

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN**

TEMA :
Mitigasi Berkelanjutan terhadap Bencana Alam

**MODEL MITIGASI DAN PENANGANAN BANJIR AIR PASANG LAUT UNTUK
KETAHANAN PANGAN DAN PERMUKIMAN (STUDI KASUS DI KECAMATAN
KAWUNGANTEN, KABUPATEN CILACAP)**

Tahun ke-1 dari rencana 3 (tiga) tahun

TIM PENELITI :

Dr. Henny Pratiwi Adi, ST, MT
Prof. Dr. Ir. S. Imam Wahyudi, DEA
Ir. M. Faiqun Ni'am, MT, Ph.D

NIDN : 0606087501
NIDN : 0613026601
NIDN : 0612106701



Dibiayai Oleh :

**Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi melalui Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian
Terapan Bagi Dosen Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA)
Nomor Kontrak : 201/B.I/SA-LPPM/V/2019**

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

DESEMBER 2019

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Model Mitigasi dan Penanganan Bencana Banjir Air Pasang Laut untuk Ketahanan Pangan dan Permukiman (Studi Kasus di Kecamatan Kawunganten Kabupaten Cilacap)

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : Dr. Henny Pratiwi Adi, ST, MT
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Sultan Agung
NIDN : 0606087501
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Sipil
No HP : 081225575260
Alamat Surel : henni@unissula.ac.id

Anggota (1)

Nama Lengkap : Prof. Dr. Ir. S.Imam Wahyudi, DEA
NIDN : 0613026601
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Sultan Agung

Anggota (2)

Nama Lengkap : Ir. M. Faiqun Ni'am, MT, Ph.D
NIDN : 0612106701
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Sultan Agung

Institusi Mitra (jika Ada)

Nama Institusi Mitra: Dinas Pengembangan Sumber Daya Air dan Tata Ruang Jawa Tengah
Alamat : Jl. Madukoro AA-BB Semarang, Jawa Tengah
Penanggungjawab : Prasetyo Budie Yuwono, ME
Tahun Pelaksanaan : 2019
Biaya Tahun Berjalan :Rp. 122.864.000

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

(Ir. Rahmad Mudiyo, MT, Ph.D)
NIK.210293018

Menyetujui,
Kepala LPPM

Dr. Heru Sulisty, M.Si
NIK. 210493032

Semarang, 5 Desember 2019
Ketua



(Dr. Henny Pratiwi Adi, ST, MT)
NIK. 210200030

KATA PENGANTAR

Kecamatan Kawunganten, Cilacap, dilanda banjir minimal dua kali dalam satu bulan dan menimbulkan kerugian.. Di area tersebut ada ratusan hektar sawah yang masih memiliki jaringan irigasi dari Bendung Manganti, Sidareja, Banjar. Adanya bencana banjir rob ini menyebabkan area sawah menjadi kurang berfungsi. Lahan menjadi semakin sempit, bahkan hilang tenggelam oleh banjir rob. Masyarakat yang dahulu sebagai petani sawah dan tambak beralih profesi menjadi buruh industri karena sudah tidak memiliki lahan sawah dan tambak akibat tenggelam oleh banjir rob. Model penanganan banjir rob secara terintegrasi ini sangat dibutuhkan masyarakat, agar dapat kembali memanfaatkan lahan produktif guna meningkatkan penghasilannya

Pada tahun pertama penelitian ini dilakukan analisis hidrologi di wilayah Kawunganten, sebagai dasar perencanaan penanganan banjir rob, membuat desain/perencanaan penanganan banjir rob di wilayah Kawunganten dengan bendung gerak, serta tipe pintu gerak apa yang dapat diimplementasikan serta lokasi penempatan pintu gerak yang dapat secara efektif mengurangi terjadinya banjir rob. Pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM)– Kemenristek DIKTI, yang telah mendanai penelitian ini, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UNISSULA serta kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam penyusunan dan penyelesaian penelitian ini.

Akhirnya, penyusun hanya memohon keridhaan Allah SWT, semoga penelitian ini dapat membawa manfaat yang besar dan menjadi amal saleh bagi penyusun. Amien.

Semarang, Desember 2019

Penyusun

ABSTRAK

Kabupaten Cilacap merupakan salah satu wilayah di Provinsi Jawa Tengah, terletak di wilayah pesisir selatan yang berbatasan dengan Samudera Indonesia. Kondisi topografi Kabupaten Cilacap yang merupakan wilayah pesisir mengakibatkan banjir terjadi akibat adanya pasang air laut. Salah satu daerah yang memiliki riwayat banjir di Kabupaten Cilacap adalah Kecamatan Kawunganten. Banjir rob di Kecamatan Kawunganten, menyebabkan perubahan penggunaan ruang. Lahan pertanian menjadi semakin sempit atau bahkan hilang akibat tenggelam oleh banjir rob. Kurangnya mitigasi bencana banjir di Kecamatan Kawunganten menjadi salah satu faktor yang mengakibatkan wilayah ini sering tergenang banjir. Tujuan pertama dari penelitian ini adalah mendapatkan inventarisasi dan pemetaan beberapa infrastruktur yang diperlukan untuk penanganan banjir rob di wilayah Kecamatan Kawunganten seperti bendung gerak atau bendung kembang kempis yang menahan aliran air pasang dari laut, kemudian mengalirkan banjir lokal ke laut saat air laut surut. Tujuan kedua mendapatkan rencana penataan jaringan sungai yang secara hidrologis mempengaruhi banjir rob serta penataan sistem drainase lokalnya. Tujuan ketiga mendapatkan kajian aspek non teknis yaitu dari aspek sosial ekonomi, institusi (kelembagaan) untuk mendukung penanganan banjir dan rob di lokasi tersebut. Pada tahun pertama penelitian ini dilakukan analisis hidrologi di wilayah Kawunganten, sebagai dasar perencanaan penanganan banjir rob, membuat desain/perencanaan penanganan banjir rob di wilayah Kawunganten dengan bendung gerak, serta tipe pintu gerak apa yang dapat diimplementasikan serta lokasi penempatan pintu gerak yang dapat secara efektif mengurangi terjadinya banjir rob. Hasil penelitian secara keseluruhan dalam 3 (tiga) tahun adalah model mitigasi penanganan banjir dan rob dengan sistem terintegrasi, dengan tingkat kesiapan teknologi pada tahun ke-3 berada pada level TKT 5. TKT 5 pada penelitian yang diusulkan dengan indikator adalah prototipe telah dibuat, peralatan pendukung telah diujicoba dalam laboratorium, integrasi sistem selesai dengan akurasi tinggi (high fidelity), siap diuji pada lingkungan nyata/simulasi, akurasi sistem prototipe meningkat, kondisi laboratorium di modifikasi sehingga mirip dengan lingkungan yang sesungguhnya. Diharapkan model mitigasi penanganan terintegrasi terhadap permasalahan banjir pasang laut / rob yang dapat diimplementasikan pada masyarakat yang tinggal di kawasan pesisir, bukan hanya di Kecamatan Kawunganten, Cilacap, namun juga di seluruh Indonesia

Kata Kunci : banjir rob, bendung, pintu gerak

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Abstrak	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vi
Daftar Tabel	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perubahan Iklim	5
2.2 Bentuk Penanganan terhadap Iklim	5
2.3 Pasang Surut	7
2.4 Kerugian Akibat Air Laut Pasang	8
2.5 Resiko Bencana dan Kerentanan	9
2.5.1 Potensi Bahaya	9
2.5.2 Tingkat Kerentanan	9
2.6 Mitigasi Bencana Banjir Pasang Laut	9
2.6.1 Mitigasi Struktural	9
2.6.2 Mitigasi Non Struktural	9
2.6.3 Penanganan Banjir dan Rob	9
2.7 Penentuan Luas Daerah Aliran Sungai	10
2.8 Analisis Hidrologi	10
2.8.1 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata	11
2.8.1.1 Metode Rata – rata Aljabar	11
2.8.1.2 Metode Poligon Thiessen	11
2.8.1.3 Metode Isohyet	12
2.8.2 Analisis Data Curah Hujan Yang Hilang	13
2.8.3 Uji Keselarasan	14
2.8.3.1 Metode Gumbel	14
2.8.3.2 Metode Log Normal	16
2.8.3.3 Metode Log Pearson Type III	17
2.8.4 Perhitungan Intensitas Curah Hujan	18
2.8.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana	18
2.8.5.1 Metode Haspers	18
2.8.5.2 Metode Weduwen	18
2.8.5.3 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	22
2.9 Pengertian Bendung	22
2.9.1 Manfaat Bendung	22
2.9.2 Jenis-jenis Bendung	22
2.9.2 Dampak Bendung	23
2.10 Jenis-jenis Bendung Gerak	24
2.11 Perencanaan Bendung	28

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian	36
3.2 Metode Pengumpulan Data	36
3.3 Variabel Penelitian	36
3.4 Metode Pengolahan Data	37
3.5 Metode Analisis Data	39
3.6 Bagan Alir Penelitian	44

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi	45
4.1.1 Batas Wilayah Studi	45
4.1.2 Kondisi Banjir di Kawunganten	47
4.2 Analisis Hidrologi sebagai Dasar Penanganan Banjir	53
4.2.1 Penentuan Daerah Aliran Sungai	53
4.2.2 Penentuan Luas Pengaruh Stasiun Hujan	54
4.2.3 Analisis Curah Hujan	55
4.2.3.1 Ketersediaan Data Hujan	55
4.2.3.2 Analisis Data Curah Hujan Yang Hilang	56
4.2.4 Perhitungan Curah Hujan Rencana	57
4.2.4.1 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Gumbel	57
4.2.4.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Normal	59
4.2.4.3 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III	60
4.2.5 Perhitungan Uji Sebaran Data Curah Hujan	61
4.2.6 Perhitungan Debit Banjir Rencana	65
4.2.6.1 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Hespers	65
4.2.6.2 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Weduwen	66
4.2.6.3 Analisis HSS Nakayasu	69
4.2.7 Pemilihan Debit Banjir Rencana	73
4.3 Pemilihan Tipe Bendung Gerak	74
4.3.1 Perhitungan rata-rata geometrik	74
4.3.2 Perbandingan Berpasangan (<i>Pairwise Comparisson</i>)	75
4.3.3 Perhitungan Bobot Kriteria	77
4.3.4 Perhitungan Bobot Alternatif	78
4.3.5 Rekapitulasi Perhitungan Kriteria dan Alternatif	83
4.4 Pemilihan Lokasi Bendung	85
4.3.1 Perhitungan rata-rata geometrik	85
4.3.2 Perbandingan Berpasangan (<i>Pairwise Comparisson</i>)	85
4.3.3 Perhitungan Bobot Kriteria	87
4.3.4 Perhitungan Bobot Alternatif	88
4.3.5 Rekapitulasi Perhitungan Kriteria dan Alternatif	92

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	95
5.2 Saran	96

Daftar Pustaka	97
----------------------	----

Lampiran

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Reduced mean (Y_n)	15
Tabel 2.2. Reduced Standard Deviation (S_n).....	15
Tabel 2.3. Reduced Variate (YT).....	15
Tabel 2.4. Standard Variabel.....	16
Tabel 2.5. Faktor frekuensi k untuk distribusi log normal 3 parameter	17
Tabel 2.6. Harga untuk Distribusi Log Pearson tipe III.....	18
Tabel 3.1. Variabel Pemilihan Pintu Bendung Gerak.....	39
Tabel 3.2. Variable Pemilihan Lokasi Bendung Gerak.....	40
Tabel 4.1. Luas Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS	56
Tabel 4.2. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Cilacap	56
Tabel 4.3. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Majenang.....	57
Tabel 4.4. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Ujungbarang.....	57
Tabel 4.5. Curah Hujan Harian Maksimum	58
Tabel 4.6. Perhitungan Hujan Harian Rata-rata	59
Tabel 4.7. Perhitungan Standar Deviasi Curah Hujan	59
Tabel 4.8. Perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang T Tahun	60
Tabel 4.9. Curah Hujan Rencana Periode Ulang T tahun Dengan Metode Gumbel.....	60
Tabel 4.10. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Normal	60
Tabel 4.11. Curah Hujan Rencana Periode Ulang T tahun dengan Metode Log Normal.....	61
Tabel 4.12. Perhitungan Log Pearson Type III.....	61
Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Log Pearson Type III.....	62
Tabel 4.14. Curah Hujan Rencana Periode Ulang T tahun dengan Metode Log Pearson Type III	62
Tabel 4.15. X^2 Cr Hitungan.....	63
Tabel 4.16. Perhitungan Statistic Penentuan Sebaran.....	64
Tabel 4.17. Jenis sebaran	65
Tabel 4.18. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana.....	65
Tabel 4.19. Debit Banjir Rencana Periode Ulang T tahun Metode Haspers.....	67
Tabel 4.20. Debit Banjir Rencana Periode Ulang T tahun Metode Weduwen	69
Tabel 4.21. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Jam ke – t.....	70
Tabel 4.22. Prosentase Intensitas Hujan	70
Tabel 4.23. Distribusi Hujan Tiap Jam	71
Tabel 4.24. Ordinat Hidrograf Satuan.....	72
Tabel 4.25. Rekapitulasi Debit Banjir (Puncak) Rancangan Dengan Metode Homograf Sistetik Satuan Nakayasu.....	74
Tabel 4.26. Rekapitulasi Pemilihan Debit Banjir Rencana.....	74
Tabel 4.27. Hasil Pengisian Responden.....	75
Tabel 4.28. Rekapitulasi Grafik Relative Priority.....	85
Tabel 4.29. Hasil Pengisian Responden Warga Sekitar	86
Tabel 4.30. Rekapitulasi Grafik Relative Priority.....	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peninggian lantai rumah sampai setinggi jendela sebagai bentuk adaptasi banjir rob di Desa Grugu Cilacap ((Wahyudi et al., 2015))	7
Gambar 2.2. Peninggian Elevasi Rumah Warga (Sumber : Marfai, 2014).....	7
Gambar 2.3. Dampak Rob Pada Pemukiman Warga (Sumber : Marfai, 2014).....	9
Gambar 2.4. Pembagian daerah pengaruh M.....	12
Gambar 2.5. Metode Isohyet (Soemarto, 1999).....	14
Gambar 2.6. Hidrograf Satuan – Metode Nakayasu	21
Gambar 2.7. Pintu Air Tipe Flap (Sumber : Anonim, 2013)	26
Gambar 2.8. Bendung New Hogan dengan Pintu Radial (Sumber : Lemke Industrial, 2001)	27
Gambar 2.9. Pintu Bendung tipe Geser (Sumber : PoolMecanical, 2013).....	28
Gambar 2.10. Bendung Karet (Sumber : Astria, 2016).....	29
Gambar 2.11. Poligon Thiessen (Sumber : N, Djali)	35
Gambar 3.1. Sketsa Lokasi Rencana Penempatan Bendung.....	40
Gambar 3.2. Pemodelan Hierarki Pemilihan Alternatif Pintu Bendung Gerak	44
Gambar 3.3. Pemodelan Hierarki Pemilihan Alternatif Lokasi Bendung Gerak	45
Gambar 3.4. Bagan Alir Penelitian	45
Gambar 4.1. Lokasi Penelitian.....	46
Gambar 4.2. Peta Kecamatan Kawunganten (BPS Kabupaten Cilacap, 2019).....	48
Gambar 4.3. Jembatan yang Terendam Banjir (Balai Desa Ujung Manik, 2018)	49
Gambar 4.4.. Muka air sungai yang tinggi dan Tebing sungai yang tergerus.....	50
Gambar 4.5. Hutan Mangrove di Desa Ujungmanik.....	50
Gambar 4.6. Pintu air di Desa Ujungmanik	51
Gambar 4.7. Grafik Pasang Surut Harian (Sumber : Pushidros TNI AL).....	52
Gambar 4.8. Jembatan Ujungmanik.....	53
Gambar 4.9. Lokasi Rencana Bendung Gerak	54
Gambar 4.10. Detail Lokasi Rencana Bendung Gerak	54
Gambar 4.11. Catchment area.....	55
Gambar 4.12. Poligon Thiessen.....	56
Gambar 4.13. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu	73
Gambar 4.14. Grafik Hidrograf Banjir Satuan Sintetik Nakayasu.....	74
Gambar 4.15. Tampilan Software Expert Choice v.11	76
Gambar 4.16. Contoh perbandingan berpasangan antar kriteria dalam Expert Choice v.11	77
Gambar 4.17. Contoh Hasil Pembobotan Kriteria Expert Choice v.11	77
Gambar 4.18. Tampilan perbandingan berpasangan antar Kriteria dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden	78
Gambar 4.19. Hasil Pembobotan Kriteria dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden.....	79
Gambar 4.20. Hasil Perbandingan Alternatif Pintu Bendung Terhadap Kriteria Bahan dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden	79
Gambar 4.21 Hasil Perbandingan Alternatif Pintu Bendung terhadap Kriteria Fungsi Guna Bangunan dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden.....	80
Gambar 4.22. Hasil Perbandingan Alternatif Pintu Bendung terhadap Kriteria Operasional dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden	81
Gambar 4.23. Hasil Perbandingan Alternatif Pintu Bendung terhadap Kriteria Biaya dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden	82

