
Untuk menentukan laju aliran permukaan puncak menggunakan metode rasional. Metode rasional ini digunakan untuk DAS yang berukuran kurang dari 300 hektar, sedangkan menurut PU digunakan untuk DAS yang berukuran kurang dari 5000 hektar (Lily Montarcih, 2010). Rumus metode Rasional adalah sebagai berikut :

$$Q = 0.002778 C.I.A \quad (2.24)$$

Keterangan :

- Q = intensitas hujan (mm/jam)
- I = waktu konsentrasi
- A = Luas DAS (hektar)
- C = koefisien aliran permukaan

Nilai koefisien permukaan bidang dilihat pada tabel di bawah ini.



Tabel 2.8 Koefisien Limpasan Untuk Metode Rasional

Deskripsi Lahan/Karakter Permukaan	Koefisien Aliran, C
Bussines	
Perkotaan	0,70 - 0,95
Pinggiran	0,50 - 0,70
Perumahan	
Rumah tunggal	0,30 - 0,50
Multiunit, terpisah	0,40 - 0,60
Multiunit, tergabung	0,60 - 0,75
Perkampungan	0,25 - 0,40
Apartemen	0,50 - 0,70
Industri	
Ringan	0,50 - 0,80
Berat	0,60 - 0,90
Perkerasan	
Aspal dan Beton	0,70 - 0,95
Batu bata dan paving	0,50 - 0,70
Atap	0,75 - 0,95
Halaman, tanah berpasir	
Datar 2%	0,05 - 0,10
Rata-rata 2-7%	0,10 - 0,15
Curam 7%	0,15 - 0,20
Halaman, tanah berat	
Datar 2%	0,13 - 0,17
Rata-rata 2-7%	0,18 - 0,22
Curam 7%	0,25 - 0,35
Halaman, Kereta Api	0,10 - 0,35
Taman tempat bermain	0,20 - 0,35
Taman, perkuburan	0,10 - 0,25
Hutan	
Datar 0-5%	0,10 - 0,40
Bergelombang 5-10%	0,25 - 0,50
Berbukit 10-30%	0,30 - 0,60

(Sumber : Mc Guen, 19)

Dari Tabel 2.8 terlihat bahwa nilai C digunakan untuk penggunaan lahan yang sejenis, dimana kondisi tersebut sangat jarang ditemui untuk lahan yang relative luas. Apabila DAS tersusun dari berbagai jenis penggunaan lahan dengan koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka C yang dipakai adalah koefisien DAS yang dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$C_{DAS} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2.25)$$

Keterangan :

A_i	= luas lahan dengan jenis penutup tanah i
C_i	= koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah i
N	= jumlah jenis penutup tanah

2.3 Penurunan Muka Tanah (*Land Subsidence*)

Semarang adalah salah satu kota yang mengalami penurunan muka tanah. Penurunan tanah (*Land subsidence*) adalah fenomena alam yang sering terjadi di wilayah-wilayah tertentu, yang keberadaannya di atas lapisan sedimen. Terjadinya penurunan muka tanah biasanya tidak dapat langsung disadari, awal mula disadarinya yaitu dengan adanya tanda perubahan fisik pada bangunan yang berada di atas lahan yang mengalami penurunan permukaan tanah tersebut. Penurunan muka tanah ini terjadi karena adanya beban fisik yang berada di atas bangunan tersebut yang akan berlangsung terus menerus tanpa batas waktu tertentu. Untuk mengatasi penurunan tanah dapat dilakukan dengan pemantauan yang memiliki tujuan untuk menentukan parameter penurunan muka tanah yang memiliki keterkaitan dengan waktu, antara lain berupa kecepatan dan percepatan penurunan muka tanah. (Maryanti, 2017)

Dataran Semarang bawah merupakan endapan alluvial yang memiliki tebal 40 – 45 meter dengan permeabilitas tanah yang rendah. Adanya penyedotan air bawah tanah yang berlebihan membuat tanah menjadi ambles dan proses penurunantahan masih terus berlangsung, selain itu terjadi juga proses konsolidasi alluvial. Ada beberapa studi yang menunjukkan bahwa pengambilan air bawah tanah yang berlebih akan mengakibatkan penurunan tanah di Kota Semarang. Laju penurunan tanah pada tahun 1985 sampai 2002 menurut hasil studi ITB (1995) melalui simulasi komputer yaitu berkisar antara 0,5 sampai 1,6 cm/tahun dengan sebaran 1,0 cm/tahun. (Maryanti, 2017)

Informasi tentang karakteristik penurunan tanah ini perlu diketahui dengan sebaik-baiknya dan dengan pemantauan yang berkesinambungan karena data data dan informasi tentang penurunan tanah ini akan sangat bermanfaat bagi aspek-

aspek pembangunan. Misalnya perencanaan tata ruang baik diatas ataupun dibawah permukaan tanah, perencanaan pembangunan sarana/prasarana, pelestarian lingkungan, mengendalikan air tanah, pengambilan air tanah, mengendalikan intuisi air laut dan melindungi masyarakat (linmas) dari dampak yang diakibatkan oleh penurunan tanah misalnya terjadinya banjir.(Maryanti, 2016)

2.4 Sistem Polder

Drainase sistem polder adalah suatu sistem untuk menangani drainase perkotaan dengan melakukan isolasi terhadap daerah *cathchment area* dari masuknya air yang berasal dari luar sistem baik air yang berupa limpasan (*over flow*) dan juga aliran aliran bawah permukaan tanah (gorong-gorong dan rembesan), juga mengendalikan elevasi muka air banjir didalam sistem tersebut sesuai dengan rencana (Al Falah, 2000).

Polder adalah suatu kawasan yang tertutup, yang dibatasi oleh tanggul. Batas daerah Polder tidak hanya berbentuk tanggul, tetapi bisa juga berbentuk jalan, yaitu jalan raya, jalan kereta api dan lain sebagainya. Air yang masuk ke dalam polder hanya berupa air hujan dan rembesan. Tidak ada air yang masuk ke dalam polder dari luar kawasan. Jika air sudah melebihi batas, air tersebut akan dialirkan ke luar kawasan polder. Oleh karena itu Polder memiliki Outlet Structure (struktur keluar), bisa berbentuk Pompa atau pintu air (Sawarendro, 2010).

Sistem polder dibangun di kawasan yang rawan oleh banjir dan air rob. Kawasan tersebut diberi batas keliling yang disebut batas hidrologi. Air yang berasal dari daerah lain akan ditahan dan tidak bisa masuk ke dalam polder karena ada iar yang berasal dari rembesan dan air yang berasal dari hujan yang turun di daerah tersebut. Air tersebut akan dikelola agar tidak menyebabkan banjir di daerah kawasan tersebut (Sawarendro, 2010)

Air Rob adalah banjir yang disebabkan oleh pasang-surut air laut. Pasang surut air laut disebabkan oleh gaya tarik-menarik benda tata surya, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut bumi. pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada gaya tarik matahari, meskipun massa bulan

jauh lebih kecil dibandingkan massa matahari dan juga karena jarak bulan ke bumi lebih dekat. Gaya tarik bulan yang mengakibatkan pasang surut air laut yaitu sebesar 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari (Triatmojo dalam Maryanti, 2017)

Sistem polder terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

a. Tanggul

Tanggul adalah sebuah pembatas untuk membatasi catchment area sistem polder tersebut dari masuknya air banjir dari luar ataupun air laut pasang baik diatas permukaan tanah ataupun berada dibawah permukaan tanah.

b. Kolam retensi

Kolam retensi adalah tempat penampungan air ketika debit maksimum telah datang dari banjir rob lalu kemudian mengalirkannya ketika debit banjir rob sudah normal.

c. Saluran drainase

Saluran drainase adalah sebuah saluran yang dibuat untuk mengalirkan air ke sungai tidak terjadi genangan-genangan di jalan raya dan di pemukiman penduduk.

d. Pompa

Pompa dalam sistem polder ini berfungsi untuk mengendalikan aliran air yang keluar

e. Pintu air

Pintu air ini berfungsi untuk jalan keluar masuknya air ke catchment area, selain itu juga melindungi catchment area sistem polder dari masuknya banjir dari luar catchment area tersebut.

f. Saluran kolektor

Saluran kolektor adalah saluran yang fungsinya untuk mengumpulkan air dari saluran-saluran yang lebih kecil.

Fungsi dari pintu air dan tanggul yaitu untuk melindungi daerah tangkapan (catchment area) sistem polder dari masuknya air banjir dari luar ataupun air laut pasang baik melalui permukaan tanah ataupun di bawah permukaan tanah.

Fungsi dari sistem pompa, kolam retensi, jaringan saluran drainase dan saluran kolektor adalah untuk pengendalian muka air di dalam catchment area padasaat terjadi banjir.

Fasilitas yang harus ada di dalam stasiun pompa antara lain adalah pintu air, saringan sampah, saluran/pipa outlet, bak penampungan air (berada di bawah rumah pompa), ruang untuk genset dan kontrol panel, rumah jaga dan bak penampungan sampah. Letak bangunan untuk pompa ini tidak boleh dibangun pada saluran utama, tetapi harus dibangun disampingnya agar letak pompa air dan saringan tidak menghambat aliran air di drainase utama (Al Falah, 2000).

Jika menggunakan pintu air, disarankan agar pintu air jangan sampai bocor dan mudah untuk dioperasikan. Pintu air ini akan dibuka ketika muka air yang berada di bagian hilir pintu air levasinya lebih rendah dibandingkan dengan muka air yang berada di bagian hulu. Pintu air ini akan ditutup ketika muka air di hilir lebih tinggi elevasinya dibandingkan muka air yang berada di hulu (Al Falah, 2000).

Ketika penggunaan sistem gravitasi sudah tidak memungkinkan untuk digunakan lagi, disini lah sistem polder akan di gunakan sebagai pengganti sistem gravitasi meskipun biaya investasi dan operasinya yang cukup mahal. Kondisi-kondisi yang membuat sistem polder digunakan adalah :

1. Elevasi muka tanah yang lebih rendah dibandingkan dengan elevasi muka air sungai yang merupakan outlet saluran drainase yang ada di perkotaan.
2. Sering terjadi genangan di daerah pesisir disebabkan oleh lebih tingginya elevasi muka air pasang dibandingkan dengan elevasi mukaair tanah.

Daerah yang telah terjadi penurunan tanah (land subsidence), sehingga daerah yang tadinya elevasinya lebih tinggi dari muka air laut pasang ataupun muka air banjir menjadi daerah yang patut diwaspadai terkena banjir rob.

Tujuan utama pembuatan sistem polder adalah untuk pengendalian banjir. Tetapi ada hal lain yang ingin dicapai selain pengendalian banjir. Hal-hal yang ingin dicapai dengan dibuatnya sistem polder yaitu sebagai berikut (Sawarendro, 2010) :

1. Terjaminnya sistem pengelolaan tata air berkelanjutan dengan adanya peran dan partisipasi dari masyarakat.
2. Untuk meningkatkan kualitas air dan menciptakan kualitas lingkungan yang lebih baik.
3. Menciptakan suatu daerah yang memiliki elevasi rendah yang rawan banjir menjadi daerah yang dapat dikontrol dari banjir dan genangan.

Sifat-sifat yang dimiliki Polder menurut Suripin (2004) :

1. Polder merupakan daerah yang dibatasi dengan baik, bertujuan agar air yang ada diluar kawasan tidak dapat masuk, yang ditampung di kawasan ini adalah air kawasan sendiri dan juga air hujan (kadang- kadang air rembesan).
2. Tidak seperti daerah tangkapan alamiah, didalam polder tidak ada aliran permukaan bebas, akan tetapi dilengkapi dengan bangunan pengendali pada bangunannya untuk mengendalikan aliran yang keluar. Bangunan pengendali ini berupa penguras atau pompa.
3. Air permukaan maupun air bawah permukaan yang ada di dalam polder tidak bergantung pada permukaan air di daerah sekitarnya dan dinilai berdasarkan ketinggian atau elevasi lahan, sifat-sifat tanah, iklim, dan juga tanaman.

2.4.1 Efektivitas Pompa

Efektivitas adalah pengukuran untuk keberhasilan dari tujuan-tujuan tertentu yang telah dicapai dengan usaha tertentu. Tujuan dari dibangunnya sistem polder adalah untuk mengurangi terjadinya genangan yang ada di daerah rawan banjir yang ditentukan dengan membandingkan debit masuk dan debit keluar.

Qoutflow ini didapatkan dari perencanaan pompa sedangkan Qinflow dari besarnya debit banjir dan debit rob.

2.5 Sudetan

Sudetan adalah saluran yang digunakan untuk mengalihkan sebagian atau seluruh aliran air banjir dalam rangka mengurangi debit banjir pada daerah yang dilindungi dengan mempertimbangkan alur sungai stabil. Berikut adalah pertimbangan yang dilakukan ketika akan membuat sudetan (Laksamana, 2018) :

1. *Meander* Kritis

Sebelum dilakukannya sudetan, harus melakukan analisis mengenai *meander* sungai. *Meander* adalah bentuk sungai yang berkelok-kelok yang terjadi akibat adanya pengikisan dan pengendapan. *Meander* sebuah sungai akan selalu berpindah-pindah tempat karena proses pengendapan dan penggerusan yang selalu terjadi oleh bekerjanya arus spiral di sungai tersebut. (Mulyanto, 2007).

Parameter *meander* yang kritis mempunyai hubungan proposional, namun untuk menentukan kondisi *meander* (kritis atau tidak), maka perlu dicari parameter setiap *meander* di sungai yang meliputi : R (jari-jari *meander*), B(lebar sungai). Dimana apabila $R/B < 10$ adalah dalam kondisi kritis.(Laksamana, 2018)

2. Perbaikan Arah Alur Sungai di Daerah Sudetan

Pada suatu *meander* sungai, gerusan biasanya terjadi pada tikungan luar, sehingga mengakibatkan pergerakan alur sungai tersebut ke arah tikungan luar. Untuk mengantisipasi laju gerusan pada tikungan luar tersebut, perlu adanya perencanaan tikungan/*meander* sungai yang baik.

3. Normalisasi Penampang Sudetan

Normalisasi penampang sudetan meliputi penampang melintang dan penampang memanjang alur sudetan, berikut penjelasannya :

- Penampang memanjang dasar sungai
Pada dasarnya sungai harus stabil terhadap erosi dan sedimentasi, sehingga perlu diketahui kondisi tanah do daerah sudetan untuk analisis kemiringan dasar sungai yang stabil. Biasanya pada alur sungai sudetan memiliki kemiringan yang lebih curam dibanding sungai *existing*. Maka kadang-kadang diperlukan bangunan pengatur dasar sungai berupa *groundsill*.
- Penampang Melintang Sungai
Bentuk penampang melintang sungai dapat direncanakan dengan penampang tunggal ataupun ganda yang stabil, dengan mempertimbangkan bentuk hidrolis yang baik dan dapat mengalirkan debit desain. Penampang melintang yang stabil

maksudnya tidak mudah berubah dalam waktu yang cukup lama, maka perlu adanya analisis penampang terhadap erosi dan longsoran tebing.