Gambar 4.24. Hasil Perbandingan Alternatif Pintu Bendung terhadap Kriteria Lokasi dalam Expert Choice v.11 Dari Data Kombinasi Responden	83
Gambar 4.25. Hasil Perbandingan Alternatif Pelat Lantai terhadap Keseluruhan Kriteria dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden	84
Gambar 4.26. Grafik Relative Priority	85
Gambar 4.27. Tampilan Software Expert Choice v.11	87
Gambar 4.28. Contoh Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria dalam Expert Choice v.11	87
Gambar 4.29. Contoh Hasil Pembobotan Kriteria Expert Choice v.11	88
Gambar 4.30. Tampilan Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria dalam Expert Choice v.11 dari Data Kombinasi Responden	88
Gambar 4.31. Hasil Pembobotan Kriteria dalam Expert Choice v.11 dari Data Kombinasi Responden.....	89
Gambar 4.32. Hasil Perbandingan Alternatif Lokasi Bendung Terhadap Kriteria Akses Kapal dalam Expert Choice v.11 dari Data Kombinasi Responden.....	90
Gambar 4.33. Hasil Perbandingan Alternatif Lokasi Bendung Terhadap Kriteria Daerah yag Dilayani dalam Expert Choice v.11 dari Data Responden	91
Gambar 4.34. Hasil Perbandingan Alternatif Lokasi Bendung Terhadap Kriteria Kemudahan Akses Operasional dan Pemeliharaan dalam Expert Choice v.11 dari Data Kombinasi Responden	92
Gambar 4.35. Hasil Perbandingan Alternatif Lokasi Bendung dalam Expert Choice v.11 dari Data Kombinasi Responden	93
Gambar 4.36. Sketsa Lokasi Penempatan Bendung.....	94
Gambar 4.37. Grafik Relative Priority	94

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global merupakan isu lingkungan hidup yang dapat menyebabkan perubahan iklim global. Perubahan iklim global terjadi secara perlahan dalam jangka waktu yang cukup panjang, antara 50-100 tahun. Walaupun sering terjadi secara berkala, perubahan cuaca memberikan efek dampak yang besar pada kehidupan makhluk di bumi. Perubahan yang terjadi antara lain: melelehnya es di kutub selatan, pergerakan musim, serta meningkatnya air laut. Perubahan tersebut memberi efek kepada kelangsungan makhluk hidup di bumi (Adi & Wahyudi, 2015). Dampak dari pemanasan global sendiri salah satunya adalah banjir. Bencana Banjir diakibatkan oleh 2 kategori, antara lain bencana banjir akibat secara alami serta bencana banjir akibat aktivitas manusia. Bencana banjir akibat alami disebabkan oleh curah hujan, fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase dan pengaruh air pasang, sedangkan bencana banjir akibat aktivitas manusia dipengaruhi oleh karena tangan manusia yang telah menyebabkan kerusakan-kerusakan alam seperti perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) (Wahyudi, Overgaauw, Schipper, Persoon, & Adi, 2015).

Di Indonesia, bencana banjir merupakan sebuah musibah alam yang sering terjadi berkali-kali. ini dikarenakan letak Indonesia ini pada daerah tropis yang memungkinkan terjadinya hujan sangat tinggi setiap tahunnya. Bencana banjir di Indonesia ini dibagi beberapa jenis antara lain: bencana banjir bandang, bencana banjir hujan lebat, bencana banjir luber dari sungai atau kiriman, bencana banjir pantai (rob), Banjir hulu hilir. Bencana banjir merupakan luapan atau genangan dari sungai yang disebabkan oleh curah hujan yang berlebihan atau gelombang tinggi pasang yang membanjiri daerah pada dataran banjir (Wahyudi, 2010)

Jawa Tengah memiliki berbagai daerah pesisir utara dan selatan. Pesisir selatan meliputi Kabupaten Cilacap, Kabupaten Purworejo, Kabupaten Kebumen dan Kabupaten Wonogiri. Daerah yang paling sering terkena banjir rob ada di Kabupaten Cilacap. Kabupaten Cilacap bagian selatan merupakan wilayah yang rendah dekat dengan daerah laut, sehingga wilayah tersebut sering terjadinya banjir rob. Wilayah yang sering terjadi dampak banjir rob pada Kecamatan Kawunganten. Kecamatan

Kawunganten terletak paling selatan Kabupaten Cilacap, sehingga dampak di Kecamatan Kawunganten berpotensi terjadinya banjir rob dan kekeringan.

Banjir akibat air pasang menimbulkan berbagai hal mulai dari aktivitas masyarakat dan lingkungannya semakin rusak. Ada beberapa hal untuk menanggulangi agar meminimalisir banjir air pasang dengan membangun tanggulo, reklamasi ataupun bendung gerak. Kabupaten Cilacap, merupakan Kabupaten di Provinsi Jawa Tengah, dengan batas wilayah selatan samudra Indonesia. Ada 24 kecamatan yang ada di Kabupaten Cilacap, ada suatu permasalahan yang ada di salah satu kecamatan tersebut yaitu banjir pasang surut atau lebih sering disebut banjir rob dan kekeringan yang terletak di Kecamatan Kawunganten.

Banjir rob melanda Dusun Banjarsari Desa Ujungmanik, Kecamatan Kawunganten, Cilacap. Ketinggian air rob bahkan lebih parah mencapai kurang lebih 50 cm. Adapun ketinggian air rob di dalam rumah mencapai sekitar 20 cm. Naiknya permukaan air laut di wilayah ini juga menyebabkan tanggul pembatas air sungai dan pemukiman di wilayah ini jebol sepanjang sekitar 2 meter. (Tribun Jateng.com, 2017).

Banjir rob di Desa Ujungmanik perlu penanganan yang khusus dengan cara membuat perencanaan dengan Analisa Hidrologi. Tugas akhir pada penelitian ini, akan membahas tentang Analisa dan perhitungan debit sebagai perencanaan teknis dalam perhitungan secara keseluruhan yang berbasis siklus hidrologi.

Banjir rob melanda Desa Ujungalang, Desa Klaces dan Desa Ujunggak di Kecamatan Kampung Laut dan Desa Ujungmanik di Kecamatan Kawunganten. Ketinggian air rob di jalan atau luar rumah di wilayah ini bahkan lebih parah, mencapai kurang lebih 50 cm. Adapun ketinggian air rob dalam rumah mencapai 20 cm. Naiknya permukaan air laut di wilayah ini juga menyebabkan tanggul pembatas air sungai dan pemukiman di wilayah ini jebol sepanjang sekitar 2 meter. Air laut bahkan telah masuk ke areal persawahan seluas 20 hektar hingga mengakibatkan bibit tanaman petani terendam air (Tribun Jateng.com, 2017).

Permasalahan banjir rob di Kecamatan Kawunganten dapat diatasi dengan pembangunan bendung gerak di area tersebut. Pemilihan penggunaan pintu pada bendung gerak yang tepat di Desa Ujungmanik Kecamatan Kawunganten, Kabupaten Cilacap. Bendung gerak terdiri dari lantai pilar bendung, pilar pintu, daur pintu, mekanisme pengaturan pintu, panel pengaturan pintu, ruang operasi pintu dan jembatan inspeksi. Bendung gerak memiliki tipe pintu yaitu Flap Gate, Radial Gate, Pintu Geser / Pintu Sorong, Bendung Karet (Aziza, Wardoyo, & Anwar, 2017).

Pemilihan tipe bendung gerak dan pintu bendung mempunyai pengaruh penting dalam mengatasi banjir rob dan pengaturan debit air. Oleh karena itu, diperlukan simulasi metode pengambilan keputusan dengan menentukan tipe pintu bendung gerak yang tepat dalam mengatasi masalah yang terjadi di daerah tersebut menggunakan metode Analytical Hierarchy Process dan bantuan Software Expert Choice v.11. Metode Analytical Hierarchy Process mempertimbangkan pengambilan keputusan dari sejumlah staff ahli, kontraktor dan konsultan perencana dalam menentukan tipe pintu bendung paling tepat untuk perencanaan bendung gerak.

Selain itu akan dibahas penentuan lokasi bendung di Desa Ujungmanik dengan melihat dari segi akses kapal, daerah yang dilayani, kemudahan akses operasional dan pemeliharaan untuk menentukan pemilihan lokasi seperti daerah sebelum dermaga 1, sebelum jembatan ujungmanik dan setelah dermaga 2 dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process dan bantuan Software Expert Choice v.11 mempertimbangkan beberapa aspek lokasi bendung pengambilan keputusan dari warga sekitar dalam menentukan lokasi bendung paling tepat untuk perencanaan bendung gerak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut :

- a. Apa saja kriteria untuk memilih tipe pintu gerak dan penentuan lokasi bendung?
- b. Apa saja alternatif pintu gerak dan penentuan lokasi bendung yang paling tepat digunakan dalam mengatasi banjir rob di daerah Desa Ujungmanik ?
- c. Bagaimana urutan prioritas pintu gerak dan penentuan lokasi bendung yang dipilih melalui metode Analytical Hierarchy Process dalam penelitian ini?
- d. Berapa luas catchment area pada lokasi penelitian?
- e. Bagaimana perhitungan curah hujan rencana di area sungai parit daerah tersebut?
- f. Bagaimana perhitungan debit banjir rencana di area sungai parit?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan perencanaan ini adalah untuk :

- a. Menentukan kriteria yang mempengaruhi dalam pemilihan tipe pintu gerak dan penentuan lokasi pada bendung.

- b. Mengetahui alternatif tipe pintu bendung gerak dan penentuan lokasi bendung dalam mengatasi banjir pasang surut di Desa Ujungmanik.
- c. Mengetahui prioritas pintu gerak dan penentuan lokasi bendung yang dipilih melalui metode Analytical Hierarchy Process.
- d. Mengetahui catchmen area pada lokasi proyek
- e. Mengetahui intensitas curah hujan
- f. Mengetahui debit banjir rencana

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perubahan Iklim

Pemanasan global yang diikuti oleh perubahan iklim telah menjadi sebuah bencana baru di dunia. Tidak seperti bencana tsunami, letusan gunung api, serta gempa bumi yang memberikan dampak besar tetapi bersifat sementara pemanasan global memberikan dampak yang lambat tetapi pasti dan bersifat permanen. Pemanasan global telah menyebabkan mencairnya es di kutub. Suhu air laut yang meningkat menyebabkan air laut memuai sehingga volume air laut meningkat (Adi & Wahyudi, 2018). Salah satu dampak dari perubahan iklim yang secara nyata dapat dilihat adalah naiknya permukaan air laut. Naiknya permukaan air laut menyebabkan luas daratan berkurang dan garis pantai mengalami kemunduran. Hal ini menyebabkan saat pasang terjadi, air laut masuk sampai ke permukiman dan penggunaan lahan lain serta mengganggu aktivitas warga (Adi & Wahyudi, 2015).

Perubahan iklim dapat mengakibatkan suatu bencana banjir dan rob. Banjir dan rob merupakan peristiwa menggenangnya air di daratan secara luas, khususnya untuk banjir pasang. Trewartha dan Horn (1995) menyatakan bahwa perubahan iklim adalah variasi-variasi iklim yang terjadi selama kurun waktu lebih dari 30 tahun. Perubahan iklim berpotensi menyebabkan banjir melalui peningkatan curah hujan, peningkatan aliran sungai gletser, dan peningkatan permukaan air laut akibat mencairnya es di kutub bumi atau dalam istilah Indonesia dikenal dengan rob (Wahyudi, Adi & Schultz, 2017)

2.2 Bentuk Penanganan terhadap Iklim

Banjir rob dan fenomena lain yang timbul sebagai efek samping dari naiknya permukaan air laut yang telah disebutkan di atas memberikan dampak secara langsung maupun tidak langsung terhadap perubahan kesejahteraan masyarakat. Dampak tersebut umumnya merupakan kehilangan pendapatan atau peningkatan jumlah pengeluaran untuk beradaptasi, misalnya biaya rekonstruksi rumah, biaya pembelian air bersih, dan lain sebagainya (Wahyudi, A, Rochim, & Marot, 2014)

Menurut Marfai, penanganan banjir rob harus ditindak dengan serius, pemerintah harus membatasi kegiatan yang dapat memperburuk banjir rob. Adapun kegiatan yang harus diawasi terbagi menjadi beberapa bagian yaitu sebagai berikut :

- a. Kegiatan yang diperbolehkan yaitu kegiatan pembangunan ruang terbuka hijau, polder, kolam retensi, stasiun rumah pompa, tanggul, bendung sungai, saluran drainase dan prasarana kota lainnya.
- b. Kegiatan yang boleh dilaksanakan namun dengan beberapa syarat yaitu kegiatan pembangunan yang tidak merusak system drainase setempat dan dapat beradaptasi dengan permasalahan rob, serta pembangunan ruang terbuka non hijau yang dapat memperbanyak infiltrasi air permukaan ke dalam tanah.
- c. Kegiatan yang diperbolehkan terbatas adalah kegiatan pembangunan permukiman dengan mempertimbangkan kelestarian kawasan dan daya dukung lingkungan.
- d. Kegiatan yang dilarang adalah kegiatan dan atau pembangunan yang mengancam kerusakan dan atau menurunkan kualitas sanitasi lingkungan.
- e. Penetapan batas dataran rob dilakukan oleh instansi yang berwenang.