4. Bangunan Perkuatan/Pengatur

Bangunan perkuatan atau pengatur yang diperlukan disepanjang alur sudetan pada dasarnya untuk menstabilkan penampang melintang maupun mengatur dasar sungai (penampang memanjang). Macam-macam bangunan perkuatan sungai (Laksamana, 2018) :

a. Bangunan perkuatan tebing sungai

Bangunan perkuatan tebing sungai diperuntukkan pada tebing sungai yang tidak stabil terutama pada tikungan luar pada sungai yang berkelok, pada lereng yang labil. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari adanya lonsor di tebing sungai.

b. Bangunan perkuatan dasar sungai

Pada bagian alur sungai sudetan akan terjadi kemiringan dasar sungai lebih curam dari kemiringan dasar sungai sebelumnya. Maka perlu analisis dasar sungai stabil di daerah sudetan, berdasarkan kondisi tanah di daerah tersebut. Apabila kemiringan dasar sungai stabil (dari analisis) lebih kecil dari kemiringan dasar sungai sudetan maka diperlukan *ground sill*.

• Rumus untuk mencari Qakhir

Q_{akhir} adalah jumlah debit hasil akhir yang didapat dengan cara mengurangkan debit Kali Tenggang yang dikurangi dengan debit alir sudetan, persamaannya adalah sebagai berikut.

$$Q_{akhir} = Q_{sebelum\ adanya\ sudetan} - Q_{saluran\ sudetan} \quad (2.26)$$

Keterangan :

$$Q_{akhir} = \text{Debit hasil (m}^3/\text{dt)}$$

$$Q_{sebelum\ adanya\ sudetan} = \text{Debit Sungai Kali Tenggang sebelum adanya sudetan (m}^3/\text{dt)}$$

$$Q_{saluran\ sudetan} = \text{Debit saluran sudetan (m}^3/\text{dt)}$$

- Rumus mencari waktu konsentrasi

Rumus yang menentukan waktu konsentrasi ini adalah rumus Kirpich, persamaannya adalah sebagai berikut.

$$tc = L^{1,15} / 7700H^{0,385} \quad (2.27)$$

keterangan :

L = Panjang saluran sudetan (m)

H = Hasil pengurangan dari ketinggian hulu dan hilir sungai (m)

tc = waktu konsentrasi (jam) *review* terhadap penelitian sebelumnya

Penelitian tentang sistem polder telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, antara lain dapat dilihat pada Tabel 2.14 dibawah ini:



2.6 Review Terhadap Penelitian Sebelumnya

Penelitian tentang sistem polder dan sudetan telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, antara lain dapat dilihat pada Tabel 2.9 dibawah ini:

Tabel 2.9 Review terhadap penelitian sebelumnya

Judul	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Metode	Hasil
Kajian Kinerja Polder dengan Balance Scorecard	Mega Asiska Ninda P. (2016)	Tujuan penelitian ini untuk mengetahui keefektivitasan kinerja polder yang dapat mereduksi banjir yang berlokasi di Semarang menggunakan penilaian dari masyarakat daerah tersebut.	Metode balance scorecard, analisa deskriptif, kuantitatif dan pembobotan dengan AHP (Analytical Hierarki Proses)	Hasil presentase pembobotan didapat menggunakan metode AHP dengan urutan yaitu Polder Tanah Mas (370/500), Polder Banger (348/500), Polder Kali Semarang 9296/500) dan Polder Tawang (287/500). Didapat kemampuan Polder dalam mereduksi banjir yaitu Polder Banger sebesar 56% dan Polder Kali Semarang 59%.
Perencanaan Sistem Polder Wilayah Semarang Timur	Royna Kristian Yudi (2017)	Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan sistem Polder Wilayah	Perencanaan kolam retensi, stasiun pompa, perbaikan sungai dan tanggul	Kolam retensi 126 hektar dengan kedalaman 3,4 m, debit banjir rencana 10 tahun untuk kolam adalah 126,6 m ³ /s. Jumlah popa

		Semarang Timur dan merencanakan perbaikan sungai dan tanggul.	Perhitungan debit banjir menggunakan permodelan HEC-HMS 4.0, perbaikan sungai menggunakan model HEC-RAS 5.0.1	ada 4 buah dengan kapasitas 15 m ³ /s. Debit untuk masing-masing sungai sebesar 82,3 m ³ /s untuk sungai Tenggang dan 49,6 m ³ /s untuk Sungai Sringin. Tinggai tanggul pada elevasi +2,7 m diatas permukaan laut dan dibangun dari Banjir Kanal Timur hingga Sungai Babon sepanjang 1,73 km.
Kajian Kinerja Sistem Polder sebagai Model Pengembangan Drainase Kota Semarang Bagian Bawah dengan Balance scorecard	Hari Nugroho (2016)	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja sistem Polder di kota Semarang yang ideal dengan melakukan survey kepada masyarakat secara langsung.	Metode Balance Scorecard	Hasil dari penelitian ini menunjukkan kinerja polder di kota Semarang yang ideal berturut-turut adalah : Polder Tanah Mas (73,81/100), Polder Banger (67,21/100), Polder Kali Semarang (58,70/100) dan Polder Tawang (58,65/100).
Perencanaan Sistem Drainase Kali Tenggang Semarang	Martin Artunas Agung (2014)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk	Perencanaan kolam retensi dan redesign	Perbaikan dilakukan pada 9 section, antara lain : Majapahit,

		merencanakan pembangunana kolam retensi dan redesign penampang, mengetahui jumlah estimasi biaya perencanaan tersebut dan juga mengetahui waktu pelaksanaan proyeknya.	penampang menggunakan program HEC-RAS dengan debit banjir hasil HEC-HMS dan cross section Kali Tenggang menjadi input datanya.	Bugen, Tlogosari, Rel area, Muktiharjo, Dempellor, Terboyo, Pacar dan Tambakrejo. Estimasi biyaa yang diperlukan dalam pekerjaan redign saluran penampang dan pembangunan kolam retensi adalah Rp. 122.269.035.885,00 dengan watu pelaksaan 156 hari.
Daerah Rawan Genangan Rob di Wilayah Semarang	Aprliliawan Setiya Ramadhany (2012)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas genangan rob pada saat penelitian dan kerawanan terhadap genangan rob yang terjadi di Semarang.	Tahapan yang digunakan tahapan pengolahan parameter yang terbagi menjadi 2, antara lain parameter kerawanan dan parameter rob.	Kawasan Semarang Utara merupakan kawasan paling luas terkena dampak genangan rob, yaitu seluas 508,28 Ha. Kawasan yang terkena genangan rob terluas kedua yaitu Kecamatan Genuk dengan luas 377,68 Ha. Yang ketiga Kecamatan Tugu sebesar 257,20 Ha, dan yang terakhir Kecamatan Semarang Barat

				dengan luas sebesar 237,19 Ha. Selebihnya tersebar di Kecamatan Semarang Tengah, Semarang Selatan dan Gayamsari.
--	--	--	--	--

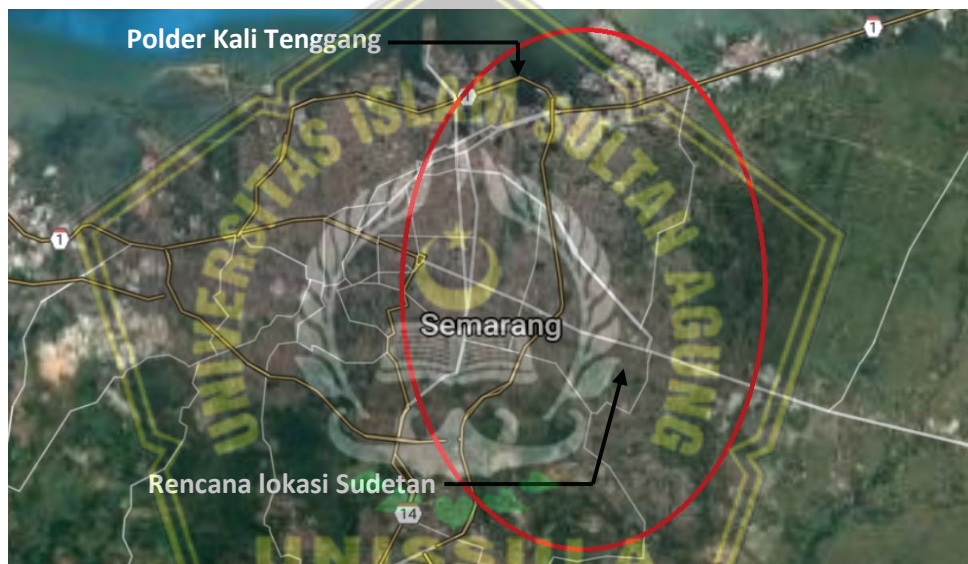
Dibandingkan dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, penelitian ini lebih mengacu pada analisis efektivitas Polder Kali Tenggang Semarang dalam penanggulangan banjir setelah dilakukannya Sudetan pada Kali Tenggang menuju aliran sungai BKT. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menghitung debit dengan data curah hujan Wilayah Semarang Timur dan juga menganalisis keadaan banjir yang terjadi sebelum dan sesudah adanya sudetan tersebut.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan untuk penelitian adalah lokasi rencana sudetan kali pada hulu Tenggang yang terletak di Jalan Gemah, Pedurungan dan Polder Kali Tenggang yang berlokasi Jalan Nasional 1, Tambak rejo, Kecamatan Gayamsari, Kota Semarang. Kali Tenggang berbatasan langsung dengan pantai di sebelah utara, Banjir Kanal Timur di sebelah barat dan selatan dan Kali Babon di sebelah timur. Daerah tangkapan Kali Tenggang yang luas termasuk daerah Kaligawe, Tlogosari, Palebon.



Gambar 3.1.Peta Lokasi Penelitian
Sumber: *Google Maps* (2021)

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian adalah rencana sistematis peneliti bisa memperoleh hasil dari tujuan penelitian. Penelitian akan dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu :

1. Melakukan survey lokasi pada rencana sudetan kali dan Polder Kali Tenggang.
2. Melakukan pengumpulan data primer dan sekunder yang mendukung sebagai dasar penyelesaian masalah.

3. Melakukan pengolahan data meliputi analisis hidrologi, perhitungan debit dan analisis efektivitas sudetan Kali Tenggang dalam mengurangi beban kapasitas dan beban kerja pompa Polder Kali Tenggang.
4. Melakukan penulisan laporan Tugas Akhir.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan proses sistematis dan berstandar yang bertujuan untuk mendapatkan data dan informasi yang dibutuhkan untuk tujuan penelitian. Metode pengumpulan data digunakan oleh peneliti berkaitan dengan variabel – variabel obyek yang sedang dikaji. Data yang diperoleh akan disusun dan diolah, Data yang diperoleh dari observasi lapangan secara langsung oleh peneliti disebut data primer, sedangkan data yang diperoleh dari suatu instansi atau lembaga dalam bentuk sudah jadi disebut data sekunder.

a. Data Primer

Data primer yang diperoleh secara langsung merupakan survey lapangan, observasi kondisi rencana lokasi sudetan kali dan kondisi eksiting sistem Polder Kali Tenggang Semarang. Data primer meliputi foto lokasi Polder Kali Tenggang Semarang dan rencana lokasi sudetan kali pada hulu Tenggang.

b. Data Sekuder

Data sekunder didapatkan dari data jadi instansi atau lembaga Sumber terkait, studi pustaka dan penelitian penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelian ini. Data pembantu dalam penelitian ini adalah:

1. Data curah hujan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir (2010 - 2020).
2. Peta lokasi dan fisik Polder Kali Tenggang.
3. Sistem dan desain Polder Kali Tenggang.
4. Data spesifikasi Polder Kali Tenggang
5. Data rencana sudetan kali Tenggang.

3.4 Metode Pengolahan Data

Hasil data yang diperoleh akan diolah berdasarkan metode yang telah dipilih. Metode pengolahan data meliputi :

1. Deskripsi rencana sudetan kali dan spesifikasi sistem Polder Kali Tenggara.
2. Pengolahan data hidrologi.

Data curah hujan dengankala ulang 10 tahun yang diperoleh dari BMKG Klas II akan diolah untuk mengetahui nilai intensitas hujan dengan kala ulang 2, 5, 10 tahun. Perhitungan intensitas hujan menggunakan beberapa metode meliputi :

- Metode Mononabe
 - Metode Talbot
 - Metode Sherman
 - Metode Ishiguro
 - Metode SDR-IDF
3. Perhitungan debit rencana.
Pendekatan hidrologi dengan menggunakan beberapa metode akan menunjukan metode yang memiliki nilai deviasi terkecil. Nilai intensitas yang didapatkan digunakan menghitung debit banjir rencana menggunakan metode rasional.
 4. Perhitungan nilai efektivitas debit sudetan dalam mengurangi beban kapasitas dan beban kerja Polder Kali Tenggara.

Nilai debit yang diperoleh digunakan untuk menyati waktu optimal sebagai perbandingan dalam menentukan kurva hidograf. Analisis efektifitas dilakukan dengan membandingkan besar debit sebelum adanya sudetan dan setelah sudetan dibangun.

3.5 Metode Analisis Data

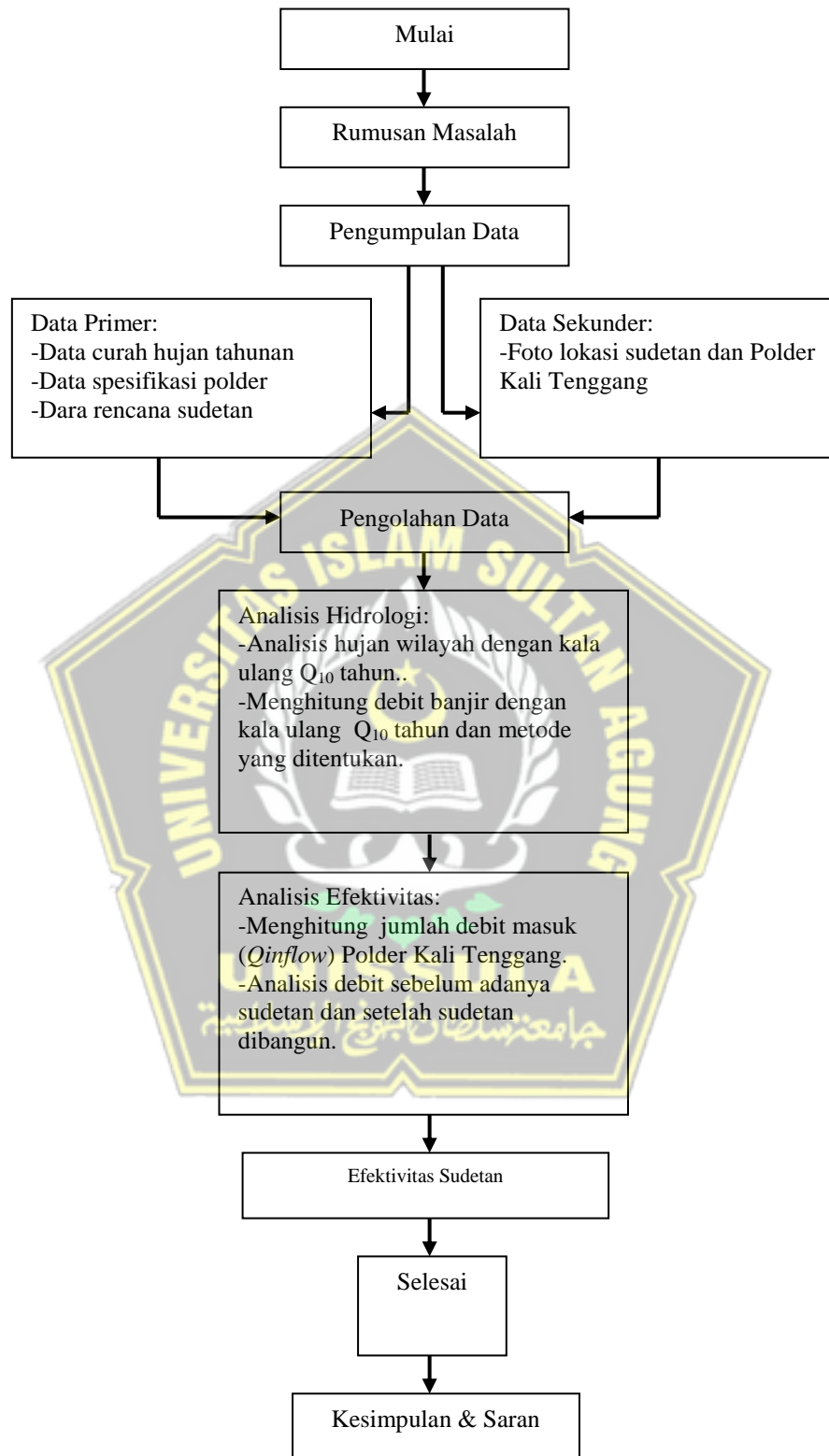
Analisis data yang akan dilakukan meliputi :

1. Analisis hidrologi.
2. Analisis debit banjir.
3. Analisis efektivitas rencana sudetan kali untuk mengurangi beban kapasitas debit banjir dan beban kerja pompa Polder Kali Tenggara.

3.6 Bagan Alir Penelitian

Data dan informasi primer dan sekunder yang telah dikumpulkan akan diolah, dianalisis dan disusun untuk mendapatkan hasil tentang penelitian analisis

efektivitas rencana Sudetan Kali Tenggara untuk mengurangi debit Polder Kali Tenggara . Bagan alir penelitian pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bagan alir penelitian

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Sudetan Kali Tenggang

Sistem drainase Kali Tenggang direncanakan untuk pengendalian banjir dan rob di Kota Semarang. Salah satu program pemerintah Kota Semarang adalah rencan sudetan pada hulu Kali Tenggang. Rencana sudetan diperkirakan mampu mengurangi jumlah kapasitas debit Kali Tenggang pada bagian hilir dan beban kerja Polder Kali Tenggang.

4.1.1 Lokasi Sudetan Kali Tenggang

Rencana lokasi sudetan hulu Kali Tenggang berada pada Jalan Gemah Raya Kecamatan Pedurungan, Kota Semarang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1

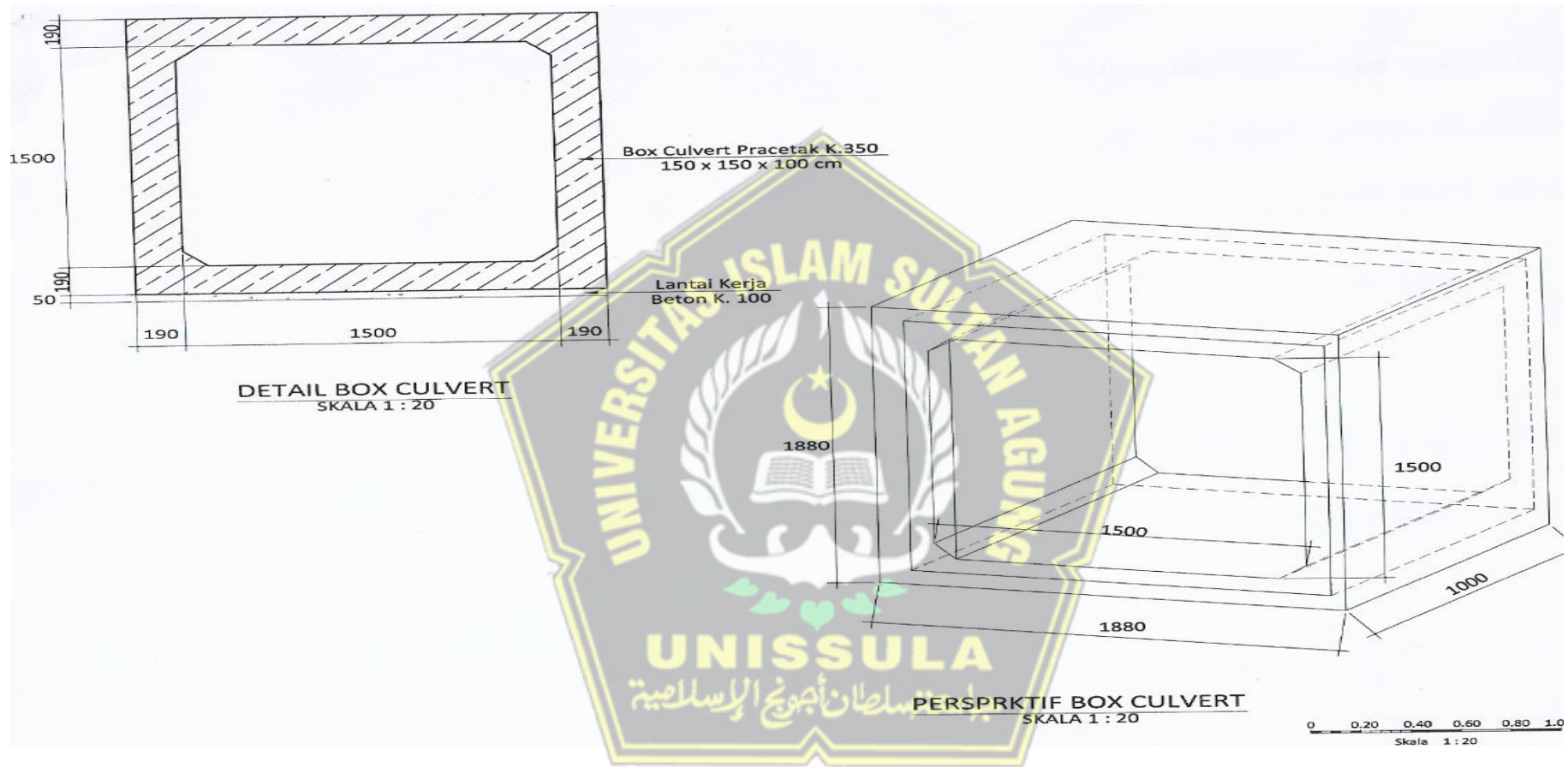


Gambar 4.1 Lokasi Sudetan Kali Tenggang

Sumber : PT. Studi Teknik, 2021

4.1.2 Perencanaan Tata Letak Saluran Sudetan Kali Tenggang

Sudetan hulu Tenggang direncanakan pada as sudetan di tengah Jalan Gemah Raya dengan konstruksi *box culvert* dengan lebar 1,5 meter dan tinggi 1,5 meter. Panjang rencana sudetan adalah 628 meter. Gambar box culvert dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Lokasi Box Culvert

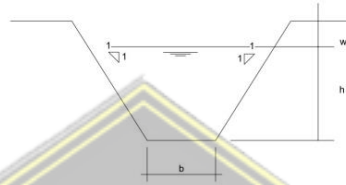
Sumber : PT. Studi Teknik, 2021

4.1.3 Perencanaan Hidrolis Saluran Sudetan

Perencanaan hidrolis saluran didasarkan pada Kriteria Perencana (KP) 03 untuk saluran dari Standart Perencanaan Direktorat Jenderal Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum Tahun 1968. Perhitungan berdasarkan input data eksiting lapangan meliputi ruas, jarak dan elevasi saluran yang selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan rencana dimensi saluran.

Perencanaan hidrolis untuk pekerjaan ini meliputi :

1. Perencanaan dimensi saluran : Drain Tenggang 1

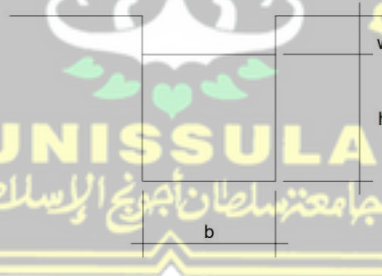


Gambar 4.3 Perencanaan Dimensi Saluran Tipe Drain Tenggang 1

Sumber : PT. Studi Teknik, 2021

Desain Drain Tenggang I direncanakan mampu menampung debit (Q) = 7,782 m³/dt dengan kecepatan aliran (v) = 1,180 m³/dt, lebar dasar saluran (b) = 3,30 m, kedalaman air (h) = 1,45 m.

2. Perencanaan dimensi saluran : Drain Sudetan (Box Culvert)

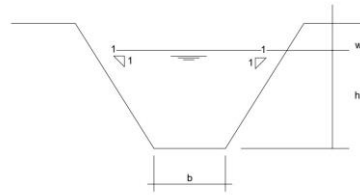


Gambar 4.4 Perencanaan dimensi saluran Tipe Drain (Box Culvert)

Sumber : PT. Studi Teknik, 2021

Desain Drain sudetan direncanakan mampu menampung debit (Q) = 2,70 m³/dt dengan kecepatan aliran (v) = 1,241 m³/dt, lebar dasar saluran (b) = 1,50 m, kedalaman air (h) = 1,45 m

3. Perencanaan dimensi saluran : Drain Tenggang 1B



Gambar 4.5 Perencanaan Dimensi Saluran Tipe Drain Tenggang 1B

Sumber : PT. Studi Teknik, 2021

Desain Drain Tenggang 1B direncanakan mampu menampung debit (Q) = 4,58 m^3/dt dengan kecepatan aliran (v) = 1,040 m^3/dt , lebar dasar saluran (b) = 1,15 m, kedalaman air (h) = 3,6 m.

4.2 Spesifikasi Sistem Kerja Polder Kali Tenggang

Sistem Polder Kali Tenggang yang terletak di Semarang Timur adalah salah satu contoh drainase sistem polder tipe empat dengan kolam retensi yang tidak berada satu tempat dengan stasiun pompa. Stasiun Pompa berada di Jalan Nasional 1, Tambak rejo, Kecamatan Gayamsari. Sedangkan kolam retensi berada di Muktiharjo dan di saluran alam. Sistem Polder Kali Tenggang ini memiliki *catchment area* ±1.348,82 hektar. Sistem Polder Kali Tenggang ini dikelola oleh pemerintah melalui Balai Besar Wilayah Sungai Pamali Juwana (BBWS Pamali Juwana).

Komponen-komponen Polder Kali Tenggang terdiri dari :

1. Stasiun Pompa

Stasiun pompa yang berada di Polder Kali Tenggang terdiri dari 6 unit dengan kapasitas daya @12 lt/dt disetiap pompanya dengan mendapatkan sumber energi dari 1 genset berbahan bakar solar, dan dilengkapi dengan 2 unit pintu air dengan lebar @1,5 m, saringan sampah, tangki solar yang memiliki kapasitas 2000 lt, dan juga rumah jaga. Rumah pompa Kali Tenggang memiliki 1 saringan pompa manual (biasa).

2. Kolam Retensi

Kolam retensi dari Polder Kali Tenggang berada di Muktiharjo dan di saluran alam. Kolam retensi yang berada di Muktiharjo ini berfungsi untuk tempat penampungan air ketika terjadi banjir. Kolam retensi yang berada di

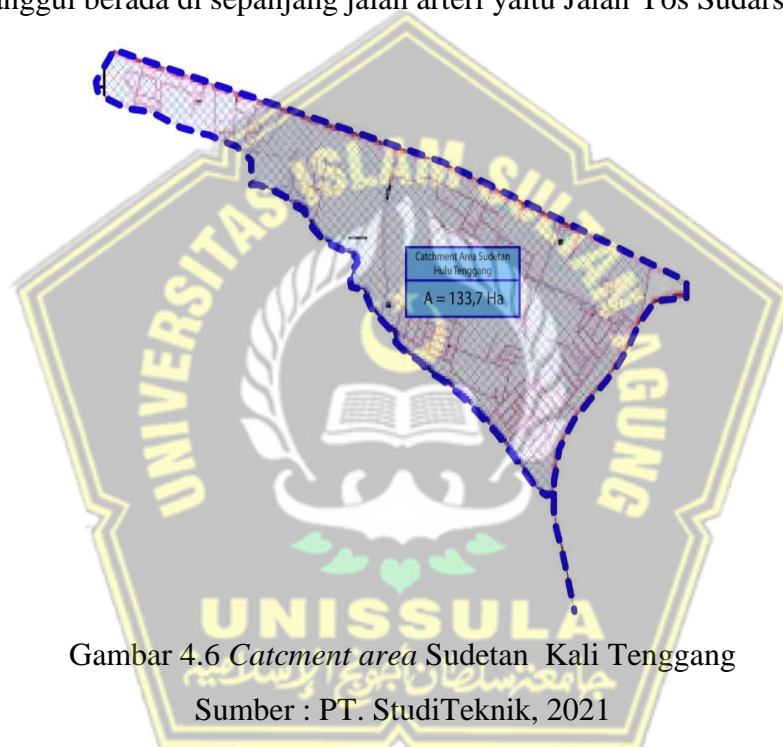
Muktiharjo memiliki luas area $\pm 1348,82$ hektar dengan luas kolam retensi sebesar 3% dari luas area dan kapasitas long Storage Kali Tenggang yaitu sebesar 44,472 hektar yang memiliki kedalaman 2 m dengan volume kolam 889.492 m^3 .

3. Saluran Primer

Saluran Primer dari Polder Kali Tenggang terdiri dari saluran-saluran yang berada di sepanjang Semarang Timur, yaitu saluran Pedurungan, saluran Tlogosari, dan saluran Sendang Indah.

4. Tanggul

Tanggul berada di sepanjang jalan arteri yaitu Jalan Yos Sudarso.



Gambar 4.6 *Catchment area* Sudetan Kali Tenggang
Sumber : PT. StudiTeknik, 2021

4.3 Perhitungan Debit Banjir Polder Kali Tenggang

Analisis debit yang masuk dalam sistem Polder Kali Tenggang dimulai dengan analisis hujan wilayah dan besarnya intensitas hujan dengan kala ulang 2, 5, 10 tahun.

4.3.1 Analisis Hujan Wilayah

Data hujan yang digunakan dalam analisis ini adalah data hujan selama 10 tahun terakhir dari tahun 2011-2020. Data curah hujan rata-rata ini didapatkan dari BMKG Maritim Klas II Semarang. Data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Data Hujan Tahunan Rata-rata Kota Semarang

Tahun	Hujan Wilayah (mm)
2011	148,1
2012	173,8
2013	203,6
2014	199,4
2015	129,4
2016	183,4
2017	175,5
2018	159,5
2019	137,4
2020	186,2

(Sumber : BMKG Meteorologi Maritim Klas II Semarang)

4.3.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi didasarkan pada karakteristik statistik kejadian pada masa lalu untuk mendapatkan probabilitas curah hujan yang akan datang, dan mengasumsikan bahwa karakteristik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan karakteristik statistik kejadian hujan di masa lalu. Oleh karena itu, perhitungan analisis frekuensi dengan menggunakan data curah hujan wilayah pada data curah hujan maksimum harian sehingga diperoleh nilai waktu kembali yang lebih aman dalam analisis perencanaan banjir.

4.3.3 Analisis Statistik

Faktanya adalah tidak semua nilai variabel hidrologi sama dengan nilai rata-rata, tetapi mungkin adanilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-rata. Besarnya nilai dispersi dapat diselesaikan dengan mengukur dispersi, yaitu dengan perhitungan parameter statistik $(x_i - \bar{X})$, $(x_i - \bar{X})^2$, $(x_i - \bar{X})^3$, $(x_i - \bar{X})^4$ dahulu. Pengukuran dispersi ini digunakan untuk analisis distribusi normal dan distribusi Gumbel.