Namun upaya adaptasi terhadap kenaikan muka air laut dapat dilakukan dengan dua hal yaitu upaya fisik dan non fisik. Upaya fisik dapat berupa perlindungan alami dan buatan. Sementara upaya non fisik dapat dilakukan dengan membuat peta rawan bencana, informasi publik dan penyuluhan, pelatihan serta simulasi mitigasi bencana. Upaya fisik merupakan upaya perlindungan dengan membangun infrastruktur untuk melindungi dari kenaikan muka laut, baik itu banjir rob maupun pasang surut air laut. Upaya fisik dengan metode perlindungan alami dapat dilakukan dengan menanam mangrove, terumbu karang, atau hutan. Sedangkan upaya fisik dengan metode alami dapat dilakukan dengan membangun pemecah arus, bendung, tembok laut, tanggul, konstruksi perlindungan dan rumah panggung (Adi & Wahyudi, 2018).



Gambar 2.1. Peninggian lantai rumah sampai setinggi jendela sebagai bentuk adaptasi banjir rob di Desa Grugu Cilacap ((Wahyudi et al., 2015))

Banyaknya fenomena banjir pesisir atau biasa disebut banjir rob, pada kawasan pesisir utara pulau jawa saat ini, kemungkinan merupakan salah satu akibat dari perubahan muka air laut karena pemanasan global (Ham, Schuller, Heikoop, Adi, & Wahyudi, 2015). Pesisir Cilacap merupakan salah satu kawasan pesisir utara Pulau Jawa yang saat ini selalu menghadapi bencana pesisir berupa banjir dan genangan. Analisis bencana banjir rob penting dilakukan dalam kaitannya dengan pengelolaan pesisir terpaduan untuk menunjang pembangunan daerah (Kraas, 2007; Ward et al, 2010). Pemodelan genangan dan identifikasi permasalahan lingkungan merupakan salah satu upaya awal dalam menyusun rencana pengelolaan pesisir yang berbasis bencana pesisir (Ward et al, 2009).



Gambar 2.2. Peninggian Elevasi Rumah Warga (Sumber : Marfai, 2014)

2.3 Pasang Surut

Banjir dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok berdasarkan faktor alam. Ketiga faktor tersebut adalah pasang surut alias banjir rob dan intensitas hujan tinggi, banjir kiriman. Berikut adalah jenis-jenis banjir.

- a. Banjir Rob berasal banjir yang airnya berasal dari air laut. Banjir rob ini merupakan bencana banjir yang diakibatkan oleh pasang air laut, sehingga air yang pasang tersebut menggenangi daratan. Bencana banjir rob ini juga sering dikenal sebagai banjir genangan, bencana banjir rob ini akan sering melanda atau pernah terjadi di daerah yang permukaannya lebih rendah dari pada permukaan air laut itu sendiri.
- b. Banjir kiriman merupakan banjir yang dikirim daerah yang lebih tinggi menuju ke daerah yang lebih rendah. Penyebabnya adalah karena kurangnya resapan air di daerah yang lebih tinggi tersebut yang menyebabkan air mengalir ke tempat yang lebih rendah. Penanggulangannya di buat banyak tempat resapan.

2.4 Kerugian Akibat Air Laut Pasang

Banjir rob akan menyebabkan kerusakan pada infrastruktur. Bangunan akan mengalami kerusakan ataupun penurunan kualitas dikarenakan tidak dapat bertahan dengan genangan air laut yang masuk ke daratan. Permukiman, jalan, sawah, tambak, industri serta jalan terkena dampak banjir pasang. Kerusakan infrastruktur memberikan kerugian yang besar bagi masyarakat. Aktivitas masyarakat menjadi terganggu akibat adanya kerusakan terhadap infrastruktur. Air laut yang terlalu lama menggenangi di permukaan tanah akan mempengaruhi kesuburan tanah dan sifat tanah. Genangan air laut dapat meningkatkan salinitas tanah pada daerah genangan. Hal ini akan berakibat pada penurunan kesuburan tanah sehingga tidak dapat dimanfaatkan lagi sebagai lahan budidaya pertanian. Lahan sawah yang mengalami genangan banjir menjadi tidak produktif lagi dan berdampak pada penurunan produktivitas pertanian. Genangan air laut juga memberikan dampak buruk pada sumber daya air di daerah yang terdampak rob. Air laut pasang yang masuk ke sungai atau saluran – saluran air yang berhubungan langsung dengan laut. ((Wismarini & Ningsih, 2010))



Gambar 2.3. Dampak Rob Pada Pemukiman Warga (Sumber : Marfai, 2014)

2.5 Resiko Bencana dan Kerentanan

2.5.1 Potensi Bahaya

Hujan dengan intensitas tinggi yang mengguyur seluruh wilayah Indonesia ini bisa mengakibatkan banjir apabila wilayah yang rawan untuk banjir ini bisa sangat cepat terendam banjir.

2.5.2 Tingkat Kerentanan

Derajat kerusakan yang ditimbulkan banjir Rob pada setiap daerah mungkin akan berlainan tergantung pada daya dukung wilayah atau kapasitas dari ekosistem pesisir dan lautan. Terjadinya perubahan lingkungan yang diakibatkan oleh pasang surut air laut atau banjir rob, akan menimbulkan pengaruh yang besar terhadap masyarakat, terutama yang bertempat tinggal di sekitar pantai. (Maizir, 2016)

2.6 Mitigasi Bencana Banjir Pasang Laut

2.6.1 Mitigasi Struktural

Mitigasi bencana di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil dapat dilakukan secara struktural, yaitu dengan melakukan upaya teknis, baik secara alami maupun buatan, seperti pembuatan breakwater dan penanaman mangrove untuk mitigasi tsunami, pembangunan tanggul-tanggul, kanal-kanal diversifikasi, pintu-pintu air pengendali banjir, normalisasi sungai dan sistem polder pada daerah rawan banjir, groin pada wilayah pesisir yang tererosi dan pembuatan struktur tahan bencana (Adi & Wahyudi, 2018).

2.6.2 Mitigasi Non Struktural

Mitigasi secara nonstruktural adalah upaya non teknis yang menyangkut penyesuaian dan pengaturan tentang kegiatan manusia agar sejalan dan sesuai dengan upaya mitigasi struktural maupun upaya lainnya. Mitigasi secara nonstruktural antara lain dengan membuat kebijakan tata guna lahan, kebijakan mengenai standarisasi bangunan tahan bencana, kebijakan tentang eksplorasi dan kegiatan perekonomian masyarakat kawasan pesisir, kesadaran masyarakat, serta penyuluhan dan sosialisasi mengenai mitigasi bencana.

2.6.3 Penanganan Banjir dan Rob

Konsep penanggulangan banjir rob diantaranya :

- Membatasi aliran masuk rob ke arah daratan
- Membuat tampungan sementara air dari daratan yang seharusnya terbangun ke hilir
- Memompa air yang tertampung ini ke arah hilir secara periodik
- Memperbesar kapasitas sungai dan drainase yang ada

Pembangunan fisik yang dilaksanakan diantaranya :

- Membuat tanggul pemisah wilayah daratan dan tambak
- Membuat longstorage/saluran gendong sejajar dengan tanggul pemisah ROB ini
- Pengadaan pompa dan rumah pompa untuk membuat air yang tertampung dalam longstorage secara periodik
- Membuat tanggul tanggul sungai dan atau meninggikan parapet sungai yang masih kurang tinggi
- Melakukan normalisasi sungai
- Membuat kolektor drain pada beberapa lokasi yang memerlukan dan pengadaan pompa bila diperlukan agar dapat membuat air yang ditampung dalam kolektor drain ke sungai/laut

Selain pekerjaan fisik tersebut diatas juga perlu dilakukan normalisasi sungai yang telah mengalami sedimentasi.

2.7 Penentuan Luas Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai suatu daerah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang fungsinya menampung,

menyimpan dan mengalirkan air yang asalnya dari air hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batasannya didarat adalah pemisah antara topografis serta batasan dilaut sampai dengan daerah perairan yang masih berpengaruh aktivitas daratan (Kodoatie dan Sjarief, 2005). Untuk penentuan luas DAS pada perencanaan mengacu pada Perencanaan Pengembangan Wilayah Sungai dalam rangka peningkatan kemampuan penyediaan air sungai untuk berbagai kebutuhan hidup masyarakat, sehingga meliputi beberapa ketentuan antara lain (Soemarto, 1999) :

2.8 Analisis Hidrologi

2.8.1 Perhitungan Curah Hujan Rata-rata

Perhitungan curah hujan rata-rata DTA dimaksudkan untuk mendapatkan nilai curah hujan rata-rata DTA, yang merupakan hasil penggabungan nilai curah hujan yang diperoleh dari stasiun-stasiun pengamatan curah hujan dengan metode tertentu. Adapun metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata ada tiga macam cara :

- a. Cara rata-rata aljabar
- b. Cara polygon Thiessen
- c. Metode Isohyet

2.8.1.1 Metode Rata – Rata Aljabar

Cara ini bardasar rata-rata timbang (weighted average). Metode ini sering digunakan pada analisis hidrologi karena lebih teliti dan obyektif dibanding metode lainnya, dan dapat digunakan pada daerah yang memiliki titik pengamatan yang tidak merata. Cara ini adalah dengan memasukkan faktor pengaruh dalam setiap daerah yang mewakili oleh beberapa stasiun hujan yang disebut faktor pembobotan atau Koefisien Thiessen. Untuk pemilihan stasiun hujan yang akan dipilih harus meliputi daerah aliran sungai yang akan dibangun. Besarnya Koefisien Thiessen tergantung dari luas daerah pengaruh stasiun hujanmyang dibatasi oleh poligon-poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung stasiun. Setelah luas pengaruh tiap-tiap stasiun didapat, maka Koefisien Thiessen dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini dan diilustrasikan pada Gambar 2.4 (Soemarto, 1999).

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

(Sosrodarsono & Takeda, 1978)

Di mana :

R = Curah hujan rata-rata (mm)

R₁...R_n = Besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan

2.8.1.2 Metode Poligon Thiessen

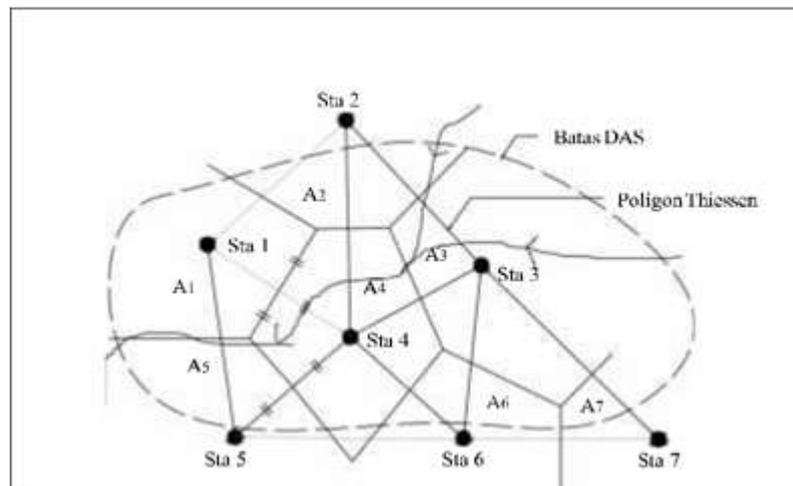
Metode Poligon Thiessen mempunyai ketelitian yang sangat tinggi, sehingga sangat bagus apabila digunakan dalam menghitung curah hujan rata-rata DTA yang masing-masing dipengaruhi oleh daerah lokasi stasiun pengamatan curah hujan berdasarkan peta jaringan sungai dan lokasi stasiun pengamatan.

Syarat-syarat penggunaan Metode Thiessen, yaitu :

- Stasiun hujan minimal 3 buah dan letak stasiun dapat tidak merata
- Daerah yang terlibat dibagi menjadi poligon-poligon, dengan stasiun pengamat hujan sebagai pusatnya.

Cara perhitungan :

Hubungkan titik-titik stasiun yang terdapat pada lokasi pengamatan sehingga terbentuk poligon, lalu tarik garis sumbu tegak lurus tepat di tengah-tengah garis-garis yang menghubungkan stasiun tersebut, sehingga diperoleh segmen-segmen yang merupakan daerah pengaruh bagi stasiun terdekat.



Gambar 2.4. Pembagian daerah pengaruh M

$$C = \frac{A_i}{A_{total}} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.3)$$

Metode Poligon Thiessen (Soemarto, 1999)

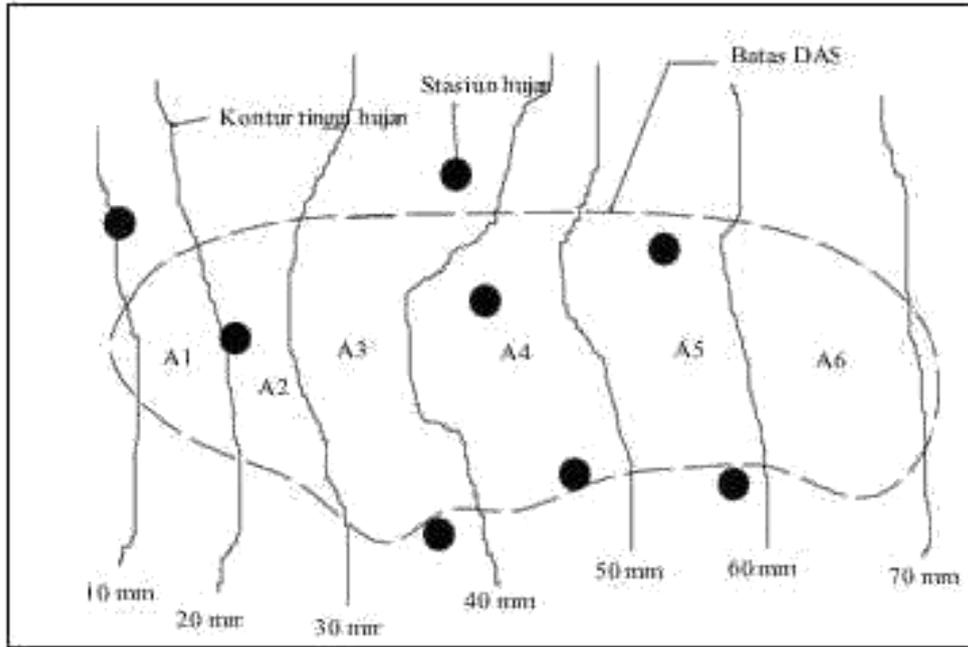
2.8.1.3 Metode Isohyet

Dengan adanya metode ini, kita semua bisa menggambar dahulu kontur tinggi hujan yang sama (isohyet). Kemudian luas bagian diantara isohyet-isohyet yang berdekatan diukur, dan nilai rata-rata dihitung sebagai nilai rata-rata timbang nilai kontur, kemudian dikalikan dengan masing-masing luasnya. Hasilnya dijumlahkan dan dibagi dengan luas total daerah, maka akan didapat curah hujan areal yang dicari, seperti ditulis pada persamaan dibawah ini : (Soemarto, 1999).

$$R = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} A_1 + \frac{R_3 + R_4}{2} A_2 + \dots + \frac{R_n + R_{n-1}}{2} A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.4)$$

- R = Curah hujan rata-rata (mm)
- R₁, R₂,...,R_n = Curah hujan pada setiap titik stasiun (mm)
- A_i = Luas pengaruh dari stasiun

Ini adalah sebuah cara yang paling efektif dan bagus untuk mendapatkan hujan areal rata- rata, akan tetapi harus memerlukan jaringan pos penakar yang relatif lebih padat yang memungkinkan untuk membuat isohyet. Pada saat menggambar garis-garis isohyet, sebaiknya juga memperhatikan pengaruh bukit atau gunung terhadap distribusi hujan (hujan orografik). Untuk lebih jelasnya mengenai metode ini dapat diilustrasikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Metode Isohyet (Soemarto, 1999)

2.8.2 Analisis Data Curah Hujan Yang Hilang

Untuk melengkapi data yang hilang atau rusak diperlukan data dari stasiun lain yang memiliki data yang lengkap dan diusahakan letak stasiunnya paling dekat dengan stasiun yang hilang datanya. Untuk perhitungan data yang hilang dapat digunakan diantaranya dengan Metode Ratio Normal, Metode Reciprocal (kebalikan kuadrat jarak) dan dengan Metode Rata-rata aljabar.

Untuk metode ratio normal, syarat untuk menggunakan metode ini adalah rata-rata curah hujan tahunan stasiun yang datanya hilang harus diketahui, disamping dibantu dengan data curah hujan rata-rata tahunan dan data pada stasiun pengamatan sekitarnya.

Rumus :

$$R_{cl} = \frac{1}{n} \left\{ \left(\frac{R}{R} \right) + \left(\frac{R}{R} \right) \right\} \dots \dots \dots (2.5)$$

2.8.3 Uji Keselarasan

2.8.3.1 Metode Gumbel

Rumus untuk perhitungan Distribusi Probabilitas Gumbel di bawah ini

$$X_T = X + S \times K$$

dimana :

X_T = hujan rencana (mm)_

X = nilai rata-rata dari hujan

S = Standar deviasi dari data hujan

K = Faktor frekuensi Gumbel : $K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$

S_n

Y_t = reduced variate (lampiran tabel)

S_n = reduced standar (lampiran tabel)

Y_n = reduced mean (lampiran tabel)

Tabel 2.1. Reduced mean (Y_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5300	0,5820	0,5882	0,5343	0,5353
30	0,5363	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5400	0,5410	0,5418	0,5424	0,5430
40	0,5463	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5468	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600									

Tabel 2.2. Reduced Standard Deviation (S_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0315	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1923	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2046	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065									

Tabel 2.3. Reduced Variate (Y_T)

Periode Ulang (Tahun)	Reduce Variate
2	0,3665

Periode Ulang (Tahun)	Reduce Variate
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
200	5,2960
500	6,2140
1000	6,9190
5000	8,5390
10000	9,9210

Tabel 2.4. Standard Variabel

T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt	T (Tahun)	Kt
1	-1,86	20	1,89	90	3,34
2	-0,22	25	2,1	100	3,45
3	0,17	30	2,27	110	3,53
4	0,44	35	2,41	120	3,62
5	0,64	40	2,54	130	3,7
6	0,81	45	2,65	140	3,77
7	0,95	50	2,75	150	3,84
8	1,06	55	2,86	160	3,91
9	1,17	60	2,93	170	3,97
10	1,26	65	3,02	180	4,03
11	1,35	70	3,08	190	4,09
12	1,43	75	3,6	200	4,14
13	1,5	80	3,21	221	4,24
14	1,57	85	3,28	240	4,33
15	1,63	90	3,33	260	4,42

2.8.3.2 Metode Log Normal

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + (K_T \times S \text{ Log } X)$$

Dimana :

Log X_T = nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T

$\overline{\text{Log } X}$ = nilai rata-rata dari log X = $\frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$

S Log X = Deviasi standar dari Log X = 0,5

$$S \text{ Log } X = \frac{\sum(\text{Log } X_i - \text{Log } X)^2}{10 - 1}$$

K_T = faktor frekuensi, nilainya tergantung dari T

Tabel 2.5. Faktor frekuensi k untuk distribusi log normal 3 parameter

Koef. Kemencengan (CS)	Peluang Kumulatif (%)					
	50	80	90	95	98	99
	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	20	50	100
-2,00	0,2366	-0,6144	-1,2437	-1,8916	-2,7943	-3,5196
-1,80	0,2240	-0,6395	-1,2621	-1,8928	-2,7578	-3,4433
-1,60	0,2092	-0,6654	-1,2792	-1,8901	-2,7138	-3,3570
-1,40	0,1920	-0,6920	-1,2943	-1,8827	-2,6615	-3,2001
-1,20	0,1722	-0,7186	-1,3057	-1,8696	-2,6002	-3,1521
-1,00	0,1495	-0,7449	-1,3156	-1,8501	-2,5294	-3,0333
-0,80	0,1241	-0,7700	-1,3201	-1,8235	-2,4492	-2,9043
-0,60	0,0959	-0,7930	-1,3194	-1,7894	-2,3660	-2,7665
-0,40	0,0654	-0,8131	-1,3128	-1,7478	-2,2631	-2,6223
-0,20	0,0332	-0,8296	-1,3002	-1,5993	-2,1602	-2,4745
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,20	-0,0332	0,8296	1,3002	1,5993	2,1602	2,4745
0,40	-0,0654	0,8131	1,3128	1,7478	2,2631	2,6223
0,60	-0,0959	0,7930	1,3194	1,7894	2,3660	2,7665
0,80	-0,1241	0,7700	1,3201	1,8235	2,4492	2,9043
1,00	-0,1495	0,7449	1,3156	1,8501	2,5294	3,0333
1,20	-0,1722	0,7186	1,3057	1,8696	2,6002	3,1521
1,40	-0,1920	0,6920	1,2943	1,8827	2,6615	3,2001
1,60	-0,2092	0,6654	1,2792	1,8901	2,7138	3,3570
1,80	-0,2240	0,6395	1,2621	1,8928	2,7578	3,4433
2	-0,2366	0,6144	1,2437	1,8916	2,7943	3,5196

2.8.3.3 Metode Log Pearson Type III

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + (K_T \times S \text{ Log } X)$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$ = nilai logaritma hujan rencana dengan periode ulang T

$\overline{\text{Log } X}$ = nilai rata-rata dari $\text{log } X = \frac{\sum \text{Log } X_i}{n}$

$S \text{ Log } X$ = Deviasi standar dari $\text{Log } X = 0,5$

$$S \text{ Log } X = \frac{\sum (\text{Log } X_i - \text{Log } X)^2}{10 - 1}$$

K_T = variabel standar, besarnya tergantung koefisien kemencengan

Tabel 2.6.Harga untuk Distribusi Log Pearson tipe III

Koefisien Kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	2,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	2,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	2,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	2,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	2,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	2,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465

-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

2.8.4 Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Untuk menentukan Debit Banjir Rencana (Design Flood), perlu didapatkan harga suatu Intensitas Curah Hujan terutama bila digunakan metode rational. Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Analisis intensitas curah hujan ini dapat diproses dari data curah hujan yang telah terjadi pada masa lampau.

2.8.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramal besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Berdasarkan curah hujan rencana tersebut kemudian dicari intensitas hujan yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana.

Untuk meramal curah hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi data hujan. Ada beberapa metode analisis frekuensi yang dapat digunakan yaitu :

2.8.5.1 Metode Haspers

Tinggi hujan yang diperhitungkan untuk analisa perhitungan debit rencana dengan metode Haspers adalah tinggi hujan pada titik pengamatan.

Rumus :

$$Q_t = \alpha \times \beta \times q_n \times A$$

Di mana :

- Q_t = Debit banjir rencana untuk periode ulang tertentu (m^3/dt)
 α = *Run off coefficient*/koefisien pengaliran
 β = *Reduction coefficient*/koefisien reduksi
 q_n = Intensitas hujan yang diperhitungkan ($m^3/dt/km^3$)
 A = Cathment area (km^2)

2.8.5.2 Metode Weduwen

Rumus dari metode Weduwen adalah sebagai berikut, (Loebis,1984) :

$$Q_t = \alpha \cdot \beta \cdot q \cdot A$$

$$\beta = \frac{1 + \frac{t+1}{t+9} A}{1 \quad A}$$

$$q_n = \frac{K}{2} \cdot \frac{6 \quad 6}{t+14}$$

$$\alpha = 1 - \frac{41}{\beta \cdot q \cdot 7}$$

2.8.5.3 Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Metode Nakayasu dari Jepang menyelidiki hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang. Metode nakayasu menggunakan tahapan perhitungan sebagai berikut :

$$Q_p = \frac{C \cdot A \cdot R_o}{3,6 \cdot (0,3 \cdot T_p + T_{0,3})}$$

dengan :

Q_p = Debit puncak banjir (m^3/det)

R_o = Hujan satuan (mm)

T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

A = Luas daerah tangkapan sampai outlet

C = Koefisien pengaliran

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$T_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$T_{0,3} = a t_g$$

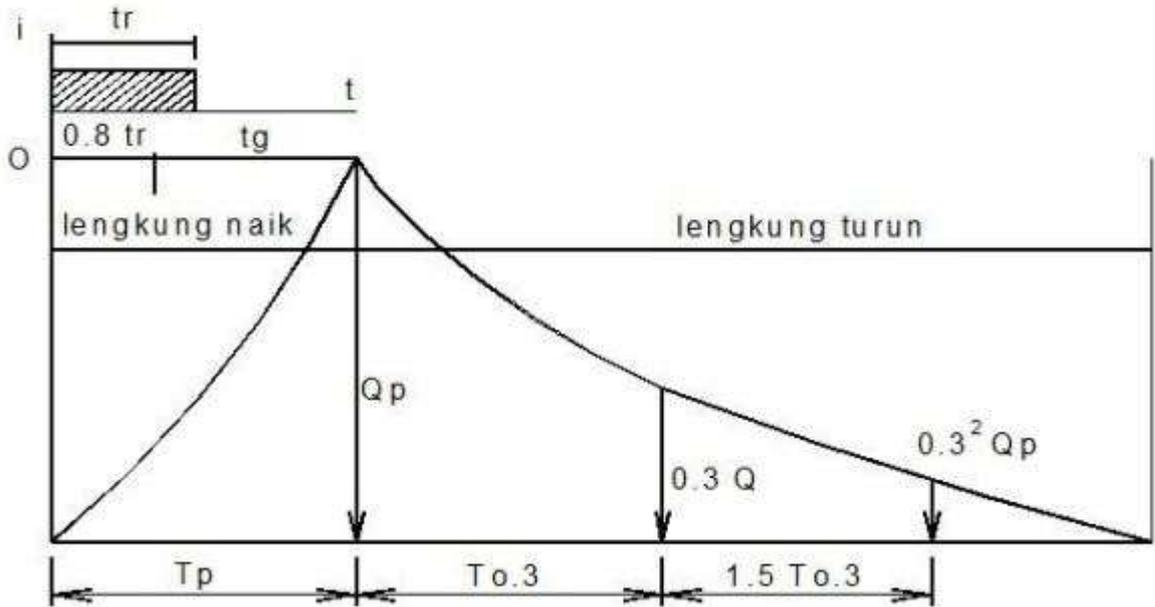
$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g$$

t_g adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam). t_g dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

- Sungai dengan panjang alur $L > 15$ km : $t_g = 0,4 + 0,058 L$
- Sungai dengan panjang alur $L < 15$ km : $t_g = 0,21 L^{0,7}$

dimana :

- tr = Satuan Waktu hujan (jam)
- a = Parameter hidrograf, untuk
- a = 2 => Pada daerah pengaliran biasa
- a = 1,5 => Pada bagian naik hydrograf lambat, dan turun cepat
- a = 3 => Pada bagian naik hydrograf cepat, turun lambat



Gambar 2.6. Hidrograf Satuan – Metode Nakayasu

1. Pada waktu naik : $0 < t < T_p$

$$Q_p = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} Q_p$$

dimana,

- $Q(t)$ = Limpasan sebelum mencari debit puncak (m^3)
- t = Waktu (jam)

2. Pada kurva turun (*decreasing limb*)

1. Selang nilai : $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q(t) = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}}$$

2. Selang nilai: $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5 \cdot T_{0,3}}}$$

3. Selang nilai : $1,5 T_{0,3} > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{(t)} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+1,5 \cdot T_{0,3})}{2,0 \cdot T_{0,3}}}$$

Rumus tersebut diatas merupakan rumus empiris, maka penerapannya terhadap suatu daerah aliran harus didahului dengan suatu pemilihan parameter-parameter yang sesuai yaitu T_p dan a , dan pola distribusi hujan agar didapatkan suatu pola hidrograf yang sesuai dengan hidrograf banjir yang diamati.

Hidrograf banjir dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_k = \sum_{i=1}^n U_i \cdot P_{n-(k-i)} - B_f$$

dimana :

Q_k = Debit Banjir pada jam ke – k

U_i = Ordinat hidrograf satuan ($i = 1, 2, 3 \dots n$)

P_n = Hujan netto dalam waktu yang berurutan ($n = 1,2,\dots n$)

B_f = Aliran dasar (*base flow*)

2.9 Pengertian Bendung

Bendung adalah pembatas yang dibangun melintasi sungai yang dibangun untuk mengubah karakteristik aliran sungai. Dalam banyak kasus, bendung merupakan sebuah konstruksi yang jauh lebih kecil dari bendungan yang menyebabkan air menggenang membentuk kolam tetapi mampu melewati bagian atas bendung. Bendung mengizinkan air meluap melewati bagian atasnya sehingga aliran air tetap ada dan dalam debit yang sama bahkan sebelum sungai dibendung. Bendung bermanfaat untuk mencegah banjir, mengukur debit sungai, dan memperlambat aliran sungai sehingga menjadikan sungai lebih mudah dilalui. (wikipedia, 2018)

2.9.1 Manfaat Bendung

Menurut Bargess, bendung merupakan salah satu apa yang disebut Diversion Hard Work, yaitu bangunan utama dalam suatu jaringan irigasi yang berfungsi untuk menyadap air dari suatu sungai sebagai sumbernya. Bendung adalah suatu bangunan konstruksi yang terletak melintang memotong suatu aliran sungai dengan tujuan untuk menaikkan elevasi muka air yang kemudian akan digunakan untuk mengalir daerah yang lebih tinggi. (Bargess et al., 2000)

2.9.2 Jenis-jenis Bendung

2.9.2.1 Bendung Tetap

Bendung tetap adalah jenis bendung yang tinggi pembendungannya tidak dapat diubah, sehingga muka air di hulu bendung tidak dapat diatur sesuai yang dikehendaki. Pada bendung tetap elevasi muka air di hulu bendung berubah sesuai dengan debit sungai yang sedang melimpas (muka air tidak bisa diatur naik ataupun turun). Bendung tetap biasanya dibangun pada daerah hulu sungai. Pada daerah hulu sungai kebanyakan tebing-tebing sungai relative lebih curam dari pada di daerah hilir (Supratman, 2001). Menurut Supratman bendung tetap dipergunakan untuk meninggikan muka air sungai sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier. Bangunan bendung beserta kelengkapannya dibangun sudetan atau melintang sungai, bangunan bendung juga sengaja dibuat agar dapat meninggikan muka air dengan ambang tetap sehingga air sungai bisa terus disadap untuk dialirkan secara gravitasi ke jaringan – jaringan irigasi. Kelebihan airnya dilimpahkan ke bagian hilir dengan terjunan kolam olak dengan tujuan meredam energi.