Contoh perhitungan statistik tahun 2011 sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{\sum R24 \max}{n} = \frac{1696,3}{10} = 169,63 \text{ mm} \quad (4.1)$$

$$(x_i - \bar{X}) = 148,1 - 169,63 = -21,53 \text{ mm} \quad (4.2)$$

$$(x_i - \bar{X})^2 = (-21,53)^2 = 463,541 \text{ mm} \quad (4.3)$$

$$(x_i - \bar{X})^3 = (-21,53)^3 = -9980,036 \text{ mm} \quad (4.5)$$

$$(x_i - \bar{X})^4 = (-21,53)^4 = 214870,166 \text{ mm} \quad (4.6)$$

Perhitungan dispersi curah hujan dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Perhitungan Dispersi Curah Hujan

Perhitungan Dispersi Hujan						
No	Tahun	xi (mm)	(xi-X)	(xi-X) ²	(xi-X) ³	(xi-X) ⁴
1	2011	148,1	-21,53	463,541	-9980	214870
2	2012	173,8	4,17	17,389	72,5117	302,374
3	2013	203,6	33,97	1153,961	39200,1	1331626
4	2014	199,4	29,77	886,253	26383,7	785444
5	2015	129,4	-40,23	1618,453	-65110	2619390
6	2016	183,4	13,77	189,613	2610,97	35953,1
7	2017	175,5	5,87	34,457	202,262	1187,28
8	2018	159,5	-10,13	102,617	-1039,5	10530,2
9	2019	137,4	-32,23	1038,773	-33480	1079049
10	2020	186,2	16,57	274,565	4549,54	75385,9
Jumlah		1696,3		5779,621	-36590	6153738

Dengan digunakannya tabel disperse hujan, maka diperoleh parameter statistik panjang data 10 ahun terakhir adalah sebagai berikut :

1. Harga rata - rata (X_{rt})

$$X_{rt} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (4.7)$$

$$X_{rt} = \frac{1969,3}{10}$$

$$X_{rt} = 166,93$$

2. Standar Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}} \quad (4.8)$$

$$S = \sqrt{\frac{(5779,621)}{9}}$$

$$S = 25,34$$

3. Koefisien *Skewness* (C_s)

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - X)^3 \quad (4.9)$$

$$a = \frac{10}{(9)(8)} \times (-36950)$$

$$a = -5,131,94$$

$$C_s = \frac{a}{S^3}$$

$$C_s = \frac{-5131,94}{(25,34)^3}$$

$$C_s = -0,312$$

4. Koefisien *Kurtosis* (C_k)

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - X)^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (4.10)$$

$$Ck = \frac{10^2 \times 6153738}{(9) \times (8) \times (7) \times 25,34^4}$$

$$Ck = 2,961$$

5. Koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}} \tag{4.11}$$

$$Cv = \frac{25,34}{166,93}$$

$$Cv = 0,419$$

Untuk pengukuran besarnya dispersi logaritma dilakukan melalui perhitungan parametrik untuk $(y_i - \bar{y})$, $(y_i - \bar{y})^2$, $(y_i - \bar{y})^3$, $(y_i - \bar{y})^4$, terlebih dahulu. Pengukuran dispersi ini digunakan untuk analisa distribusi Log Normal dan Log Pearson III. Perhitungan parametrik statistik dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Perhitungan Dispersi Curah Hujan dalam Logaritma

Dispersi hujan dalam nilai Logaritma							
No	Tahun	Rmax	Yi	(yi-y)	(yi-y) ²	(yi-y) ³	(yi-y) ⁴
1	2011	148,1	2,171	-0,0544	0,00296	-0,0002	0,000009
2	2012	173,8	2,240	0,0151	0,00023	0,0000	0,000000
3	2013	203,6	2,309	0,0838	0,00703	0,0006	0,000049
4	2014	199,4	2,300	0,0748	0,00559	0,0004	0,000031
5	2015	129,4	2,112	-0,1130	0,01277	-0,0014	0,000163
6	2016	183,4	2,263	0,0385	0,00148	0,0001	0,000002
7	2017	175,5	2,244	0,0193	0,00037	0,0000	0,000000
8	2018	159,5	2,203	-0,0222	0,00049	0,0000	0,000000
9	2019	137,4	2,138	-0,0870	0,00756	-0,0007	0,000057
10	2020	186,2	2,270	0,0450	0,00203	0,0001	0,000004
Jumlah		1696,3	22,249446	0,0000	0,04051	-0,0011	0,000316

Dengan digunakannya Tabel 4.3 maka diperoleh parameter statistik panjang data 10 ahun terakhir adalah sebagai berikut :

1. Harga rata - rata (y)

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \tag{4.12}$$

$$y = \frac{22,249}{10}$$

$$y = 2,225$$

2. Standar Deviasi (S)

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \tag{4.13}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{(0,04051)}{9}}$$

$$S_y = 0,067$$

3. Koefisien *Skewness* (Cs)

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - y)^3 \quad (4.14)$$

$$a = \frac{10}{(9)(8)} \times (-0,0011)$$

$$a = -0,0001527$$

$$Cs = \frac{a}{s^3}$$

$$Cs = \frac{-0,0001527}{(0,067)^3}$$

$$Cs = -0,507$$

4. Koefisien *Kurtosis* (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (y_i - y)^4}{(n-1)x(n-2)x(n-3)s^4} \quad (4.15)$$

$$Ck = \frac{10^2 \times 0,000316}{(9)x(8)x(7)0,067^4}$$

$$Ck = 3,111$$

5. Koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{s}{y} \quad (4.16)$$

$$Cv = \frac{0,067}{2,225}$$

$$Cv = 0,0301$$

Setelah dilakukannya pengukuran dispersi, berikutnya menentukan jenis sebaran yang mendekati (tepat) untuk perhitungan curah hujan rencana dengan menggunakan syarat-syarat tertentu. Dibawah ini merupakan syarat-syarat yang digunakan untuk menentukan jenis sebaran yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut

Tabel 4.4 Syarat dan Batas tertentu distribusi

Syarat dan Batas tertentu distribusi			
Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	Keterangan
Normal	Cs = 0 Ck = 3	CS =0.312 Ck =2.961	Tidak memenuhi
Log Normal	Cs = (Ln x) = Cv ³ + 3Cv= 0.24	Cs = 0.507	Tidak memenuhi
	Ck=Cv ⁸ +6Cv ⁶ +15Cv ⁴ +16Cv ² +3 = 3.10	Ck = 3.111	
Pearson Type III	Cs < 0	Cs = 0.312	Tidak memenuhi
	Ck = 1.5 Cs ² +3 = 3.21	Ck = 2.961	
Log Pearson Type III	Jika semua syarat tidak terpenuhi	Cs = 0.507 Ck = 3.111	Memenuhi
Gumbel	Cs = 1.14	Cs = 0.312	Tudak Memenuhi
	Ck = 5.4	Ck = 2.961	

Dari perhitungan yang telah dihitung dengan syarat-syarat yang ada pada Tabel 4.4, maka dipilih distribusi Log Pearson III.

4.3.4 Perhitungan dengan Distribusi Log Pearson III

Analisis data hujan maksimum dengan periode ulang tertentudengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$y_T = y + K_T S_T \quad (4.17)$$

keterangan :

y_T = Nilai logaritmikdari x dengan periode ulang T

y = nilai rata-rata dari y_i

S_y = deviasi standar y_i

K_T = faktor frekuensi

Perhitungan analisis statistik Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Analisis Distribusi metode Log Pearson III

Analisis Distribusi Log Pearson Type III						
No	Periode Ulang (Tahun)	Y	Sy	KT	YT	XT
1	2	2,225	0,067	-0,0507	2,222	165,96
2	5	2,225	0,067	0,84793	2,282	191,32
3	10	2,225	0,067	1,34059	2,315	206,43

Tabel 4.6 Nilai K_T untuk distribusi Log Pearson III

Koef, G	Interval kejadian (<i>Recurrence interval</i>), tahun (periode ulang)							
	1, 0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui (<i>Percent chance of being exceeded</i>)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,922	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Nilai K dapat dihitung di tiap kala ulang dengan menggunakan Tabel 4.6. contoh perhitungan nilai K adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 K_2 &= 0,066 + \left(\frac{128-0,2}{0,2} \right) x(0,099-0,066) \\
 &= -0,0507
 \end{aligned}$$

Hasil dari interpolasi nilai K disetiap kala ulang dapat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Curah Hujan Rencana

Curah Hujan Rencana		
No	Periode Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rencana (mm)
1	2	165,96
2	5	191,32
3	10	206,43

4.3.5 Intensitas Hujan Rencana

Memperhitungkan intensitas hujan dengankala ulang dan durasi tertentu harus diketahui terlebih dahulu intensitas hujan jam-jamannya.

4.3.6 Intensitas Hujan Jam-Jaman

Analisa intensitas hujan jam-jaman dihitung dengan menggunakan rumus yang metode Manonabe, untuk perhitungan intensitas hujan jam-jaman dapat dilihat pada Tabel 4.8 s/d 4.10 berikut.

Tabel 4.8 Intensitas Hujan Jam-jaman Kala Ulang 2 Tahun

Intensitas Hujan Jam-jaman Kala Ulang 2 Tahun		
Jam Ke-	I rumus	I (mm/jam)
0,083 (5 menit)	$1,822 \times 165,96$	302,379
0.167 (10 menit)	$1,143 \times 165,96$	189,692
0.25 (15 menit)	$0,874 \times 165,96$	145,049
0.50 (30 menit)	$0,55 \times 165,96$	91,278
0,75 (45 menit)	$0,42 \times 165,96$	69,703
1	$0,347 \times 165,96$	57,588
2	$0,218 \times 165,96$	36,179
3	$0,167 \times 165,96$	27,715
6	$0,105 \times 165,96$	17,426
12	$0,066 \times 165,96$	10,953

Tabel 4.9 Intensitas Hujan Jam-jaman Kala Ulang 5 Tahun.

Intensitas Hujan Jam-jaman Kala Ulang 5 Tahun		
Jam Ke-	I rumus	I (mm/jam)
0,083 (5 menit)	$1,822 \times 191,32$	348,58504
0.167 (10 menit)	$1,143 \times 191,32$	218,67876
0.25 (15 menit)	$0,874 \times 191,32$	167,21368
0.50 (30 menit)	$0,55 \times 191,32$	105,226
0,75 (45 menit)	$0,42 \times 191,32$	80,3544
1	$0,347 \times 191,32$	66,38804
2	$0,218 \times 191,32$	41,70776
3	$0,167 \times 191,32$	31,95044
6	$0,105 \times 191,32$	20,0886
12	$0,066 \times 191,32$	12,62712

Tabel 4.10 Intensitas Hujan Jam-jaman Kala Ulang 10 Tahun

Intensitas Hujan Jam-jaman Kala Ulang 10 Tahun		
Jam Ke-	I rumus	I (mm/jam)
0,083 (5 menit)	$1,822 \times 206,43$	376,11546
0.167 (10 menit)	$1,143 \times 206,43$	235,94949
0.25 (15 menit)	$0,874 \times 206,43$	180,41982
0.50 (30 menit)	$0,55 \times 206,43$	113,5365
0,75 (45 menit)	$0,42 \times 206,43$	86,7006
1	$0,347 \times 206,43$	71,63121
2	$0,218 \times 206,43$	45,00174
3	$0,167 \times 206,43$	34,47381
6	$0,105 \times 206,43$	21,67515
12	$0,066 \times 206,43$	13,62438

hasil perhitungan intensitas hujan rencana dengan menggunakan persamaan Mononobe diatas dapat dilihat pada Tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4.11 Hujan Rencana dengan persamaan Mononobe

Hujan Rencana dengan Persamaan Mononobe										
T	5	10	15	30	45	60	120	180	360	720
2	302,379	189,692	145,049	91,278	69,703	57,588	36,179	27,715	17,426	10,953
5	348,585	218,679	167,214	105,23	80,3544	66,38804	41,708	31,9504	20,0886	12,62712
10	376,115	235,949	180,42	113,54	86,7006	71,63121	45,002	34,4738	21,6752	13,62438

4.3.7 Kurva Intensity Duration Frequency

Intensitas curah hujan ditentukan berdasarkan sejumlah besar data curah hujan dan lamanya curah hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe. Kemudian dengan menggunakan metode Talbot, Sherman, Ishiguro, dan SDR-IDF untuk menghitung intensitas curah hujan sehingga dapat ditentukan intensitas curah hujan yang paling sesuai untuk wilayah Semarang Timur. Dengan standar deviasi yang terkecil lalu akan digunakan untuk menggambar Kurva IDF.

4.3.8 Pola Intensitas Hujan Metode Talbot

Pola intensitas curah hujan metode Talbot dihitung menggunakan rumus Talbot sehingga nilai a dan b dapat dihitung berdasarkan pada Tabel 4.11. Penjabaran perhitungan intensitas hujan metode Talbot dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan hasil dari nilai a dan b intensitas hujan metode Talbot kala ulang 2, 5, 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.12 Perhitungan metode Talbot kala ulang 2 tahun

No	Waktu (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam)	\sqrt{t}	I/\sqrt{t}	I^2	$I^2\sqrt{t}$
1	5	302.379	2.23606798	676.14027	91433.132	204450.699
2	10	189.692	3.16227766	599.85966	35983.161	113788.746
3	15	145.049	3.87298335	561.77252	21039.224	81484.5642
4	30	91.278	5.47722558	499.9502	8331.673	45634.454
5	45	69.703	6.70820393	467.58328	4858.536	32592.0509
6	60	57.588	7.74596669	446.07566	3316.392	25688.6586
7	120	36.179	10.9544512	396.32416	1308.940	14338.7226
8	180	27.715	13.4164079	371.84004	768.139	10305.6656
9	360	17.426	18.973666	330.63131	303.659	5761.51505
10	720	10.953	26.8328157	293.90949	119.976	3219.29646
Jumlah		947.964		4644.0866	167462.832	537264.373

1. Nilai a dalam perhitungan metode Talbot kala ulang 2 tahun

$$a = \frac{\sum[I.t]\Sigma[I^2] - \Sigma[I^2.t]\Sigma[I]}{N\Sigma[I^2] - \Sigma[I]\Sigma[I]} \quad (4.18)$$

$$a = \frac{(38404,803 \times 167462,832) - (167462,832 \times 947,964)}{(10 \times 167462,832) - (947,964 \times 947,964)}$$

$$a = 5488,978$$

2. Nilai B dalam perhitungan Metode Talbot kala ulang 2 tahun

$$b = \frac{\Sigma[I]\Sigma[I.\sqrt{t}] - N\Sigma[I^2.t]}{N\Sigma[I^2] - \Sigma[I]\Sigma[I]} \quad (4.19)$$

$$b = \frac{(947,946 \times 38404,803) - 10 \times (2291191,149)}{(10 \times 167462,832) - (947,964 \times 947,964)}$$

$$b = 17,389$$

Tabel 4.13 Nilai Tetapan Intensitas Hujan Metode Talbot kala ulang 2, 5, 10 Tahun.

Kala Ulang (Tahun)	a	b
2	5488,978	17,389
5	6327,737	17,389
10	6827,487	17,389

Dengan demikian diketahui bahwa persamaan pola hujan metode Talbot adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{a}{b+t} \quad (4.20)$$

$$I_2 = \frac{5488,978}{t+17,389} \quad (4.21)$$

$$I_5 = \frac{6327,737}{t+17,389} \quad (4.22)$$

$$I_{10} = \frac{6827,487}{t+17,389} \quad (4.23)$$

Berdasarkan persamaan metode Talbot dapat dihitung intensitas hujan untuk kala ulang 2, 5, 10 tahun dengan metode Talbot. Nilai perhitungan hujan dapat dilihat di Tabel 4.13 sampai 4.15 berikut.

Tabel 4.14 Intensitas Hujan Kala Ulang 2 Tahun Metode Talbot

No.	t	$I_{2\text{manonabe}}$	I_2	\bar{a}
1	5	302,379	245,154	-57,225
2	10	189,692	200,402	10,709
3	15	145,049	169,466	24,417
4	30	91,278	115,826	24,548
5	45	69,703	87,979	18,275
6	60	57,588	70,926	13,338
7	120	36,179	39,952	3,773
8	180	27,715	27,808	0,092
9	360	17,426	14,545	-2,881
10	720	10,953	7,444	-3,510
$\Sigma \bar{a} $				31,537

Tabel 4.15 Intensitas Hujan Kala Ulang 5 Tahun Metode Talbot

No.	T	$I_{5\text{ manonabe}}$	I_5	\bar{a}
1	5	348,585	282,616	-65,969
2	10	218,679	231,025	12,346
3	15	167,214	195,362	28,148
4	30	105,226	133,525	28,299
5	45	80,354	101,422	21,068
6	60	66,388	81,764	15,376
7	120	41,708	46,057	4,349
8	180	31,950	32,057	0,107
9	360	20,089	16,767	-3,321
10	720	12,627	8,581	-4,046
$\Sigma \bar{a} $				36,356

Tabel 4.16 Intensitas Hujan Kala Ulang 10 Tahun Metode Talbot

No.	T	$I_{10\text{ manonabe}}$	I_{10}	\bar{a}
1	5	376,115	304,936	-71,179
2	10	235,949	249,270	13,321
3	15	180,420	210,791	30,371
4	30	113,537	144,071	30,534
5	45	86,701	109,433	22,732
6	60	71,631	88,222	16,591
7	120	45,002	49,694	4,693
8	180	34,474	34,589	0,115
9	360	21,675	18,091	-3,584
10	720	13,624	9,259	-4,365
$\Sigma \bar{a} $				39,228

Keterangan :

t = waktu (menit)

$I_{2\text{ manonabe}}$ = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 2 tahun (mm / jam)

I_5 manonabe = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 5 tahun
(mm / jam)

I_{10} manonabe = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 10 tahun
(mm / jam)

I_2 = Intensitas metode Talbot kala ulang 2 tahun (mm / jam)

I_5 = Intensitas metode Talbot kala ulang 5 tahun (mm / jam)

I_{10} = Intensitas metode Talbot kala ulang 10 tahun (mm / jam)

$\bar{\alpha}$ = nilai deviasi

4.3.9 Pola Intensitas Hujan Metode Sherman

Pola intensitas curah hujan metode Sherman dihitung dengan menggunakan rumus intensitas Sherman untuk menghitung nilai a dan b. Penjabaran perhitungan intensitas hujan metode Sherman dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan hasil perhitungan nilai a dan b metode Sherman kala ulang 2, 5, 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut.

Tabel 4.17 Perhitungan Intensitas Hujan Kala Ulang 2 Tahun Metode Sherman

No.	Waktu	Tebal Hujan (mm)	Log I	Log t	Log t ²	Log t x Log I
1	5	302.379	2.481	0.699	0.489	1.73383
2	10	189.692	2.278	1.000	1.000	2.27805
3	15	145.049	2.162	1.176	1.383	2.54214
4	30	91.278	1.960	1.477	2.182	2.8957
5	45	69.703	1.843	1.653	2.733	3.04729
6	60	57.588	1.760	1.778	3.162	3.13014
7	120	36.179	1.558	2.079	4.323	3.24031
8	180	27.715	1.443	2.255	5.086	3.25372
9	360	17.426	1.241	2.556	6.535	3.17288
10	720	10.953	1.040	2.857	8.164	2.97029
Jumlah			17.766	17.532	35.057	28.2643

1. Nilai a dalam perhitungan metode Sherman kala ulang 2 tahun

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (\log I) \sum_{i=1}^n (\log t^2) - \sum_{i=1}^n (\log t \log I) \sum_{i=1}^n (\log t)}{n \cdot \sum_{i=1}^n (\log t^2) - \sum_{i=1}^n (\log t) \sum_{i=1}^n (\log t)} \quad (4.24)$$

$$a = \frac{(17,776 \times 35,057) - (28,2643 \times 17,532)}{(10 \times 35,057) - (17,532 \times 17,532)}$$

$$a = 883,142$$

2. Nilai B dalam perhitungan metode Sherman kala ulang 2 tahun

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (\log I) \sum_{i=1}^n (\log t) - n \cdot \sum_{i=1}^n (\log t \log I)}{n \cdot \sum_{i=1}^n (\log t^2) - \sum_{i=1}^n (\log t) \sum_{i=1}^n (\log t)} \quad (4.25)$$

$$b = \frac{(17,766 \times 17,532) - (10 \times 28,2643)}{(10 \times 35,057) - (17,532 \times 17,532)}$$

$$b = 0,667$$

Tabel 4.18 Nilai Tetapan a dan b Metode Sherman

Kala Ulang (Tahun)	a	b
2	883,142	0,667
5	1018,02	0,667
10	1098,49	0,667

Dengan demikian dapat diketahui persamaan pola hujan metode Sherman adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{t^b} \quad (4.26)$$

$$I_2 = 883,142/t^{0,667} \quad (4.27)$$

$$I_5 = 1018,12/t^{0,667} \quad (4.28)$$

$$I_{10} = 1098,49/t^{0,667}$$

Berdasarkan persamaan (4.26) sampai (4.28) dapat dihitung intensitas hujan untuk kala ulang 2, 5, 10 tahun dengan menggunakan metode Sherman. Intensitas hujan Kala Ulang 2, 5, 10 Tahun dapat dilihat pada Tabel 4.17 sampai 4.19 berikut.

Tabel 4.19 Pola Intensitas metode Sherman kala Ulang 2 Tahun

No.	t	I_2 manonabe	I_2	$\bar{\alpha}$
1	5	302,379	301,848	-0,531
2	10	189,692	190,103	0,411
3	15	145,049	145,054	0,005
4	30	91,278	91,354	0,076
5	45	69,703	69,706	0,003
6	60	57,588	57,535	-0,053
7	120	36,179	36,235	0,056
8	180	27,715	27,648	-0,067
9	360	17,426	17,413	-0,013
10	720	10,953	10,967	0,014
$\Sigma a $				-0,101

Tabel 4.20 PoLa Intensitas metode Sherman kala Ulang 5 Tahun

No.	t	I	I_5	$\bar{\alpha}$
1	5	348,585	347,948	-0,637
2	10	218,678	219,136	0,458
3	15	167,213	167,206	-0,007
4	30	105,226	105,306	0,080
5	45	80,354	80,351	-0,003
6	60	66,338	66,321	-0,017
7	120	41,708	41,769	0,061
8	180	31,95	31,871	-0,079
9	360	20,088	20,072	-0,016
10	720	12,627	12,641	0,014
$\Sigma a $				-0,146

Tabel 4.21 Pola Intensitas metode Sherman kala Ulang 10 Tahun

No.	t	I	I ₁₀	$\bar{\alpha}$	
1	5	376,115	375,453	-0,662	
2	10	235,94949	236,460	0,510	
3	15	180,41982	180,425	0,006	
4	30	113,5365	113,632	0,095	
5	45	86,7006	86,704	0,004	
6	60	71,6312	71,565	-0,066	
7	120	45,0017	45,072	0,070	
8	180	34,47438	34,391	-0,083	
9	360	21,6752	21,659	-0,016	
10	720	13,6244	13,641	0,017	
				$\Sigma a $	-0,126

Keterangan :

t = waktu (menit)

I_{2 manonabe} = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 2 tahun (mm / jam)

I_{5 manonabe} = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 5tahun (mm / jam)

I_{10 manonabe} = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 10 tahun (mm / jam)

I₂ = Intensitas metode Sherman kala ulang 2 tahun (mm / jam)

I₅ = Intensitas metode Sherman kala ulang 5 tahun (mm / jam)

I₁₀ = Intensitas metode Sherman kala ulang 10 tahun (mm / jam)

$\bar{\alpha}$ = nilai deviasi

4.3.10 Pola Intensitas Hujan Metode Ishiguro

Pola intensitas hujan dengan menggunakan metode Sherman dihitung menggunakan rumus metode Ishiguro, Penjabaran perhitungan intensitas hujan metode Ishiguro dilihat pada Tabel 4.19, sehingga nilai a dan b dihitung berdasarkan pada Tabel 4.11. pada Tabel 4.19 dapat dilihat hasil nilai konstanta a dan b intensitas curah hujan metode Ishiguro.

Tabel 4.22 Perhitungan metode Ishiguro kala ulang 2 tahun

No	Waktu tc (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam)	\sqrt{t}	I/\sqrt{t}	I^2	$I^2\sqrt{t}$
1	5	302.379	2.23606798	676.14027	91433.132	204450.699
2	10	189.692	3.16227766	599.85966	35983.161	113788.746
3	15	145.049	3.87298335	561.77252	21039.224	81484.5642
4	30	91.278	5.47722558	499.9502	8331.673	45634.454
5	45	69.703	6.70820393	467.58328	4858.536	32592.0509
6	60	57.588	7.74596669	446.07566	3316.392	25688.6586
7	120	36.179	10.9544512	396.32416	1308.940	14338.7226
8	180	27.715	13.4164079	371.84004	768.139	10305.6656
9	360	17.426	18.973666	330.63131	303.659	5761.51505
10	720	10.953	26.8328157	293.90949	119.976	3219.29646
Jumlah		947.964		4644.0866	167462.832	537264.373

1. Nilai a dalam perhitungan metode Ishiguro kala ulang 2 tahun

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (i \cdot \sqrt{t}) \sum_{i=1}^n (I^2) - \sum_{i=1}^n (I^2 \cdot \sqrt{t}) \sum_{i=1}^n (I)}{n \cdot \sum_{i=1}^n (I^2) - \sum_{i=1}^n (I) \sum_{i=1}^n (I)} \quad (4.29)$$

$$a = \frac{(4644,0866 \times 167462,832) - (537264,373 \times 947,964)}{(10 \times 167462,832) - (947,964 \times 947,964)}$$

$$a = 345,8854$$

2. Nilai B dalam perhitungan metode Ishiguro kala ulang 2 tahun

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N (I) \sum_{i=1}^N (I\sqrt{t}) - n \cdot \sum_{i=1}^N (I^2 \cdot \sqrt{t})}{n \cdot \sum_{i=1}^N (I^2) - \sum_{i=1}^N (I) \sum_{i=1}^N (I)} \quad (4.30)$$

$$b = \frac{(947,964 \times 537264,373) - (10 \times 537264,373)}{(10 \times 167462,832) - (947,964 \times 947,964)}$$

$$b = -1.25$$

Tabel 4.23 Tetapan a dan b Metode Ishiguro

Kala Ulang (Tahun)	a	b
2	345,885	-1,25
5	398,739	-1,25
10	430,230	-1,25

Dengan demikian dapat diketahui bahwa persamaan pola hujan metode Ishiguro adalah sebagai berikut.

$$I = \frac{a}{\sqrt{t} + b} \quad (4.31)$$

$$I_2 = \frac{345,885}{\sqrt{t} - (-1,25)} \quad (4.32)$$

$$I_5 = \frac{398,379}{\sqrt{t} - (-1,25)} \quad (4.33)$$

$$I_2 = \frac{430,230}{\sqrt{t}-1,25} \quad (4.34)$$

Menurut persamaan (4.31) sampai (4.34) maka intensitas hujan untuk kala ulang 2, 5, 10 tahun sampai dapat dihitung dengan metode Ishiguro. Intensitas hujan kala ulang 2, 5, 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.20 sampai 4.22 dibawah ini.

Tabel 4.24 Pola Intensitas Hujan Metode Ishiguro Kala Ulang 2 Tahun

No.	t	$I_{2 \text{ Mononobe}}$	I_2	$\bar{\alpha}$
1	5	302,379	350,877	48,498
2	10	189,692	180,904	-8,788
3	15	145,049	131,882	-13,167
4	30	91,278	81,829	-9,449
5	45	69,703	63,373	-6,330
6	60	57,588	53,249	-4,340
7	120	36,179	35,643	-0,536
8	180	27,715	28,430	0,715
9	360	17,426	19,516	2,090
10	720	10,953	13,520	2,567
$\Sigma \bar{\alpha} $				11,259

Tabel 4.25 Pola Intensitas Hujan Metode Ishiguro Kala Ulang 5 Tahun

No.	t	$I_{5 \text{ mononobe}}$	I_5	$\bar{\alpha}$
1	5	348,585	404,493	55,908
2	10	218,679	208,547	-10,131
3	15	167,214	152,035	-15,179
4	30	105,226	94,333	-10,893
5	45	80,354	73,057	-7,297
6	60	66,388	61,385	-5,003
7	120	41,708	41,090	-0,618
8	180	31,950	32,775	0,824
9	360	20,089	22,498	2,409
10	720	12,627	15,586	2,959
$\Sigma \bar{\alpha} $				12,980

Tabel 4.26 Pola Intensitas Hujan Metode Ishiguro Kala Ulang 10 Tahun

No.	t	$I_{10 \text{ Mononobe}}$	I_{10}	$\bar{\alpha}$
1	5	376,115	436,439	60,324
2	10	235,949	225,018	-10,931
3	15	180,420	164,042	-16,378
4	30	113,537	101,783	-11,753
5	45	86,701	78,827	-7,874
6	60	71,631	66,233	-5,398
7	120	45,002	44,335	-0,667
8	180	34,474	35,363	0,889
9	360	21,675	24,275	2,600
10	720	13,624	16,817	3,193
$\Sigma \bar{\alpha} $				14,005

Keterangan :

t = waktu (menit)

$I_{2 \text{ mononobe}}$ = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 2 tahun (mm / jam)

$I_{5 \text{ Mononobe}}$ = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 5 tahun (mm / jam)

$I_{10 \text{ Mononobe}}$ = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 10 tahun (mm / jam)

I_2 = Intensitas metode Ishiguro kala ulang 2 tahun (mm / jam)

I_5 = Intensitas metode Ishiguro kala ulang 5 tahun (mm / jam)

I_{10} = Intensitas metode Ishiguro kala ulang 10 tahun (mm / jam)

$\bar{\alpha}$ = nilai deviasi

4.3.11 Pola Intensitas Hujan Metode SDR-IDF

Pola Intensitas hujan dengan menggunakan metode SDR-IDF dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.22) dengan konstantanya yang berupa x dan y pada Tabel 2.7, maka didapatkan persamaan pola hujan metode SDR-IDF sebagai berikut:

$$I_2 = 1079,30 \ x t^{-(0,667)} \quad (4.35)$$

$$I_5 = 1381,4 \ x t^{-(0,664)} \quad (4.36)$$

$$I_{10} = 1621,9 \ x t^{-(0,664)} \quad (4.37)$$

Menurut persamaan (4.11) sampai (4.13) intensitas hujan dapat dihitung untuk kala ulang 2 sampai 10 tahun dengan menggunakan metode SDR-IDF. Intensitas hujan kala ulang 2 sampai 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.23 sampai 4.25 berikut.