2.9.2.2 Bendung Gerak

Bendung ini terdiri dari tubuh bendung dengan ambang tetap yang rendah dilengkapi dengan pintu – pintu yang dapat digerakkan vertikal maupun radial. Tipe ini mempunyai fungsi ganda, yaitu mengatur tinggi muka air di hulu bendung kaitannya dengan muka air banjir dan meninggikan muka air sungai kaitannya dengan penyadapan (pemanfaatan) air untuk berbagai keperluan. Operasional di lapangan dilakukan dengan membuka pintu seluruhnya pada saat banjir besar atau membuka pintu sebagian pada saat banjir sedang dan kecil.

Pintu ditutup sepenuhnya pada saat kondisi normal, yaitu untuk keperluan penyadapan air (Umum, 2016).

2.9.3 Dampak Bendung

Bendungan merupakan salah satu infrastruktur yang dibangun pemerintah melalui dinas Pekerjaan Umum (PU) yang bertujuan untuk mendukung kesejahteraan masyarakat dibidang irigasi. Bendungan adalah sebuah rintangan yang dibangun di sungai guna menghambat aliran air sungai. Adapun fungsi- fungsi bendungan antara lain:

- Untuk memasok air minum
- Menghasilkan tenaga listrik
- Meningkatkan pasokan air irigasi
- Memberikan kesempatan rekreasi dan meningkatkan aspek- aspek lingkungan tertentu

Bendungan merupakan salah satu ekosistem buatan manusia, yang mana dalam pembangunannya langsung melibatkan lingkungan yang berada di sekitarnya. Sehingga apabila dalam pembangunan ini tidak diperhitungkan secara matang, maka akan berdampak kepada ekosistem satwa dan tumbuhan dan sosial yang berada di hulu maupun di hilir.

Bendungan dibangun memang memiliki dampak positif bagi manusia. Tetapi apabila dalam pembangunan suatu bendungan tidak dipertimbangkan secara matang maka banyak masalah yang akan ditimbulkannya bagi manusia itu sendiri, dan kesejahteraan bagi masyarakat pun tidak dapat terwujud.

Menurut Agus Maryono, merinci berbagai dampak yang terjadi pada saat pembangunan bendungan besar berimbas kepada:

- Kerusakan hutan, lansekap dan tanah
- Punahnya beberapa ekosistem flora dan fauna yang hidup
- Masalah sosial ekonomi masyarakat yang terkena dampak akibat penggenangan bendungan besar ini
- Perubahan kualitas air bendungan akibat pembusukan hutan dan vegetasi yang tergenang
- Perubahan transportasi sedimen sepanjang alur sungai

- Perubahan karakteristik banjir yang menyebabkan perubahan habitat flora dan fauna sungai
- Interupsi alur sungai yang dapat menyebabkan terjadinya kepunahan berbagai jenis ikan-ikan sungai yang bermigrasi

Pembangunan bendungan berdampak langsung kepada penurunan kualitas air sungai. Akibat dari itu dapat mengancam populasi ikan bermanfaat dan menimbulkan masalah terhadap ternak dan manusia, Karena mengubah sistem dari sungai ke danau juga menciptakan habitat yang lebih bagi nyamuk dan siput (Lanza, 1971).

2.10 Pintu Air Pada Bendung

Tipe Bendung gerak dibedakan berdasarkan jenis pintu yang digunakan, antara lain :

1. Bendung gerak dengan pintu air tipe Flap Gate

Flap Gate adalah pintu bendung yang terbuka dan menutupnya secara otomatis, namun terbuka dan tertutupnya secara otomatis ini dipengaruhi oleh perbedaan tinggi muka air di hulu dan di hilir bangunan. Letak pintu klep dapat diatur untuk memasukkan air pada saat air pasang dan dapat menahan air pada waktu surut ataupun sebaliknya sesuai kebutuhan. Flap Gate biasa dibuat dari material baja yang dianggap kuat dan mudah untuk dibentuk sesuai kebutuhan, pintu flap ini dihargai 17 juta/ m². (Noverdo, 2014).

Flap Gate ini dipasang untuk menahan air di saluran dan di lahan. Jika klep terbuka ke dalam, pintu tertutup pada waktu surut dan terbuka pada waktu pasang sehingga air yang sudah masuk tidak dapat keluar kembali. Klep ini juga bisa dipasang supaya membuang air dari saluran. Bila klep terbuka keluar, air tidak bisa masuk pada waktu pasang, tetapi dibuang pada waktu surut. (Noverdo, 2014).



Gambar 2.7. Pintu Air Tipe Flap (Sumber : Anonim, 2013)

2. Bendung gerak dengan tipe pintu Radial

Bagian bagian pintu ini terdiri dari daun pintu yang berbentuk busur, kaki dan balok utama. Tekanan air pintu ini disangga oleh sendi kanan dan kiri. Pintu air ini dibuat dari pelat baja yang kuat sehingga harganya relatif murah dibanding dengan pintu air jenis lain. Pintu Radial ditaksir dengan harga 216 juta/ m² (Barata, 2012). Kelebihan pintu radial ini adalah celah bukaannya yang tidak terlalu tinggi dikarenakan gerakannya yang memutari sendinya. Namun pintu radial ini juga memiliki kekurangan yaitu prosek produksinya yang sulit karena konstruksi tiga dimensi, maka dari itu desain, pengerjaan dan pemasangannya harus dikerjakan dengan sangat hati-hati. Pintu radial ini juga sangat lemah terhadap gaya gaya limpasan.(Noverdo, 2014).



Gambar 2.8. Bendung New Hogan dengan Pintu Radial (Sumber : Lemke Industrial, 2001)

3. Bendung Gerak Tipe Pintu Geser atau Sorong

Pintu geser cocok digunakan untuk lebar dan tinggi bukaan yang kecil dan sedang. Material yang digunakan untuk pintu geser diharapkan memiliki bobot yang kecil, karena Pintu Geser digerakkan dengan diangkat ke atas akan membutuhkan peralatan angkat yang besar juga jika bobot pintu terlalu berat. Sebaiknya pintu berbobot cukup ringan tetapi harus memiliki kekakuan yang tinggi sehingga bila diangkat tidak mudah bergetar karena gaya dinamis aliran air. Dilansir dari SHBJ ditahun 2015, harga untuk pintu airnya saja ditaksir lebih kurang 6 juta/ m² untuk pintu yang dibuat dari baja. Konstruksi pintu ini menggunakan sistem perapat bahan seal karet dengan berbagai bentuk, salah satunya bentuk seal balok umumnya dipasang pada perapat sisi pier atau pada bagian atas sedangkan tipe balok dipasang sebagai perapat dasar pintu. (Arsyad, 2017).

Pemasangan pintu Sorong sebagai pengatur elevasi air membutuhkan bangunan (beton) ambang tetap. Fungsi operasional pintu tipe ini adalah agar dapat mengatur elevasi muka air disebelah hulu melalui bukaan atas (overflow) dalam kondisi debit air saluran masuk normal dan bukaan bawah (underflow) bila keadaan debit air saluran masuk dibawah normal. Pengoperasian pintu ini independen.(PU_Pengairan, 1986).



Gambar 2.9. Pintu Bendung tipe Geser (Sumber : PoolMecanical, 2013)

4. Bendung Karet

Bendung karet adalah bendung gerak yang terbuat dari tabung karet yang mengembang sebagai sarana operasi pembendungan air. Bendung karet memiliki fungsi yang sama dengan bendung lainnya yaitu, meninggikan muka air dengan cara mengembungkan tubuh bendungnya, dan mengempiskan tubuh bendungnya untuk menurunkan muka air. Bendung Karet dapat dibuka secara otomatis dengan pengempisan tabung karet tersebut, namun mengembangkannya hanya bisa dilakukan secara manual. (Wilayah, 2004).

Bendung Karet harus dibuat dengan material yang berkualitas dan lolos standart. Bahan karet yang digunakan yaitu lembaran karet yang dibuat dari karet asli atau sintetik yang elastik, kuat, dan tahan lama. Karet yang digunakan harus memiliki spesifikasi kekerasan yang telah melalui tes abrasi menggunakan metode H18 dengan beban 1kg pada putaran 1000 kali tidak melampaui 0,8 m³/mil. Kuat tarik dari karet yang akan digunakan harus $\geq 150 \text{ kg/cm}^2$ pada suhu normal, namun pada suhu 100° $\geq 120 \text{ kg/cm}^2$. (Wilayah, 2004).

Dalam pembuatannya, Bendung Karet dibagi menjadi 2, yaitu :

a. Bendung Karet Isi Udara

Bendung karet isi udara adalah bendung karet yang pengisinya udara sebagai media pengisi tabung karet

b. Bendung Karet Isi Air

Bendung karet isi air adalah bendung karet yang menggunakan media air sebagai media pengisi tabung karet

Dalam menerapkan Bendung Karet harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

- a. Menerapkan alternatif bendung jenis lain yang lebih murah harganya, namun tidak mengabaikan kualitas dan efektifitas dibangunnya bendung. (Wilayah, 2004)
- b. Bendung karet hanya boleh digunakan pada kondisi yang apabila digunakan bendung tetap akan menimbulkan peningkatan ancaman banjir yang lebih sulit diatasi. (Wilayah, 2004)
- c. Alternatif bendung karet dipilih apabila bendung gerak jenis lain tidak bisa menjamin kepastian pembukaan bendung pada saat banjir datang, mengingat daerah yang harus diamankan dari ancaman banjir merupakan kawasan penting. (Wilayah, 2004).



Gambar 2.10. Bendung Karet (Sumber : Astria, 2016)

2.11 Perencanaan Bendung

2.11.1 Menentukan Lokasi Bendung

Kinerja bendung dipengaruhi oleh beberapa aspek teknis untuk menemukan keterkaitan antara parameter teknis dalam menentukan lokasi dengan situasi, kondisi dan fungsi bendung. Berikut aspek - aspek yang harus dipertimangkan ketika membangun bendung :

A. Aspek Geoteknik

Kondisi geoteknik yaitu kondisi dimana kekuatan tanah dan batuan yang sangat menentukan stabilitas bendung yang akan kita bangun. Kemampuan menahan beban bangunan bendung sangat bergantung pada kekuatan tanah dan struktur batuan dibawahnya. Formasi batuan pada pondasi bendung harus batuan yang baik dan mantap. Kemantapan pondasi pada tanah aluvial harus menunjukkan angka penetrasi yang standar yaitu (SPT) > 40. (Soekrasno, 2015)

Kondisi geoteknik yang kurang baik dapat menyebabkan gerusan lokal dan degradasi sungai, begitu juga kombinasi dengan erosi buluh dapat menyebabkan kestabilan bendung berkurang hingga dapat menyebabkan keruntuhan bendung karena kondisi geoteknik yang kurang baik. (Soekrasno, 2015)

Formasi batuan lebih disukai jika memperlihatkan lapisan miring di arah hulu. Jika kemiringan berada pada arah hilir akan menyebabkan munculnya kebocoran dan erosi buluh. Tebing bagian kanan dan kiri juga harus dipertimbangkan formasi batumannya karena pertimbangan kebocoran air yang melewati sisi kanan maupun sisi kiri bendung. Jadi, aspek geoteknik ini sangat dipertimbangkan karena daya dukung formasi batuan dan kemungkinan terjadinya erosi buluh disamping dan di bawah bendung, serta ketahanan batuan terhadap gerusan. (Soekrasno, 2015)

B. Aspek Hidraulik

Lokasi bendung yang berada pada sungai yang lurus menjadi keadaan hidraulik yang paling baik. Karena pada sungai yang lurus aliran airnya bergerak sejajar, arus turbulen terjadi dengan intensitas yang sedikit, gerusan dan endapan pada sisi tebing terjadi lebih rendah. (Soekrasno, 2015)

Posisi bangunan pengambilan yang berada pada posisi tikungan luar sungai memerlukan perhatian khusus, agar mencegah endapan didepan pintu pengambilan dan penyaluran air untuk kebutuhan irigasi lancar masuk keintake. Jika ditemukan keadaan dimana semua aspek terpenuhi namun aspek hidraulik tidak terpenuhi, mendapat toleransi dengan membangun bendung pada kopur atau dilakukan perbaikan hidraulik dengan jala perbaikan sungai. Jika toleransi kopur dipilih bagian hulu bendung harus cukup panjang dan lurus agar didapatkan keadaan hidraulik yang cukup baik. (Soekrasno, 2015)

C. Aspek Topografi

Lembah sungai yang berbentuk huruf V dengan kedalaman yang rendah menjadi lokasi yang bagus untuk menempatkan bendung. Karena lokasi ini menjadikan volume tubuh bendung menjadi minimal. Namun lokasi ini banyak ditemukan pada daerah pegunungan. Jika sudah menemukan lokasi yang topografinya bagus untuk bendung, harus dicek juga keadaan topografi pada daerah tangkapan air. Jika lokasinya terjal memungkinkan terjadinya longsoran. Selisih tinggi energi antara elevasi puncak bendung dilokasi yang dipilih dan elevasi muka air di sawah tertinggi dengan perlunya membawa air ke sawah itu akan menentukan tinggi rendahnya bendung yang diperlukan. Tinggi bendung sebaiknya 6-7 m. Ketika bendung dibuat lebih tinggi dari 7 m, maka harus dibuat juga kolam olak ganda (double jump). (Soekrasno, 2015)

D. Pengaruh Regime Sungai

Regime sungai mempunyai pengaruh yang cukup dominan dalam pemilihan lokasi bendung. Salah satu gambaran karakter regime sungai yaitu adanya perubahan geometri sungai baik secara horizontal ke kiri dan ke kanan atau secara vertikal akibat gerusan dan endapan sungai. Bendung di daerah pegunungan dimana kemiringan sungai cukup besar, akan terjadi kecenderungan gerusan akibat gaya seret aliran sungai yang cukup besar. Sebaliknya di daerah dataran dimana kemiringan sungai relatif kecil akan ada pelepasan sedimen yang dibawa air menjadi endapan tinggi di sekitar bendung. Jadi dimanapun kita memilih lokasi bendung tidak akan terlepas dari pengaruh endapan atau gerusan sungai. (Noverdo, 2014)