Tabel 4.27 Pola Intensitas Hujan Metode SDR IDF Kala Ulang 2 Tahun

No.	T	I_2 Mononobe	I_2	$\bar{\alpha}$
1	5	302,379	368,917	66,538
2	10	189,692	232,350	42,658
3	15	145,049	177,292	32,243
4	30	91,278	111,661	20,383
5	45	69,703	85,202	15,499
6	60	57,588	70,326	12,738
7	120	36,179	44,292	8,113
8	180	27,715	33,797	6,082
9	360	17,426	21,286	3,860
10	720	10,953	13,406	2,453
$\Sigma I \bar{\alpha}$				210,567

Tabel 4.28 Pola Intensitas Hujan Metode SDR IDF Kala Ulang 5 Tahun

No.	T	I_5 Mononobe	I_5	$\bar{\alpha}$
1	5	348,585	474,464	125,879
2	10	218,678	299,447	80,769
3	15	167,213	228,768	61,555
4	30	105,226	144,381	39,155
5	45	80,354	110,303	29,949
6	60	66,338	91,123	24,785
7	120	41,708	57,510	15,802
8	180	31,95	43,936	11,986
9	360	20,088	27,729	7,641
10	720	12,627	17,501	4,874
$\Sigma I \bar{\alpha}$				402,394

Tabel 4.29 Pola Intensitas Hujan Metode SDR IDF Kala Ulang 10 Tahun

No.	T	I_{10} Mononobe	I_{10}	$\bar{\alpha}$
1	5	376,115	557,068	180,953
2	10	235,94949	351,580	115,630
3	15	180,41982	268,596	88,176
4	30	113,5365	169,518	55,981
5	45	86,7006	129,506	42,806
6	60	71,6312	106,987	35,356
7	120	45,0017	67,522	22,521
8	180	34,47438	51,585	17,111
9	360	21,6752	32,557	10,881
10	720	13,6244	20,547	6,923
$\Sigma I \bar{\alpha}$				576,338

Keterangan :

t = waktu (menit)

$I_{2 \text{ mononobe}}$ = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 2 tahun (mm / jam)

$I_{5 \text{ Mononobe}}$ = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 5 tahun (mm / jam)

$I_{10 \text{ Mononobe}}$ = Intensitas hujan jam – jaman metode manonabe kala ulang 10 tahun (mm / jam)

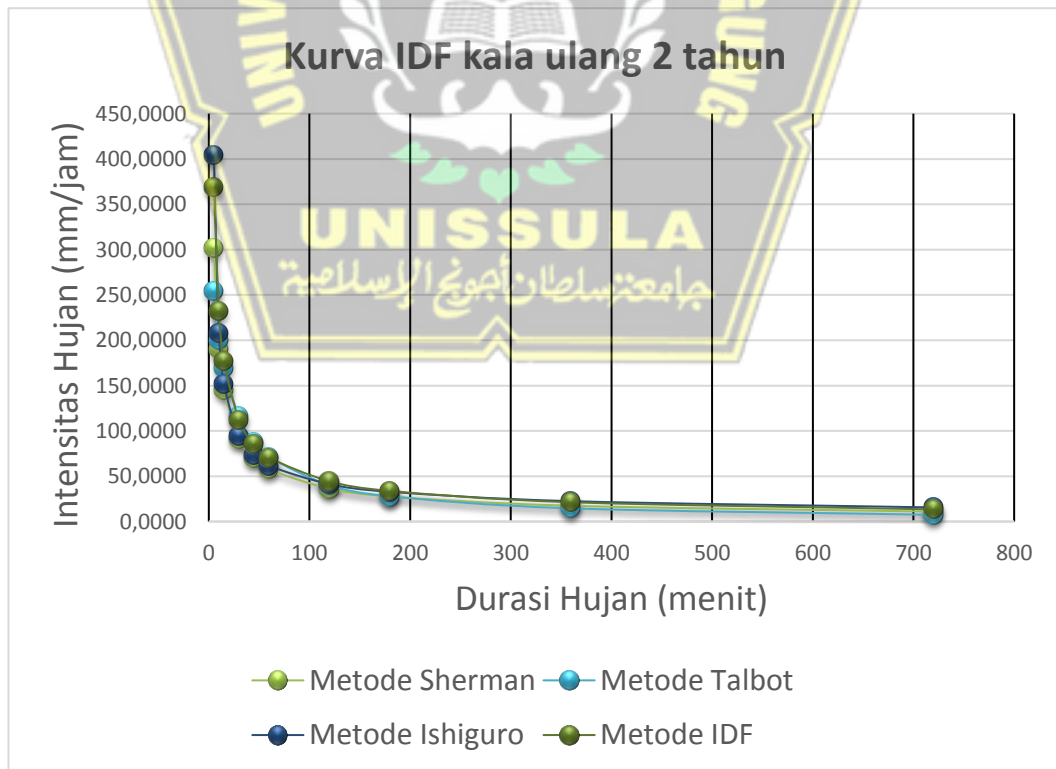
I_2 = Intensitas metode SDR -IDF kala ulang 2 tahun (mm / jam)

I_5 = Intensitas metode SDR-IDF kala ulang 5 tahun (mm / jam)

I_{10} = Intensitas metode SDR-IDF kala ulang 10 tahun (mm / jam)

$\bar{\alpha}$ = nilai deviasi

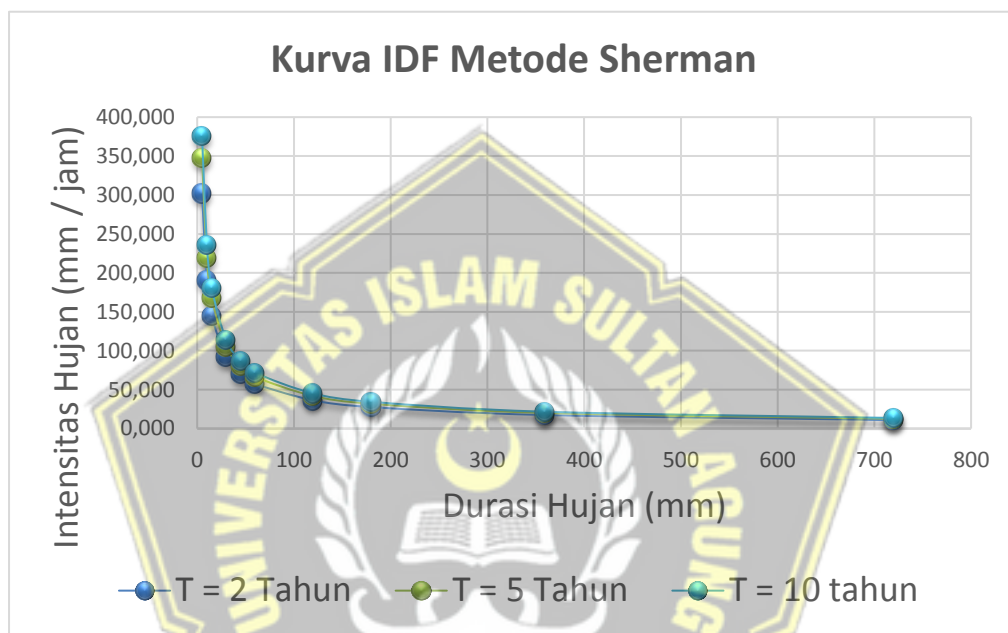
Kurva IDF yang dibuat menggunakan beberapa metode untuk kala ulang 2 tahun menunjukkan bahwa intensitas hujan dimulai dari intensitas tinggi kemudian semakin lama semakin menurun. Kurva IDF dari beberapa metode untuk kala ulang 2 tahun dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.7 Kurva IDF kala ulang 2 Tahun

Hasil perhitungan melalui berbagai metode pada tabel 4.12 sampai dengan 4.25 dapat diketahui nilai deviasi yang paling kecil adalah perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Sherman, sehingga dapat disimpulkan bahwa mencari intensitas yakni $I = \frac{a}{t^b}$ memberikan hasil yang optimum.

Kurva IDF yang didapatkan dari perhitungan intensitas dengan metode Sherman dengan kala ulang 2, 5, 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.8 Kurva Sherman kala ulang 2, 5, 10 Tahun

4.3.12 Intensitas Hujan

Perhitungan intensitas hujan untuk menghitung debit rencana menggunakan metode Sherman, menurut keterangan dari BMKG Maritim Klas II Kota Semarang memiliki asumsi hujan selama 4 jam, oleh karena itu durasi yang digunakan sebagai konstanta waktu adalah 4 jam. Contoh perhitungan intensitas hujan dengan kala ulang 2 tahun sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{t^b} \tag{4.38}$$

$$I_2 = \frac{883,124}{240^{0,667}}$$

$$I_2 = 22,826 \text{ mm / jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan dengan berbagai kala ulang terdapat pada table 4.30

Tabel 4.30 Tabel intensitas hujan berbagai kala ulang

T	A	b	I (mm / jam)
2	883.124	0.667	22.826
5	1018.02	0.667	26.312
10	1098.49	0.667	28.392

4.3.13 Debit Banjir Rencana dengan Metode Rasional

Metode rasional digunakan untuk menghitung debit banjir rencana. Berdasarkan tabel 2.9 tentang koefisien aliran dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diperoleh koefisien aliran sebesar 0,75 dengan luas catchment area sebesar ±133,7 ha. Contoh perhitungan debit banjir rencana dengan kala ulang 2 tahun sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_2 \text{ tahun} &= 0,002778 \text{ C.I.A} && (4.39) \\
 &= 0,002778 \times 0,75 \times 22,826 \times 133,7 \\
 &= 6,359 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.31 Debit rencana berbagai kala ulang

No.	Kala ulang (tahun)	C	I (mm / jam)	Luas(ha)	Debit (m ³ /detik)
1	2	0.75	22.826	133,7	6,359
2	5	0.75	26.312	133,7	7,330
3	10	0.75	28.392	133,7	7,909

4.4 Analisis Debit Banjir Sebelum Adanya Sudetan dan Sesudah Sudetan Kali Tenggang

Saluran sudetan ini dibangun untuk mengurangi beban kapasitas debit Kali Tenggang dan sekaligus mengurangi beban kerja Pompa Tenggang Hilir dan juga untuk mengurangi genangan yang ada di daerah Tlogosari dan Palebon. Menurut Laporan akhir DED saluran sudetan Hulu Tenggang Tahun 2020, saluran sudetan dapat menampung debit sebesar 2,7 m³/dt – 3,5 m³/dt. Debit akhir minimum

saluran sudetan adalah sebesar $2,7 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka perhitungan debit akhir minimum yang didapat adalah sebagai berikut :

$$Q_{\min} = Q_{\text{sebelum adanya sudetan}} - Q_{\text{saluran sudetan}} \quad (4.40)$$

$$Q_{2 \min} = 6,359 - 2,7$$

$$= 3,659 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{5 \min} = 7,330 - 2,7$$

$$= 4,630 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{10 \min} = 7,909 - 2,7$$

$$= 5,209 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Selain debit akhir minimum ada juga debit akhir maksimum, yaitu sudetan dapat menampung debit sebesar $3,5 \text{ m}^3/\text{dt}$. Perhitungan debit akhir maksimum adalah sebagai berikut :

$$Q_{2 \max} = 6,359 - 3,5$$

$$= 2,859 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{5 \max} = 7,330 - 3,5$$

$$= 3,83 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{10 \max} = 7,909 - 3,5$$

$$= 4,409 \text{ m}^3/\text{dt}$$

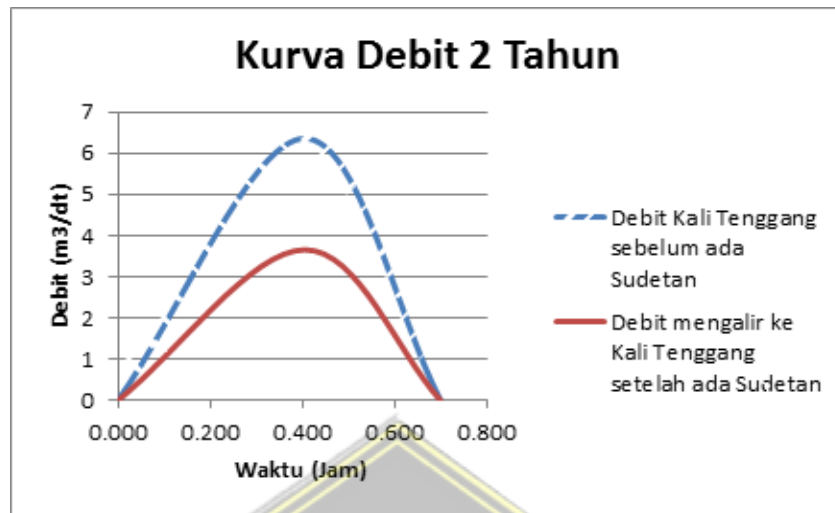
Rumus empiris yang biasa dipakai untuk menentukan prediksi waktu konsentrasi adalah rumus Kirpich, dengan persamaan sebagai berikut :

$$tc = L^{1,15} / 7700 H^{0,385} \quad (4.41)$$

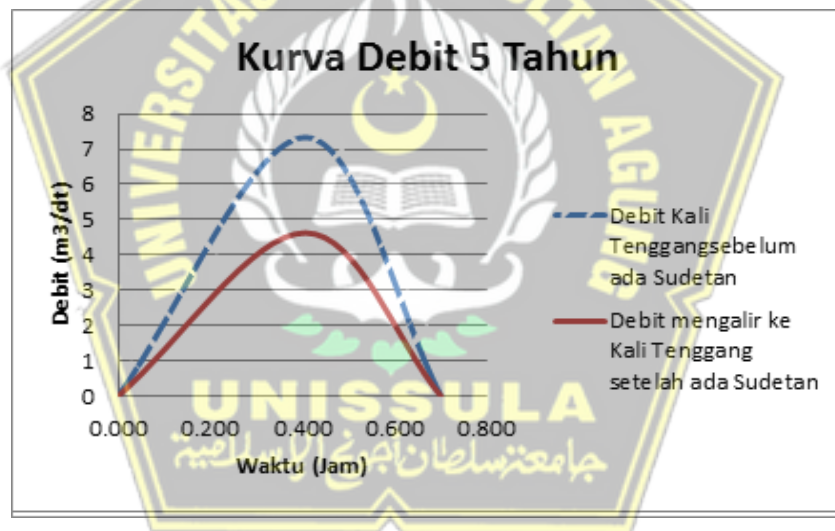
$$tc = 628^{1,15} / 7700 \cdot 5,25^{0,385}$$

$$= 0,406 \text{ jam}$$

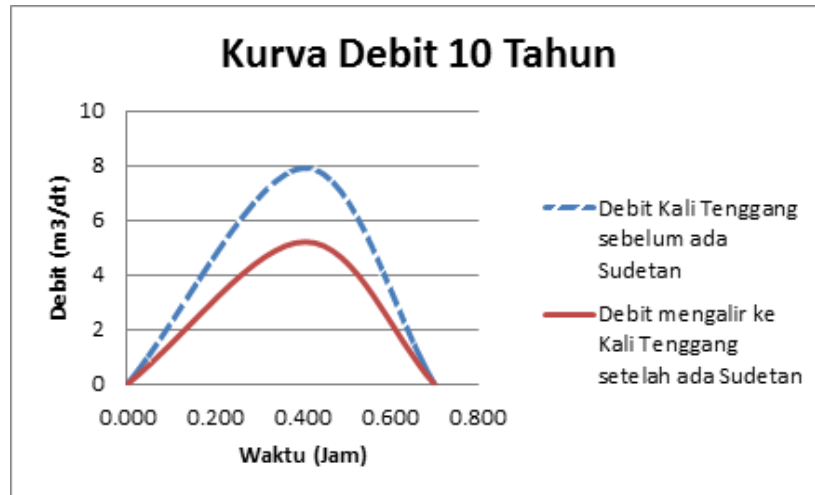
Setelah didapatkannya Q_{akhir} dan t_c , maka kurva debit minimum dapat dilihat pada gambar 4.9, gambar 4.10 dan gambar 4.11.



Gambar 4.9 Kurva debit Kali Tenggang 2 Tahun dan debit akhir



Gambar 4.10 Kurva debit Kali Tenggang 5 Tahun dan debit akhir



Gambar 4.11 Kurva debit Kali Tenggang 10 Tahun dan debit akhir

Dari kurva pada gambar 4.9, 4.10 dan 4.11 dapat disimpulkan bahwa Sudetan dapat mengurangi beban kapasitas dan juga beban kerja pompa polder Kali Tenggang, yang berarti sudetan dapat mengurangi genangan yang terjadi di daerah Tlogosari dan Palebon. Debit Kali Tenggang kala ulang 2 tahun sebesar 6,359 m³/dt berkurang menjadi 3,659 m³/dt, kala ulang 5 Tahun sebesar 7,330 m³/dt berkurang menjadi 4,630 m³/dt dan kala ulang 10 Tahun sebesar 7,909 m³/dt berkurang menjadi 5,209 m³/dt karena sudetan memiliki debit alir 2,7 m³/dt.

4.5 Volume air yang mengalir di sungai Tenggang dan volume air yang bisa dialirkan ke sudetan dalam waktu satu hari serta tingkat penurunan beban kerja pompa.

4.5.1 Volume air yang mengalir pada Kali Tenggang dalam waktu satu hari

Setelah diketahuinya debit minimum dan maksimum, dihitung juga volume air yang mengalir di sungai Tenggang per satu hari dalam fungsi waktu untuk 2 tahun. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V &= Q \times t && (4.42) \\
 &= 6,359 \text{ m}^3/\text{dt} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 22.892,4 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 549.417,6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi volume air yang mengalir di sungai Tenggang dalam satu hari dalam fungsi waktu 2 tahun adalah 549.417,6 m³

4.5.2 Volume air yang dialirkan ke sudetan dalam waktu satu hari

Volume air yang dialirkan ke sudetan dan akhirnya menuju Banjir Kanal Timur

Telah diketahui bahwa sudetan dapat menampung Debit sebesar 2,7 – 3,5 m³/dt. Debit minimum sudetan adalah 2,7 m³/dt dan debit maksimum adalah 3,5 m³/dt, maka perhitungan volume air yang bisa dialirkan ke sudetan adalah sebagai berikut :

- Volume minimum dalam 1 hari

$$\begin{aligned}V &= Q \times t \\&= 2,7 \text{ m}^3/\text{dt} \times 24 \text{ jam} \\&= 9.720 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam} \\&= 233.280 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Volume maksimum dalam 1 hari

$$\begin{aligned}V &= Q \times t \\&= 3,5 \text{ m}^3/\text{dt} \times 24 \text{ jam} \\&= 12.600 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam} \\&= 302.400 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4.5.3 Tingkat penurunan beban kerja pompa

Sebelum sudetan dibangun arah air akan ditujukan langsung ke Polder, namun dengan adanya rencana sudetan dapat mengurangi beban kerja pompa Polder Kali Tenggang, perhitungan penurunan beban kerja pompa adalah sebagai berikut:

- Debit pada DAS Tenggang

$$\begin{aligned}Q &= 0,002778 \text{ C.I.A} \\&= 0,00278 \cdot 0,75 \cdot 22,826 \cdot 1134,82 \\&= 54,089 \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$

- Penurunan beban kerja pompa

$$\begin{aligned}\text{Presentase penurunan beban kerja pompa} &= \frac{Q_{\text{sesudah sudetan}}}{Q_{\text{DAS Tenggara}}} \times 100 \% \\ &= \frac{3,659}{54,089} \times 100 \% \\ &= 6,76 \%\end{aligned}$$

Volume air yang mengalir di Sungai Tenggara dalam 1 hari sebesar 549.417,6 m³ dan volume minimum dan maksimum yang bisa dialirkan ke sudetan sebesar 233.280 m³ liter dan 302.400 m³. Beban debit yang semula akan mengalir menuju Polder Kali Tenggara setelah adanya sudetan debit yang semula hanya ditanggung oleh Kali Tenggara akan berbelok melalui sudetan, sehingga nilai debit yang diterima polder akan lebih kecil dan beban kinerja pompa. Sudetan pada hulu Tenggara dapat mengurangi beban pompa sebesar 6,29 %.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Sudetan pada Hulu Tenggang merupakan salah satu planning awal Pemerintah Kota Semarang sebagai upaya pengendalian banjir dan rob pada sistem Tenggang. Sudetan Hulu Tenggang dibangun pada Jalan Gemah Raya dengan konstruksi *Box Culvert* sepanjang 628 meter dengan kapasitas debit $2,7 \text{ m}^3/\text{dt} - 3,5 \text{ m}^3/\text{dt}$.
2. Sistem Polder Kali Tenggang terletak di Semarang Timur memiliki *catchment area* $\pm 1348,82$ hektar dengan menggunakan sistem drainase tipe 4, yaitu kolam retensi tidak berada di satu tempat dengan sistem pompa. Stasiun pompa terletak di Jalan Nasional, Tambak Rejo, Kecamatan Gayamsari, terdiri dari 6 unit dengan kapasitas daya @12 lt/dt disetiap pompanya. Kolam retensi berada di Muktiharjo memiliki luas kolam retensi 3% dari luas area dan kapasitas long storage Kali Tenggang yaitu sebesar 44,472 hektar yang memiliki kedalaman 2 m dengan volume kolam 889.492 m^3 dan kolam retensi lainnya berada di saluran alam. Saluran primer berada di sepanjang Semarang Timur, yaitu saluran Pedurungan, saluran Tlogosari, dan saluran Sendang Indah. Taanggul berada di sepanjang Jalan arteri yaitu Jalan Yos Sudarso.
3. Nilai debit banjir rencana yang masuk ke sudetan Kali Tenggang dengan kala ulang 2, 5, 10 tahun adalah $Q_{2\text{tahun}} = 6,359 \text{ m}^3/\text{dt}$, $Q_{5\text{tahun}} = 7,330 \text{ m}^3/\text{dt}$, dan $Q_{10\text{tahun}} = 7,909 \text{ m}^3/\text{dt}$.
4. Berdasarkan hasil analisis jumlah debit kala ulang 2, 5, 10 tahun sebelum adanya sudetan adalah $6,359 \text{ m}^3/\text{dt}$, $7,330 \text{ m}^3/\text{dt}$, $7,909 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan jumlah debit setelah adanya sudetan adalah $3,659 \text{ m}^3/\text{dt}$, $4,630 \text{ m}^3/\text{dt}$, $5,209 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan adanya pengurangan jumlah debit.
5. Berdasarkan hasil analisis volume yang mengalir pada Kali Tenggang dalam waktu satu hari adalah $549.417,6 \text{ m}^3$. Volume air maksimum dan minimum yang dialirkan ke sudetan dalam waktu satu hari adalah 302.400

m³ dan 233.280 m³, serta tingkat penurunan beban kerja pompa Polder Kali Tenggang senilai 6,29%

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Dapat dilakukan program pengendalian banjir dan rob dengan menggunakan sistem drainase yang lain agar Kota Semarang benar – benar bebas dari masalah banjir dan rob.
2. Perlu meningkatkan partisipasi masyarakat khususnya warga sekitar agar peduli terhadap banjir dan genangan air hujan dengan tidak melakukan hal-hal yang dapat mengakibatkan saluran tidak berfungsi maksimal.
3. Perlu adanya kegiatan pemeliharaan saluran secara rutin dan berkala.



DAFTAR PUSTAKA

Agung, Martin Artunas. (2014). *Perencanaan Sistem Drainase Kali Tenggang Semarang*. Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol. 3, No. 1. Semarang

Alfalah. (2000). *Diktat Kuliah Drainase Perkotaan*. UNDIP. Semarang.

BAPPEDA. (2015). *Rencana Kerja Pembangunan Daerah Kota Semarang*. Semarang: BAPPEDA Kota Semarang

BR, Sri Harto. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.

CV. Erindo Reka Bahari .(2020). *Laporan Akhir DED Saluran Sudetan Hulu Tenggang*. CV.Erindo Reka Bahari. Semarang.

Dwityanti, Esthi Miranty, Nurhasni. (2006). *Perencanaan Penanganan Drainase Kompleks Pantai Indah Kapuk Jakarta*. Semarang: Jurnal Karya Teknik Sipil.

Fernandus, Dewy Ariyani. (2013). *Analisis Jneis Distribusi Curah Hujan dan Kurva Intensyty Duration Frequency (IDF) di Kota Makassar*, Laporan Tugas Akhir. Unhas press. Makassar.

Hadisusanto, Nugroho. (2011). *Aplikasi Hidrologi*. Malang : Jogja Media Utama.

Karnanto, Ir. Joesron Loebis, M. Eng.,. (1980). *Perhitungan Curah Hujan Maksimum Metode Gumbel dan Probable Maximum Precipitation*. Direktorat Penyelidikan Masalah Air. Bandung.

Lashari, dkk. (2017). *Analisa Distribusi Curah Hujan di Area Merapi Menggunakan Metode Aritmatika dan Poligon Thiessen*. Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, 19(10). Semarang.

Nugroho, Hari. (2016). *Kajian kerja sistem polder sebagai Model Pembangunan Drainase Kota Semarang bagian bawah dengan Balanced Scorecard*. Media Komunikasi Teknik Sipil, Vol. 22, No. 1. Surakarta.

Nugroho, Victor. (2012). *Evaluasi Sistem Polder Kota Lama dan Bandarharjo Semarang Terhadap Pengendalian Banjir*, Laporan Tesis. Solo: UNS.

Maryanti, Ninda Putri. (2017). *Analisis Efektivitas Sistem Polder Kota Lama Semarang dalam upaya Pengendalian Banjir dan Rob*. Laporan Tugas Akhir. Solo: UNS.

Mulyanto, H.R. (2007). *Sungai dan Sifat-sifatnya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Mondel, H., & Budinetro, H., 2010. *The Banger Polder in Semarang*. Semarang: CRBOM Small Publication.

Persada, Laksamana Angga. (2018). *Perencanaan Sudetan Sungai Kuala Tendeki pada Jalan Tol Manado-Bitung*. Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol. 7, No. 2. Semarang.

Rahmadany, Aprilian Setiya. (2010). *Daerah Rawan Genangan Rob di Semarang*. Journal Of Marine Research, Vol. 1, No. 2. Semarang

Santosa, W. Suprayogi, A. dan Sudarsono, B. (2015). *Kajian Pemetaan Tingkat Kerawanan Banjir dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: DAS Beringin, Kota Semarang)*. Media Komunikasi Teknik Sipil, Vol. 4, No. 2. Semarang.

Sarawendro. (2010). *Sistem Polder & Tanggul Laut, Penanganan Banjir secara Madani di Jakarta*. Indonesia Land Reclamation and Water Management Institute. Yogyakarta.

Suroso. (2006). *Analisis Curah Hujan untuk Membuat Kurva Intensity Duration Frequency (IDF) di Kawasan Rawan Banjir Banyumas*. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 2, No. 1. Purwokerto.

Sri Harto. (1993). *Analisis Hidrologi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Suripin. (2004). *Pengembangan Sistem Drainase yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.

Triatmodjo, Bambang. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset

Unika news. (2015, 18 Febuari). Menata Pesisir Semarang. Diakses tanggal 11 Januari 2021 dari news.unika.ac.id/menata-pesisir-semarang/.

Wahyudi, S. Imam. dan Adi, Henny Pratiwi. (2016). *Drainase Sistem Polder*. Ef Press Digimedia. Semarang.

Yudi, Royna Kristian. (2017). *Perencanaan Sistem Polder Semarang Timur*. Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol. 6, No. 2. Semarang.





YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km 4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax:(024) 6582455
email : informasigunissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillahi-Membangun-Generasi-Khaira-Ummah

Nomor : 05 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Senin Tanggal 19 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1 Nama	Vina Ajeng Ali Lesmaya	30201700179
2 Nama	Nabila Khairunisa	30201700135

Judul TA Efektifitas Rencana Sudetan Untuk Mengurangi Beban Debit Kali Tenggang
0
0

Dengan Hasil

*Bahwa dengan kelulusan
semua kriteria, catatan*

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan penggunaan seperlunya.

Dosen Pembimbing I

[Signature]
Dr. Henry Pratwi Adi, ST, MT

Dosen Pembimbing II

[Signature]
Prof. Dr. Ir. H. S Intan Wahyudi, DEA

Dosen Pembimbing

[Signature]
Ir. M Faiqun N'Am, MT, Ph.D

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

[Signature]
M Rusli Ahyar, ST, M. Eng

UNISSULA
جامعة سلطان أبو جوح الإسلامية

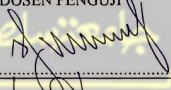


SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Nisa Ajeng Ali Losmaya
Hari / Tanggal : 19 Juli 2021
Judul TA : Analisis Efektifitas Pencad Sudekan
: Untuk mengurangi bebandebit polderkali Tenggang .

NO	
1	Tambah point menghitung volume air yang mengalir dalam 1 hari dengan kalat ulang 2 tahun
2	Volume yang dialirkan ke sudekan ?
3	hitung pengurangan pompa
4	
5	

DOSEN PENGUJI


Prof. Dr. H. S. Wawan Walegudi, DEA

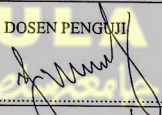


SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Mabilakhainunisa / 30201700195
Hari / Tanggal : 19 Juli 2021
Judul TA : Analisis Efektivitas Rencana Sudetan
untuk Mengurangi beban debit polde kali Penggang

NO	
1	<u>tambah Poln menghitung volume air yang mengalir dalam 1 hari</u> <u>dengan kala ulang 2 tahun</u>
2	<u>Volume yang dialirkan ke sudetan</u>
3	<u>hitung Pengurangan Pompa</u>
4	
5	

DOSEN PENGUJI



Prof. Dr. Ir. S. Iman Widyadhi, DEA



SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Nabila Khairunisa / 20201700135
Hari / Tanggal : 10 Juli 2021
Judul TA : Analisis Efektivitas Rencana Sudetan
untuk mengurangi beban debit polder Kali Tenggang

NO	
1	Perbaiki gambar kurva a.g. diberi satuan
2	Menghitung sudetan dengan debit aliran sebesar $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$
3	
4	
5	

DOSEN PENGUJI
Dr. Henny Pratiwi, Adi, ST, MT



SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Vina Ajeng Ali Lesmayn / 20201900199
Hari / Tanggal : 19 Juli 2021
Judul TA : Analisis Efektivitas Rencana sudetan
untuk mengurangi beban debit polder Kali Tenggang

NO	
1	Perbaiki Gambar kurva 4.g., diberi satuan
2	Menghitung sudetan dengan debit aliran sebesar 3,5 m ³ /s
3	
4	
5	

DOSEN PENGUJI
Dr. Heny Pratiwi Aeti, ST., MT.