Kecuali di pegunungan ditemukan lokasi bendung dengan dasar sungai dari batuan yang cukup kuat, sehingga mempunyai daya tahan batuan terhadap gerusan air yang sangat besar, maka regime sungai hampir tidak mempunyai pengaruh terhadap lokasi bendung. Yang perlu dihindari adalah lokasi dimana terjadi perubahan kemiringan sungai yang mendadak, karena ditempat ini akan terjadi endapan atau gerusan yang tinggi. Perubahan kemiringan dari besar menjadi kecil akan mengurangi gaya seret air dan akan terjadi pelepasan sedimen yang dibawa air dari hulu. Dan sebaliknya perubahan kemiringan dari kecil ke besar akan mengakibatkan gerusan pada hilir bendung. Meskipun keduanya dapat diatasi dengan rekayasa hidraulik, tetapi hal yang demikian tidak disukai mengingat memerlukan biaya yang tinggi. Untuk itu disarankan

memilih lokasi yang relatif tidak ada perubahan kemiringan sungai. (Noverdo, 2014)

E. Ruang untuk Bangunan Pelengkap Bendung

Lembah sempit adalah pertimbangan topografis yang paling ideal, tetapi juga harus dipertimbangkan tentang perlunya ruangan untuk keperluan bangunan pelengkap bendung. Bangunan tersebut adalah kolam pengendap, bangunan kantor dan gudang, bangunan rumah penjaga pintu, saluran penguras lumpur, dan kompleks pintu penguras, serta bangunan pengukur debit. Kolam pengendap dan saluran penguras biasanya memerlukan panjang 300 – 500 m dengan lebar 40 – 60 m, diluar tubuh bendung. Lahan tambahan diperlukan untuk satu kantor, satu gudang dan 2- 3 rumah penjaga bendung. Pengalaman selama ini sebuah rumah penjaga bendung tidak memadai, karena penghuni tunggal akan terasa jenuh dan cenderung meninggalkan Lokasi. sempit adalah pertimbangan topografis yang paling ideal, tetapi juga harus dipertimbangkan tentang perlunya ruangan untuk keperluan bangunan pelengkap bendung. Bangunan tersebut adalah kolam pengendap, bangunan kantor dan gudang, bangunan rumah penjaga pintu, saluran penguras lumpur, dan kompleks pintu penguras, serta bangunan pengukur debit. Kolam pengendap dan saluran penguras biasanya memerlukan panjang 300 – 500 m dengan lebar 40 – 60 m, diluar tubuh bendung. Lahan tambahan diperlukan untuk satu kantor, satu gudang dan 2- 3 rumah penjaga bendung. Pengalaman selama ini sebuah rumah penjaga bendung tidak memadai, karena penghuni tunggal akan terasa jenuh dan cenderung meninggalkan lokasi. (Soekrasno, 2015)

F. Luas Daerah Tangkapan Air

Pada sungai bercabang lokasi bendung harus dipilih sebelah hulu atau hilir cabang anak sungai. Pemilihan sebelah hilir akan mendapatkan daerah tangkapan air yang lebih besar, dan tentunya akan mendapatkan debit andalan lebih besar, yang muaranya akan mendapatkan potensi irigasi lebih besar. Namun pada saat banjir elevasi dekster harus tinggi untuk menampung banjir 100 tahunan ditambah tinggi jagaan (free board) atau menampung debit 1000 tahunan tanpa tinggi jagaan. Lokasi di hulu anak cabang sungai akan mendapatkan debit andalan dan debit banjir relatif kecil, namun harus membuat bangunan silang sungai untuk membawa air di hilirnya. Kajian teknis,

ekonomis, dan sosial harus' dilakukan dalam memilih lokasi bendung terkait dengan luas daerah tangkapan air. (Soekrasno, 2015)

G. Tingkat Kemudahan Pencapaian

Setelah lokasi bendung ditetapkan secara definitif, dilanjutkan tahap perencanaan detail, sebagai dokumen untuk pelaksanaan implementasinya. Dalam tahap pelaksanaan inilah dipertimbangkan tingkat kemudahan pencapaian dalam rangka mobilisasi alat dan bahan serta demobilisasi setelah selesai pelaksanaan fisik. Memasuki tahap operasi dan pemeliharaan bendung, tingkat kemudahan pencapaian juga amat penting. Kegiatan pemeliharaan, rehabilitasi, dan inspeksi terhadap kerusakan bendung memerlukan jalan masuk yang memadai untuk kelancaran pekerjaan. Atas dasar pertimbangan tersebut maka dalam menetapkan lokasi bendung harus dipertimbangkan tingkat kemudahan pencapaian lokasi. (Soekrasno, 2015)

H. Biaya Pembangunan

Dalam pemilihan lokasi bendung, perlu adanya pertimbangan pemilihan beberapa alternatif, dengan memperhatikan adanya faktor dominan. Faktor dominan tersebut ada yang saling memperkuat dan ada yang saling melemahkan. Dari beberapa alternatif tersebut selanjutnya dipertimbangkan metode pelaksanaannya serta pertimbangan lainnya antara lain dari segi O & P. Hal ini antara lain akan menentukan besarnya biaya pembangunan. Biasanya biaya pembangunan ini adalah pertimbangan terakhir untuk dapat memastikan lokasi bendung dan layak dilaksanakan. (Soekrasno. 2015)

I. Kesepakatan Pemangku Kepentingan

Sesuai amanat dalam UU No. 11/1974 tentang Sumberdaya Air dan Peraturan Pemerintah No. 20/2006 tentang Irigasi serta PP No. 22/1982 tentang Tata Pengaturan air, bahwa keputusan penting dalam pengembangan sumberdaya air atau irigasi harus didasarkan kesepakatan pemangku kepentingan lewat konsultasi publik. Untuk itu keputusan mengenai lokasi bendungpun harus dilakukan lewat konsultasi publik, dengan menyampaikan seluas-luasnya mengenai alternatif-alternatif lokasi, tinjauan dari aspek teknis, ekonomis, dan sosial. Keuntungan dan kerugiannya, dampak terhadap para pemakai air di hilir bendung, keterpaduan antar sektor dan lain sebagainya. (Soekrasno. 2015)

2.11.2 Perencanaan Konstruksi Bendung

Dalam perencanaan struktur Bendung ada beberapa hal yang harus diperhitungkan, agar bendung dapat bekerja dengan optimal. Hal hal yang harus diperhitungkan dalam merencanakan bendung adalah sebagai berikut :

A. Curah Hujan Rerata

Curah hujan rerata suatu daerah dapat ditentukan menggunakan beberapa metode, diantaranya :

1. Metode Aljabar (Arithmetic Mean Methode)

Penentuan rerata curah hujan dengan metode aljabar didapatkan dengan cara menjumlahkan curah hujan harian maksimum masing-masing stasiun dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun, (Djali, 2006). dengan persamaan sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{R_A + R_B + R_C + R_D + \dots + R_n}{N}$$

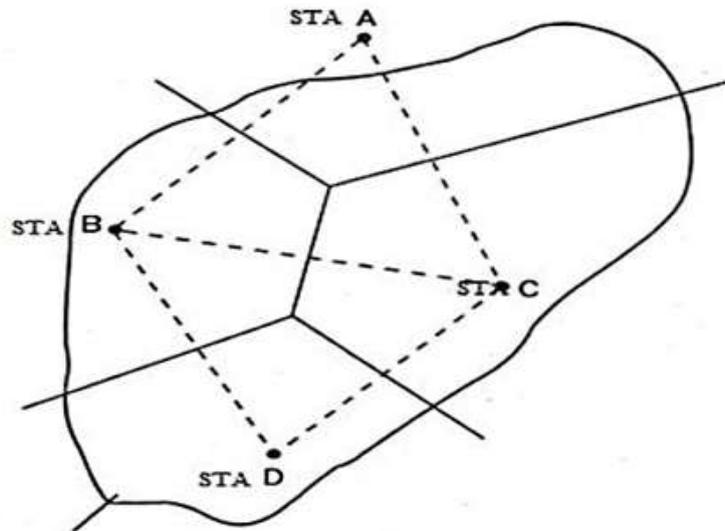
Dimana:

R = Tinggi curah hujan rerata

RA, RB, RC, RD...Rn = Curah hujan maksimum pada stasiun A,B,C,D...n
N = Jumlah stasiun hujan pada DAS

2. Metode Poligon Thiessen

Cara ini digunakan dengan memplot stasiun hujan yang dipilih ke gambar catchment area kemudian masing-masing stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus sehingga membentuk segitiga-segitiga, setelah itu dibuat garis sumbu yang saling tegak lurus dengan sisi-sisi segitiga sehingga membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Luas tiap poligon diukur sehingga akan didapat luas catchment area yang akan diwaliki oleh masing-masing stasiun. (Djali, 2006) perumusan :



Gambar 2.11. Poligon Thiessen (Sumber : N, Djali)

$$R = \frac{R_A \cdot A_A + R_B \cdot A_B + R_C \cdot A_C + R_D \cdot A_D \dots + R_n \cdot A_n}{A}$$

Atau

$$R_{rata} = \alpha_A \cdot R_A + \alpha_B \cdot R_B + \dots + \alpha_N \cdot R_N$$

Dimana :

α = Koefisien aliran

R = Tinggi curah hujan rerata

RA, RB, RC, RD...Rn = Curah hujan maksimum pada stasiun

A,B,C,D...n A1, A2, A3 = Luas daerah yang terwakili oleh stasiun A,

B, C, D, ...n

B. Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana adalah perkiraan besar curah hujan yang terjadi dalam periode ulang tertentu. Curah hujan rencana digunakan sebagai data pada analisis debit banjir rancangan. Metode yang digunakan dalam analisis curah hujan rancangan dengan periode ulang tertentu adalah Metode Weduwen, Metode Hasper dan Metode Gumbel.(Djali, n.d.).

Metode Gumbel

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{n} \quad S = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n-1}}$$

Dimana :

R = Rata-rata data curah hujan (mm) n = Jumlah data

S = Standar deviasi

C. Analisa Debit Banjir Rencana Metode Hasper

Tinggi hujan yang diperhitungkan untuk analisa perhitungan debit rencana dengan metode Haspers adalah tinggi hujan pada titik pengamatan.

Rumus :

$$Q_t = \alpha \times \beta \times q_n \times A$$

dimana :

- Qt = Debit banjir rencana untuk periode ulang tertentu (m³/dt)
- α = Run off coefficient/koefisien pengaliran
- β = Reduction coefficient/koefisien reduksi
- qn = Intensitas hujan yang diperhitungkan (m³/dt/km³)
- A = Cathment area (km²)

D. Perhitungan Bendung

Untuk memperhittungkan Bendung dibutuhkan data – data seperti Elevasi dasar sungai, Kemiringan dasar sugai, Debit banjir Rencana, Bentuk mercu, dan Bentuk kolam olah. Data data tersebut dapat diperoleh dari perhitungan sebelumnya atau dari data data yang didapatkan di dinas dinas terkait. (Djali,2006)

1. Perencanaan Pintu bendung

Perencanaan pintu bendung tersebut berdasarkan data data yang ditentukan, data yang hrus ditentukan yaitu Lebar pintu (b), γ air, jarak antar pilar, lebar intu yg diinginkan.

2. Perhitungan balok Horizotal Max = $\frac{1}{4} .p.l$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, ada dua macam metode untuk melakukan penelitian yaitu dengan penelitian kualitatif dan metode penelitian kuantitatif. Berikut pengertian dari metode penelitian kualitatif dan metode penelitian kuantitatif :

- a. Penelitian kualitatif adalah sebuah penelitian riset yang sifatnya deskriptif, cenderung menggunakan analisa dan lebih menampakkan proses maknanya.
- b. Penelitian kuantitatif adalah sebuah penelitian yang lebih menekan pada penggunaan angka – angka yang membuatnya menjadi lebih mendetail dan lebih jelas. Selain itu penggunaan table, grafik, dan juga diagram sangat memudahkan untuk dibaca.

Secara garis besar tahapan dalam penelitian ini adalah meliputi :

1. Mendiskripsikan gambaran umum dan kondisi banjir eksisting di lokasi studi.
2. Melakukan analisis hidrologi sebagai dasar bagi penanganan banjir di lokasi studi yang meliputi :
 - *survey catchment* area dan penentuan Daerah Aliran Sungai (DAS)
 - analisis curah hujan, analisis
 - curah hujan rencana dan analisis debit banjir rencana.
3. Melakukan analisis hidro-oceanografi yang meliputi survey pasang surut, arus dan sedimentasi
4. Melakukan analisis penggunaan bendung gerak untuk mengatasi banjir, menganalisis tipe pintu pada bendung gerak.
5. Melakukan analisis penempatan / lokasi pintu gerak yang paling memungkinkan dengan mempertimbangkan jalur lalu lintas perahu, kondisi lingkungan dll.
6. Membuat draft desain bendung gerak.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan datang langsung ke lokasi guna mendapatkan data primer. Pengambilan data juga dilakukan ke instansi instansi terkait

untuk mendapatkan data sekunder. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

3.2.1 Data Primer

Data Primer didapatkan melalui survei, pengamatan di lokasi studi dan wawancara dengan pihak- pihak yang berpengalaman dalam bidang konstruksi bendung dan pihak – pihak yang mengambil keputusan dalam suatu pekerjaan konstruksi. Data primer yang didapatkan melalui survey meliputi :

- Data pasang surut
- Data sedimentasi
- Data arus sungai

Adapun data primer pemilihan tipe bendung didapatkan melalui wawancara dan pengisian kuesioner dari Ahli diberbagai instansi yaitu ahli bendung dari BAPELIDBANGDA Kab. Cilacap, Kontraktor dari Penta Ocean Construction, Kasi EP Bidang Irigasi dan Air Baku dari PSDA Kab. Cilacap, BBWS Pemali Juana, akademisi, dan praktisi.

Data Primer Pemilihan Lokasi Bendung diambil dari perangkat desa dan warga sekitar yang dianggap lebih mengerti situasi di lapangan. Perangkat desa dan warga dipilih karena biasa meberikan pendapat tentang lokasi dimana bendung akan dibangun sesuai kebutuhan nelayan setempat dan dapat bermanfaat untuk warga dalam menanangulangi banjir.

3.2.2 Data sekunder

Data Sekunder yang digunakan adalah data yang diperoleh dari studi literatur baik yang diperoleh dari instansi terkait, studi pustaka, *internet*, dan berbagai sumber lainnya.

Data sekunder yang dipakai untuk penulis mengenai Analisis Hidrologi ini memerlukan data – data sekunder sebagai berikut :

- a. Data curah hujan;
- b. Data DAS Kawunganten
- c. Data Angin

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah objek penelitian atau apa yang menjadi perhatian suatu titik perhatian dari penelitian (Suharsimi,1998). Variabel bertujuan sebagai

landasan untuk mempersiapkan alat dan metode pengumpulan data, dan sebagai alat menguji hipotesis. Itulah sebabnya, sebuah variable harus dapat diamati dan dapat diukur.

Dalam penelitian ini ada variabel yang digunakan untuk pemilihan pintu bendung dan pemilihan lokasi bendung. Adapun variabel dari dua pembahasan tersebut adalah sebagai berikut :

a. Variabel Pemilihan Pintu Bendung Gerak

Variabel ini meliputi kriteria pemilihan pintu bendung gerak dan alternative pintu bendung yang sudah disesuaikan kebutuhan di lokasi. Dibawah ini tabel dari Variabel Pemilihan Pintu Bendung Gerak.