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)

Jl. Raya Kaligawe Km 4 Semarang 50112 Telp: (024) 6583584 (8 Sal) Fax: (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS

Hari
Tanggal
Jam

Senin
19 Juli 2021
13.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Efektifitas Rencana Sudetan Untuk Mengurangi Beban Debit Kali Tenggang

0

0

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

Analysis of the effectiveness of drainage plan to reduce the load of the Tenggang river polder discharge

1	Vina Ajeng Ali Lesmaya	30201700179	1	
2	Nabila Khairunisa	30201700135	2	

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Dr. Henny Pratiwi Adi,ST,MT	
2	Prof.Dr.Ir. H. S Imam Wahyudi,DEA	

Semarang, 19 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari
Tanggal
Jam

Senin
19 Juli 2021
13.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Efektifitas Rencana Sudetan Untuk Mengurangi Beban Debit Kali Tenggang

1	Vina Ajeng Ali Lesmaya	30201700179	1	
2	Nabila Khairunisa	30201700135	2	

NO	NAMA		TANDA TANGAN
1	Dr. Henny Pratiwi Adi,ST,MT	1	
2	Prof.Dr.Ir. H. S Imam Wahyudi,DEA	2	
3	Ir. M Faiqun Ni'am,MT,Ph.D	3	

Semarang, 19 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil


M Rusli Ahyar,ST.M.Eng
NIK. 210216089

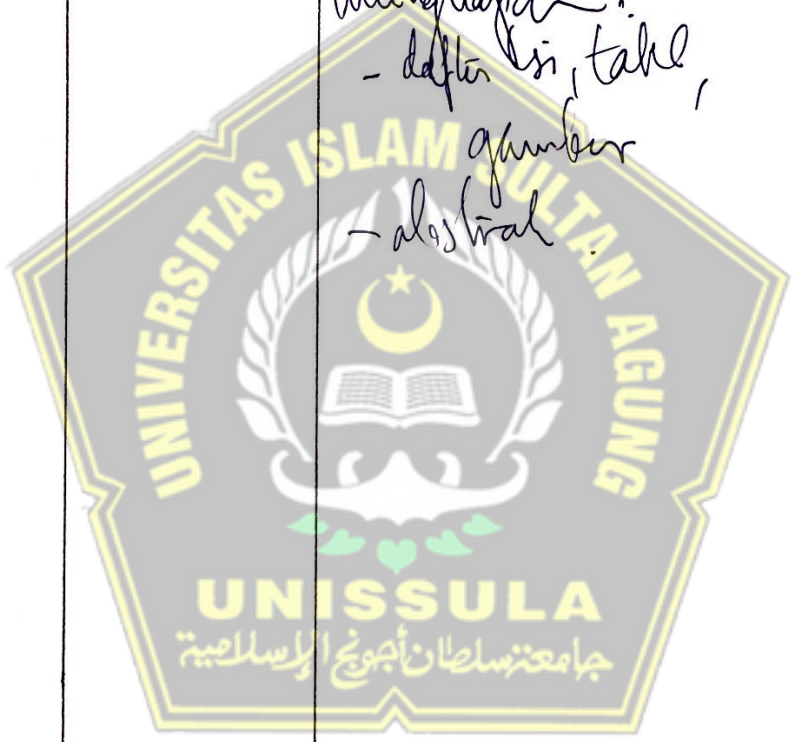
LEMBAR ASISTENSI

**LAPORAN TUGAS AKHIR
EFEKTIVITAS RENCANA SUDETAN KALI TENGGANG UNTUK
MENGURANGI DEBIT POLDER KALI TENGGANG**

NAMA : Nabila Khairunisa NIM : 30201700135
: Vina Ajeng Ali Lesmaya NIM : 30201700179

DOSEN PEMBIMBING II : Prof. Dr. Ir. S. Imam Wahyudi, DEA

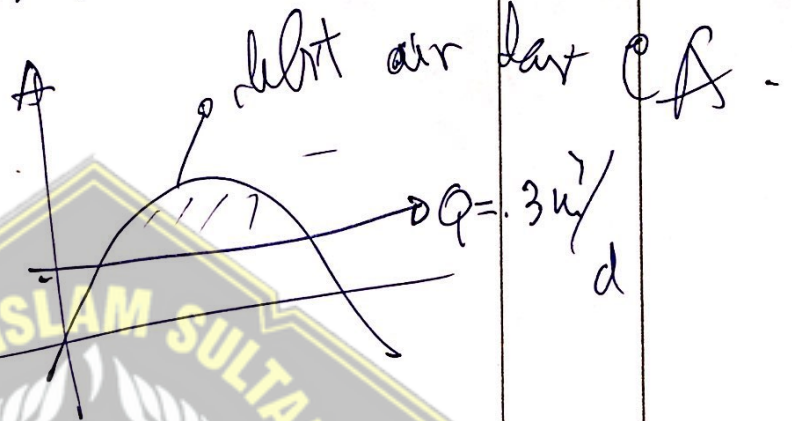
NO.	TGL ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
	18 06 2021	gambar CA m ± 133 Ha Melengkap: - daftar isi, tabel, gambar - abstrak	



CA → sbb sudeta.

→ dihitung debit

→ hitung kapasitas dimensi sudeta



29/06 2021

- spy gambar dimah satu

& paku di jurnal



- hysioapher seminar TA

LEMBAR ASISTENSI

LAPORAN TUGAS AKHIR EFEKTIVITAS POLDER KALI TENGGANG SEMARANG DALAM PENANGGULANGAN BANJIR ROB

NAMA : Nabila Khairunisa NIM : 30201700135
: Vina Ajeng Ali Lesmaya NIM : 30201700179

DOSEN PEMBIMBING 1 : Dr. Henny Pratiwi Adi, ST, MT

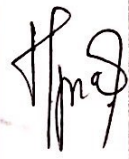


NO.	TGL ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
1.	24/2/2021	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki format penulisan, font size, margin, justify, spasi- Sumber pustaka hrs ditulis- diakhir bab 2 hrs dilengkapi dg review thed previous research.- lanjutkan	
2.	23/3/2021	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki rumusan masalah- Perbaiki tinjauan pustaka- Buat tabel previous research- Perbaiki analisis data- Perbaiki bagan dir.	

LEMBAR ASISTENSI

LAPORAN TUGAS AKHIR ANALISIS EFEKTIVITAS POLDER KALI TENGGANG DI KOTA SEMARANG DALAM PENANGGULANGAN BANJIR ROB

NAMA : Nabila Khairunisa NIM : 30201700135
: Vina Ajeng Ali Lesmaya NIM : 30201700179

DOSEN PEMBIMBING I : Dr. Henny Pratiwi Adi, ST, MT



NO.	TGL ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
3.	29/3 /2021	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki sumber pustaka- Penulisan tabel- Beri deskripsi perbedaan dg penelitian sebelumnya- Perbaiki bab 3.	
4.	9/4 /2021	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki variabel penelitian- Buat metode pengolahan data- Perbaiki kuesioner- Lanjutkan	
5.	24/5 /2021	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki metode pengolahan data & analisis data- Perbaiki bagan alir- Buat kerangka bab 4	

LEMBAR ASISTENSI

LAPORAN TUGAS AKHIR EFEKTIVITAS RENCANA SUDETAN UNTUK MENGURANGI BEBAN DEBIT POLDER KALI TENGGANG

NAMA : Nabila Khairunisa NIM : 30201700135
: Vina Ajeng Ali Lesmaya NIM : 30201700179

DOSEN PEMBIMBING I : Dr. Henny Pratiwi Adi, ST, MT

NO.	TGL ASISTENSI	KETERANGAN	PARAF
6	5/7/21	- Perbaiki gbr 4.9 & 4.10 - Perbaiki kesimpulan - Daftar pustaka	
7.	12/7/21	- Perbaiki daftar pustaka - Bisa seminar TA	

Analisis Rencana Sudetan Untuk Mengurangi Beban Debit Polder Kali Tenggang

ORIGINALITY REPORT

22%
SIMILARITY INDEX

20%
INTERNET SOURCES

4%
PUBLICATIONS

11%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	media.neliti.com Internet Source	1%
2	es.scribd.com Internet Source	1%
3	repository.usu.ac.id Internet Source	1%
4	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	1%
5	www.ejournal-s1.undip.ac.id Internet Source	1%
6	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1%
7	text-id.123dok.com Internet Source	1%
8	sipil.studentjournal.ub.ac.id Internet Source	1%
9	id.scribd.com Internet Source	1%

10	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
11	Submitted to Universitas Pancasila Student Paper	<1 %
12	Submitted to Institut Teknologi Nasional Malang Student Paper	<1 %
13	heryudhahendra.blogspot.com Internet Source	<1 %
14	core.ac.uk Internet Source	<1 %
15	ejurnal.untag-smd.ac.id Internet Source	<1 %
16	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
17	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1 %
18	Bayu Seto Waseso Utomo, Jati Iswardoyo, Ruzardi Ruzardi. "Uji Laboratorium Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Kejadian Longsoran Aliran Debris Pasir Merapi", JURNAL SUMBER DAYA AIR, 2020 Publication	<1 %
19	fr.scribd.com Internet Source	<1 %

20	Submitted to Universitas Siliwangi Student Paper	<1 %
21	www.burhanapriliansyah.com Internet Source	<1 %
22	Submitted to Unika Soegijapranata Student Paper	<1 %
23	123dok.com Internet Source	<1 %
24	repository.unmuhjember.ac.id Internet Source	<1 %
25	103.102.46.165 Internet Source	<1 %
26	Submitted to UNESCO-IHE Institute for Water Education Student Paper	<1 %
27	Submitted to Trisakti University Student Paper	<1 %
28	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
29	garuda.ristekbrin.go.id Internet Source	<1 %
30	jagoanilmu.net Internet Source	<1 %



31 Aprih Santoso. "IPTEKS PERHITUNGAN POTENSI PENDAPATAN ASLI DAERAH (PAD) DI KOTA SEMARANG", Jurnal Ipteks Akuntansi Bagi Masyarakat, 2019
Publication <1 %

32 www.journal.unrika.ac.id
Internet Source <1 %

33 Submitted to Universitas Brawijaya
Student Paper <1 %

34 Submitted to Universitas Hasanuddin
Student Paper <1 %

35 bukhoribk04.blogspot.com
Internet Source <1 %

36 research.unissula.ac.id
Internet Source <1 %

37 Submitted to Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Gadjah Mada
Student Paper <1 %

38 www.nurfaonline.com
Internet Source <1 %

39 docobook.com
Internet Source <1 %

40 kumparan.com
Internet Source <1 %

pt.scribd.com

41

Internet Source

<1 %

42

triplowbudgetsyahri.blogspot.com

Internet Source

<1 %

43

Submitted to University of Malaya

Student Paper

<1 %

44

dinarek.unsoed.ac.id

Internet Source

<1 %

45

jurnal.untan.ac.id

Internet Source

<1 %

46

n0vitasari.files.wordpress.com

Internet Source

<1 %

47

de.scribd.com

Internet Source

<1 %

48

repository.usd.ac.id

Internet Source

<1 %

49

jtera.polteksmi.ac.id

Internet Source

<1 %

50

siba.unisalento.it

Internet Source

<1 %

51

Submitted to Hoa Sen University

Student Paper

<1 %

52

repository.maranatha.edu

Internet Source

<1 %



53	mysunblognewaddress.blogspot.com Internet Source	<1 %
54	planula.blogspot.com Internet Source	<1 %
55	thesis.binus.ac.id Internet Source	<1 %
56	www.kelaspintar.id Internet Source	<1 %
57	Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Student Paper	<1 %
58	tempegarit4.wordpress.com Internet Source	<1 %
59	worldwidescience.org Internet Source	<1 %
60	www.pnas.org Internet Source	<1 %
61	Submitted to Bogazici University Student Paper	<1 %
62	Submitted to Syiah Kuala University Student Paper	<1 %
63	Submitted to Universitas International Batam Student Paper	<1 %
64	Submitted to Universitas Lancang Kuning	

<1 %

65

Submitted to Universitas Semarang

Student Paper

<1 %

66

repository.ums.ac.id

Internet Source

<1 %

67

Submitted to Universitas Muhammadiyah
Makassar

Student Paper

<1 %

68

Submitted to Universitas Negeri Surabaya The
State University of Surabaya

Student Paper

<1 %

69

knowledge.allbest.ru

Internet Source

<1 %

70

abahry.wordpress.com

Internet Source

<1 %

71

davidjeni.blogspot.com

Internet Source

<1 %

72

digilib.uns.ac.id

Internet Source

<1 %

73

digilibadmin.unismuh.ac.id

Internet Source

<1 %

74

edoc.pub

Internet Source

<1 %



75	lamongankab.go.id Internet Source	<1 %
76	lontar.ui.ac.id Internet Source	<1 %
77	noviafujalestariwahyani.wordpress.com Internet Source	<1 %
78	repository.telkomuniversity.ac.id Internet Source	<1 %
79	summer-absolutely.icu Internet Source	<1 %
80	vdocuments.mx Internet Source	<1 %
81	Submitted to Sogang University Student Paper	<1 %
82	ejournal.unib.ac.id Internet Source	<1 %
83	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1 %
84	id.wikipedia.org Internet Source	<1 %
85	jurnal.uisu.ac.id Internet Source	<1 %
86	jurnal.umj.ac.id Internet Source	<1 %

87	ppid-dinkes.sumselprov.go.id Internet Source	<1 %
88	puslit2.petra.ac.id Internet Source	<1 %
89	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
90	repository.uma.ac.id Internet Source	<1 %
91	share.its.ac.id Internet Source	<1 %
92	www.neliti.com Internet Source	<1 %
93	www.patikab.go.id Internet Source	<1 %
94	Yohanes Sandy Setiadi, Wisnu Suharto, Diah Setiati Budiningrum. "Perhitungan Volume Kolam Retensi Muktiharjo Kidul Semarang Berdasarkan Data Curah Hujan Harian Maksimum Kawasan Kali Tenggang", Teknik, 2014 Publication	<1 %
95	adoc.pub Internet Source	<1 %
96	afexzs.blogspot.com Internet Source	<1 %

97	e-journal.janabadra.ac.id Internet Source	<1 %
98	ejournal.uniks.ac.id Internet Source	<1 %
99	ejurnal.stimata.ac.id Internet Source	<1 %
100	journal.unilak.ac.id Internet Source	<1 %
101	look-better.icu Internet Source	<1 %
102	repository.unissula.ac.id Internet Source	<1 %
103	sinta.unud.ac.id Internet Source	<1 %
104	tep.fateta.unand.ac.id Internet Source	<1 %
105	vdocuments.site Internet Source	<1 %
106	www.scribd.com Internet Source	<1 %
107	Roy Martin, Muhammad Fauzi, Khairul Amri. "ANALISIS DEBIT PUNCAK SUNGAI AIR TETAP KABUPATEN KAUR DENGAN PENDEKATAN	<1 %

METODE HIDROGRAF SATUAN SINTESIK (HSS)", Inersia: Jurnal Teknik Sipil, 2020

Publication

108 pasar-lamunan.blogspot.com <1 %
Internet Source

109 www.casmudiberbagi.com <1 %
Internet Source

110 Muhamad Arifin, Muchamad Arif Budiyanto. "ANALISIS KERUNTUHAN BENDUNGAN (DAM BREAK ANALYSIS) DALAM UPAYA MITIGASI BENCANA (STUDI KASUS DI WADUK/ BENDUNGAN TEMPURAN)", CivETech, 2019 <1 %
Publication

111 docs.google.com <1 %
Internet Source

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