Tabel 3.1. Variabel Pemilihan Pintu Bendung Gerak

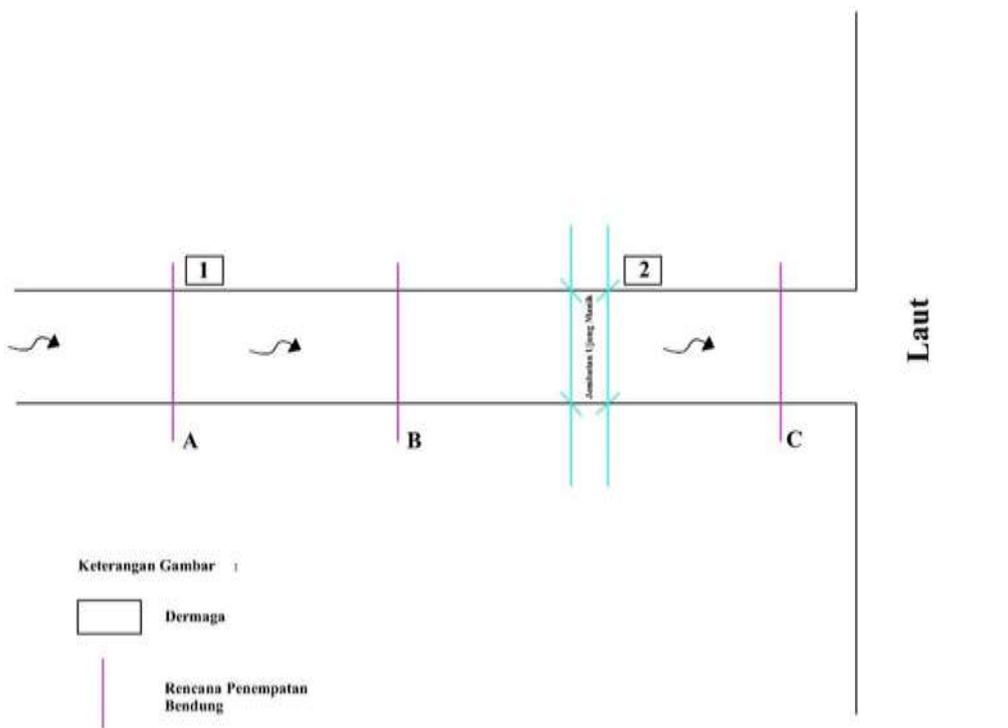
Varibel Kriteria				Simbol	Sumber
Bahan Pembuat Bendung				A	<i>WordPres, 2019</i>
Baja				A1	
Komposit (Fiber)				A2	
Kayu				A3	
Stainless Steel				A4	
Fungsi				B	Wikipedia, 2016
Irigasi				B1	
Pengendali Banjir				B2	
Penyedia Air Baku				B3	
Operasional				C	Departemen Pekerjaan Umum, 2006
Manual				C1	
Otomatis				C2	
Semi Otomatis				C3	
Biaya				D	Satuan Harga dan Jasa (SHBJ), 2015
Biaya Pengadaan Alat				D1	
Biaya Material				D2	
Biaya Tenaga Kerja				D3	
Lokasi				E	Widodo, 2015
Kapasitas Tampunguan				E1	
Topografi				E2	
Daya Dukung Tanah				E3	
Perkiraan gerak	Biaya	Pembangunan	Bendung	E4	
Variabel Alternatif				Simbol	Sumber
Alternatif				ALT	Departemen Pekerjaan Umum, 2006
<i>Flap Gate</i>				ALT 1	
<i>Radial Gate</i>				ALT 2	

Pintu Geser/ Pintu Sorong	ALT 3	
Bendung Karet	ALT 4	

b. Variabel Pemilihan Lokasi Bendung

Variabel Pemilihan Lokasi Bendung ini meliputi titik lokasi bendung yang akan dibangun, beserta variabel alternatif fungsi bendung yang dibutuhkan warga sekitar.

Dibawah ini sketsa lokasi dimana bendung akan dibangun agar memudahkan dalam memahami variabel pemilihan lokasi bendung.



Gambar 3.1. Sketsa Lokasi Rencana Penempatan Bendung

Tabel 3.2. Variable Pemilihan Lokasi Bendung Gerak

Variabel Kriteria	Simbol
Akses Kapal	A1
Daerah yang Dilayani	A2
Kemudahan Akses Operasional dan Pemeliharaan	A3
Variabel Alternatif	ALT
Sebelum Dermaga 1	ALT 1
Sebelum Jembatan Ujungmanik	ALT 2
Setelah Dermaga 2	ALT 3

3.4 Metode Analisis Data

Sesuai tahapan penelitian yang telah disampaikan dalam sub bab di atas, bahwa dalam penelitian ini ada 2 pembahasan pokok, yaitu pembahasan analisis hidrologi kawasan Ujungmanik, Kawunganten dan pembahasan tentang pemilihan tipe dan lokasi penempatan pintu bendung.

3.4.1 Analisis Hidrologi

Data-data hidrologi yang telah di peroleh selanjutnya dianalisis untuk mencari debit banjir yang akan direncanakan. Langkah-langkah dalam analisis hidrologi terdiri dari :

a. Mencari Luas Catchment Area

Dalam mencari luas catchment area akan digunakan Google Earth Pro untuk membantu menentukan luas daerah aliran sungai.

b. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana ini adalah :

1. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Gumbel

Distribusi Gumbel digunakan untuk analisis data maksimum, misalnya untuk analisis frekuensi banjir. Distribusi Gumbel mempunyai koefisien kemencengan (koefisien of skewness) atau $CS = 1,139$ dan koefisien kurtosis (koefisien curtosis) atau $Ck < 4,002$ adapun metode ini biasanya menggunakan distribusi dan nilai ekstrim dengan double eksponensial.

2. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai varian X menjadi nilai logaritma varian X . Distribusi log pearson Type III akan menjadi distribusi log normal apabila nilai kemencengan $CS = 0,00$.

3. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III

Distribusi Log Pearson Type III atau distribusi ekstrim type III digunakan untuk analisis variable hidrologi dengan nilai varian minimum distribusi Log Pearson Type III, mempunyai koefisien kemencengan (Coefisien of skewness) $CS \neq 0$

c. Perhitungan Debit Banjir Rencana

Metode yang digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana ini sebagai berikut:

1. Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Haspers

Haspers melakukan penelitian pada beberapa DAS dengan luas kurang dari atau sama dengan 300 *km*².

2. Perhitungan Debit Banjir Rencana Der Weduwen

Metode ini digunakan untuk DAS dengan luas sampai 100 *km*². Weduwen adalah metode perhitungan debit maksimum.

3. Perhitungan hidrologi unit hidrograf Dengan Metode Nakayasu

Hidrograf satuan sintetik (HSS) Nakayasu merupakan suatu cara untuk mendapatkan banjir rencana dalam suatu DAS. Sedangkan untuk membuat suatu hidrograf banjir pada sungai, perlu dicari karakteristik pengaliran tersebut. Adapun parameter / karakteristik tersebut adalah:

- a. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*time to peak magnitude*)
- b. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time log*).
- c. Tenggang waktu hidrograf (*time to base of hydrograph*).
- d. Luas daerah pengaliran.
- e. Panjang alur sungai utama (*length of the longest channel*)

3.4.2 Analisis Pemilihan Tipe Pintu dan Lokasi Penempatan Pintu

Dalam analisis data ini membahas hasil pengolahan data sesuai dengan data yang diperoleh dari sumber- sumber terkait. Program dan analisis data dilakukan dengan program statistik :

a. Microsoft Excel

Pengolahan data hasil penelitian dengan menggunakan *Microsoft Excel* pertama – tama dilakukan dengan cara menghitung data kuesioner terlebih dahulu dengan menggunakan rumus geomean, kemudian hasil kuesioner diinput dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan, menghitung eigen vector, menghitung *consistency index*, menghitung *consistency ratio*, lalu hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat nilai rasio inkonsistensinya. Jika nilai rasio inkonsistensinya diatas 10%, maka harus dilakukan pengambilan data ulang. Hasil perbandingan dalam *Microsoft Excel* ini akan berupa nilai bobot untuk tiap tiap kriteria yang dibandingkan.(Hartono, 2007)

b. Expert Choice

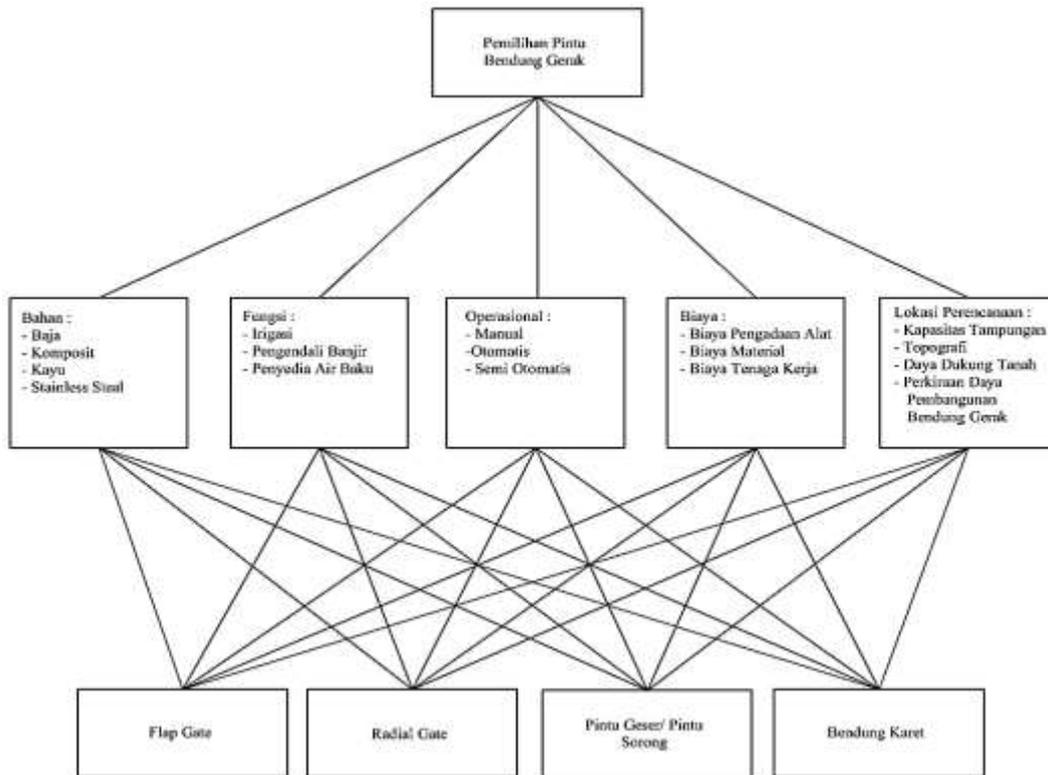
Pengolahan data hasil penelitian dengan menggunakan *software expert choice* dilakukan penginputan data kuesioner dalam bentuk metriks perbandingan berpasangan, lalu program dijalankan dan dapat dilihat nilai rasio inkonsistensinya. Jika nilai rasio inkonsistensi diata 10%, maka haarus dilakukan pengambilan data ulang. Hasil perbandingan dalam *expert choice* ini akan berupa nilai bobot untuk tiap tiap kriteria yang dibandingkan. (Hartono, 2007)

c. Penyusunan Hierarki

Penyusunan Hierarki ini dilakukan untuk mendapatkan masing – masing bobot dari aspek dan kriteria guna mendapatkan prioritas dari berbagai alternatif. Identifikasi dari hierarki ini adalah hasil dari pengamatan dan sumber – sumber terkait. Dalam penelitian kali ini akan dibuat dua macam hierarki yang nantinya akan digunakan sebagai dasar pembuatan kuesioner dan kuesioner tersebut akan memuat pemilihan pintu bendung gerak, dan penentuan lokasi bendung. Berikut aspek dan kriteria untuk menyusun Hierarki ini :

1. Hierarki Pemilihan Tipe Pintu Bendung Gerak

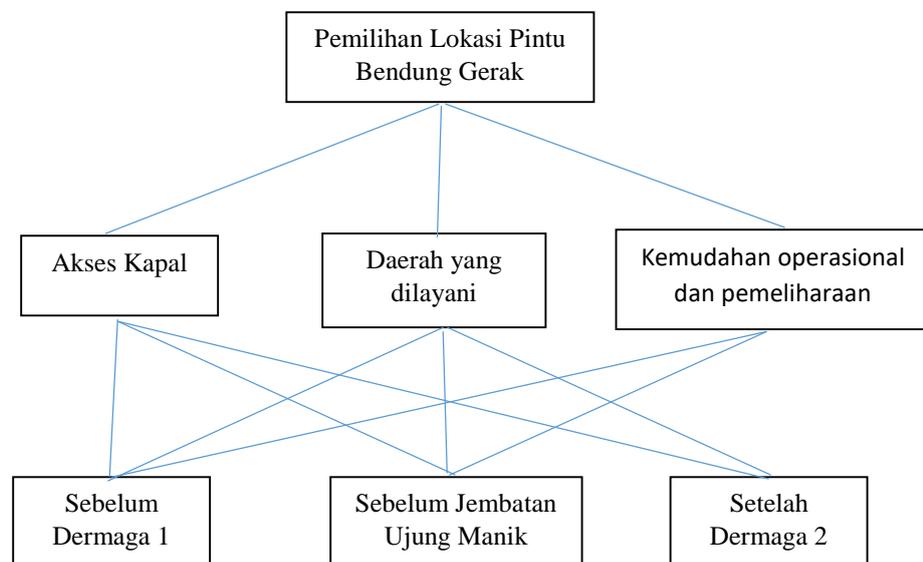
Penyusunan Hierarki ini digunakan dalam menentukan Tipe Pintu Bendung Gerak yang cocok digunakan di desa Ujungmanik, karena pintu bendung yang akan dibangun harus awet, murah dan tidak mengganggu aktivitas warga. Maka diperlukan pendapat dari *Expert* atau Ahli agar bendung yang nantinya dibangun sesuai kebutuhan warga dan efisien penggunaannya.



Gambar 3.2. Pemodelan Hierarki Pemilihan Alternatif Pintu Bendung Gerak

2. Hierarki Penentuan Lokasi Bendung Gerak

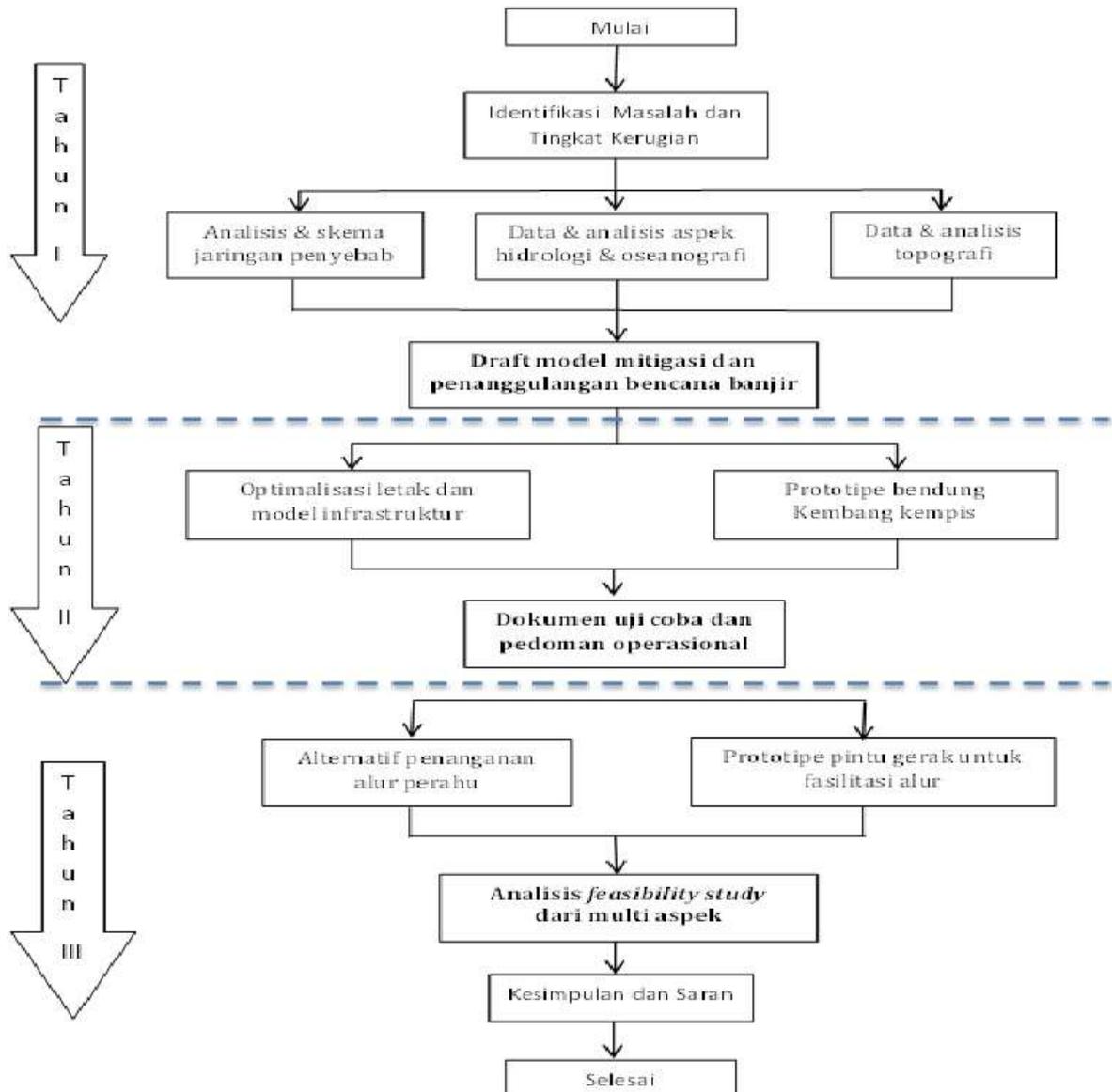
Penyusunan Hierarki ini digunakan dalam menentukan lokasi dimana bendung akan dibangun, karena lokasi bendung yang akan dibangun mempertimbangkan kegiatan warga setempat. Maka diperlukan pendapat dari warga dan perangkat desa agar bendung yang nantinya dibangun sesuai kebutuhan warga dan efisien penggunaannya.



Gambar 3.3. Pemodelan Hierarki Pemilihan Alternatif Lokasi Bendung Gerak

3.5 Bagan Alir Penelitian

Berikut ini adalah bagan alir penelitian secara utuh yang akan dilaksanakan dalam 3 (tiga) tahun.

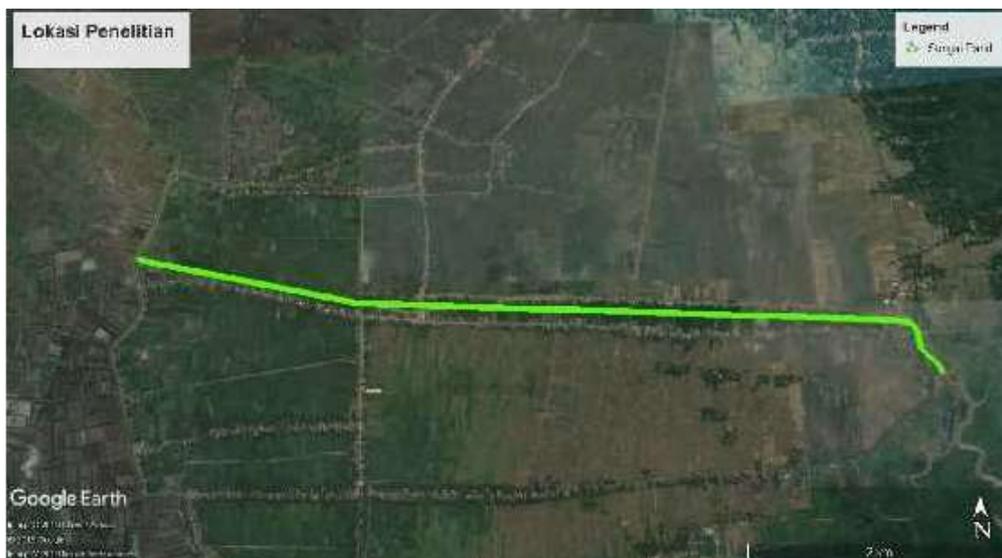


Gambar 3.4. Bagan Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi

Dalam mengetahui dibit banjir rencana sungai Parid di Desa Kawunganten Kabupaten Cilacap ini (lokasi penelitian dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2).



Gambar 4.1. Lokasi Penelitian

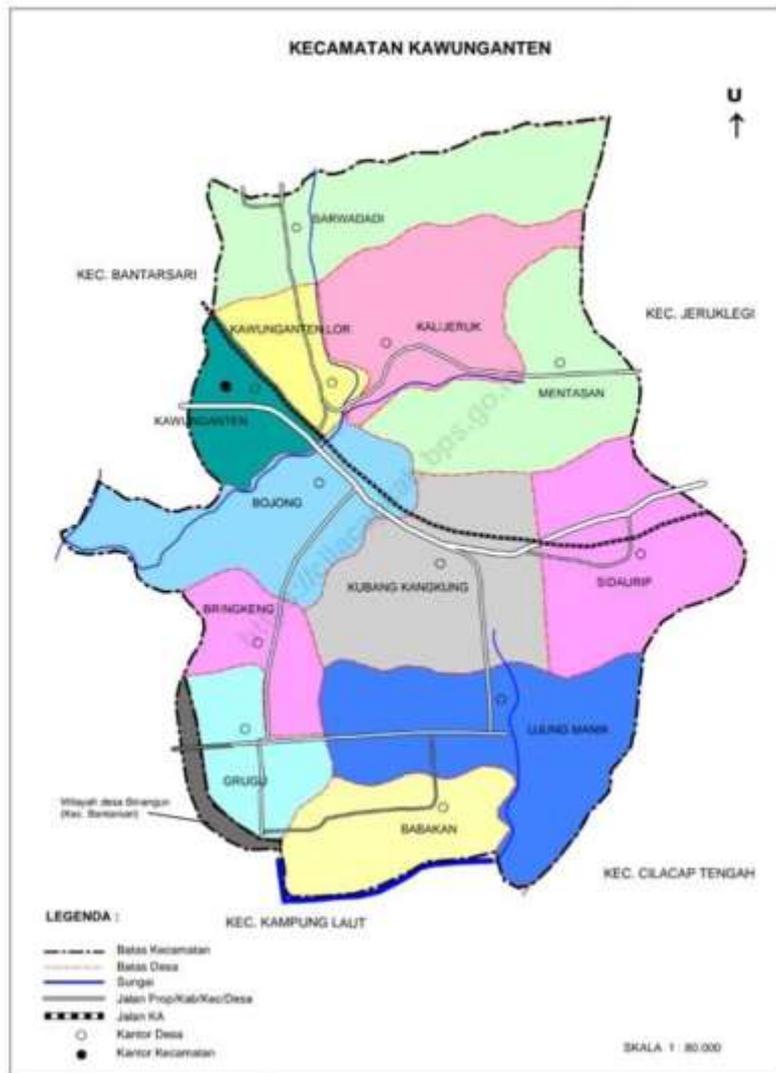
4.1.1 Batas Wilayah Studi

Jawa Tengah merupakan sebuah provinsi yang terletak di bagian tengah Pulau Jawa. Luas wilayahnya 32.548 km², atau sekitar 25,04% dari luas Pulau Jawa. Salah satu wilayah terluas di Jawa Tengah adalah Kabupaten Cilacap. Luas wilayahnya sekitar 6,6% dari total wilayah Jawa Tengah. Kabupaten Cilacap adalah salah satu kabupaten di provinsi Jawa Tengah yang batas wilayahnya berbatasan langsung dengan laut (Samudera Hindia atau perairan Selatan Jawa) di sebelah selatan. Sepuluh buah kecamatan (Patimuan, Bantarsari, Kawunganten, Kampung Laut, Jeruklegi, Cilacap Utara, Cilacap Tengah, Adipala, Cilacap Selatan dan Nusawungu) dari 24 kecamatan yang terdapat di kabupaten Cilacap terletak dan berbatasan langsung dengan Samudera Hindia (kawasan pesisir) serta terdapatnya perikanan tambak (perikanan air payau). Topografi wilayah Kabupaten Cilacap meliputi daerah rawa-rawa hingga daerah perbukitan di daerah Cilacap Utara. (Supriyatin, 2013)

Wilayah Cilacap bagian selatan merupakan wilayah yang rendah dan dekat dengan laut, sehingga wilayah ini sering terdampak banjir rob. Terjadinya banjir rob tersebut menimbulkan pengaruh yang besar terhadap kondisi sosial masyarakat

terutama yang bertempat tinggal di kawasan pesisir. Seperti yang terjadi di Kecamatan Kawunganten. Kecamatan yang berjarak 29 km dari Ibukota Kabupaten Cilacap kearah utara ini sangat berpotensi banjir rob.

Kecamatan Kawunganten terdiri dari beberapa desa yaitu Desa Babakan, Bojong, Bringkeng, Grugu, Kalijeruk, Kawunganten, Kawunganten Lor, Kubangkangkung, Mentasan, Sarwadadi, Sidaurip dan Desa Ujungmanik. Kecamatan Kawunganten adalah kecamatan yang terletak di ujung selatan kabupaten Cilacap, sehingga Kawunganten sangat berpotensi terjadinya kekeringan dan bajir rob. Seperti yang terjadi beberapa waktu lalu di Desa Grugu, Kecamatan Kawunganten, desa ini mengalami kekeringan setiap tahunnya. Sehingga masyarakat kesulitan mencari air bersih ketika musim kemarau tiba, sumber mata air satu satunya yang warga desa miliki adalah air sumur, namun ketika kemarau tiba air sumur warga berubah menjadi keruh dan terasa asin, sehingga warga tidak lagi bisa memanfaatkan air tersebut untuk kebutuhan sehari- hari.



Gambar 4.2. Peta Kecamatan Kawunganten (BPS Kabupaten Cilacap, 2019)

Batas-batas wilayah Desa Ujungmanik adalah sebagai berikut :

- Utara : Desa Kubangkangkung dan Desa Sidaurip
- Selatan: Desa Babakan, Kecamatan Kampung Laut, Kecamatan Cilacap Tengah
- Barat : Desa Bringkeng dan Desa Grugu
- Timur : Kecamatan Cilacap Tengah

4.1.2 Kondisi Banjir di Kawunganten

Warga kecamatan Kawunganten juga dirundung masalah banjir rob, seperti dimuat di media berita online sedikitnya 450 rumah warga terendam banjir rob, dampak gelombang tinggi di perairan selatan cilacap. Gelombang tinggi yang mencapai ketinggian 2m menghantam wilayah pantai hingga menghancurkan tanggul di sepanjang pantai. Dampaknya, air laut meluap dan menggenangi lahan perkebunan

yang digarap warga hingga airnya tumpah ke jalan raya dan masuk kerumah-rumah warga. Air pasang yang terjadi selama berjam jam terus menambah ketinggian air laut yang menggenangi rumah warga hingga mencapai 60cm (berita bojong kawunganten, 2016)

Salah satu desa yang terdampak banjir rob adalah desa Ujungmanik, menurut penuturan Sri Jumianti banjir rob terjadi hampir setiap hari. Banjir rob juga menggenangi beberapa rumah warga, sawah hingga jembatan. Banjir rob seringkali menutupi jembatan yang terbuat dari bambu seadanya itu, sehingga sangat sulit untuk warga melintasinya. Banjir rob yang merendam jembatan sangat mengganggu aktivitas warga, khususnya nelayan. Seperti yang sering terjadi kapal nelayan tidak bisa lewat karna terhalang jembatan. Nelayan harus menunggu air benar – benar surut agar perahu mereka dapat lewat dibawah jembatan, atau menunggu air tinggi agar perahu nelayan bisa melintas diatas jembatan.



Gambar 4.3. Jembatan yang Terendam Banjir (Balai Desa Ujung Manik, 2018)

Kondisi banjir juga diperburuk dengan kurangnya kesadaran warga untuk membuang sampah pada tempatnya, segala jenis sampah dibuang di sungai hingga menyebabkan drainase sungai tersumbat. Bapak Slamet Riyadi selaku Ketua Paguyuban Nelayan menuturkan dengan banyaknya sampah disungai mebuat tangkapan ikannya berkurang, karena saat jaring sudah waktunya diangkat lebih banyak sampah yang terjaring hingga bapak selamet harus memilah milah ikan diantara banyaknya sampah. Bapak Slamet juga menerangkan bahwa di sekitar rumahnya sering terdampak meluapnya sungai akibat banjir rob. Banjir tersebut bisa menggenangi rumahnya dan warga sekitar selama dua hari. Menurutnya banjir tersebut disebabkan

karena meningkatnya muka air sungai dan tebalnya sedimen sungai, ditambah lagi dengan tebing sungai yang mulai tergerus air.



Gambar 4.4. Muka air sungai yang tinggi dan Tebing sungai yang tergerus

Dalam mengatasi masalah banjir diatas, Desa Ujungmanik membuat alterntif agar banjir rob tidak semakin parah. Diantaranya yaitu penanaman hutan mangrove dan pemasangan pintu – pintu air yang terletak di beberapa titik di desa. Hutan mangrove membantu untuk memberikan batasan sehingga gelombang air laut dapat dipecah ketika melewati hutan mangrove agar masuknya air asin ke dalam pori-pori tanah atau daratan dapat diperkecil sehingga tidak terjadi kelangkaan air tawar di kawasan pantai. Hutan mangrove juga membantu dalam menjaga kestabilan garis pantai dan melindungi pantai dari abrasi.



Gambar 4.5. Hutan Mangrove di Desa Ujungmanik

Desa Ujungmanik juga memiliki beberapa pintu air yang tersebar di beberapa titik. Pintu air ini berfungsi untuk mengalirkan air saat dibutuhkan, seperti kebutuhan pertanian, dan kerambah ikan warga. Saat dibutuhkan pintu air dibuka secara sukarela

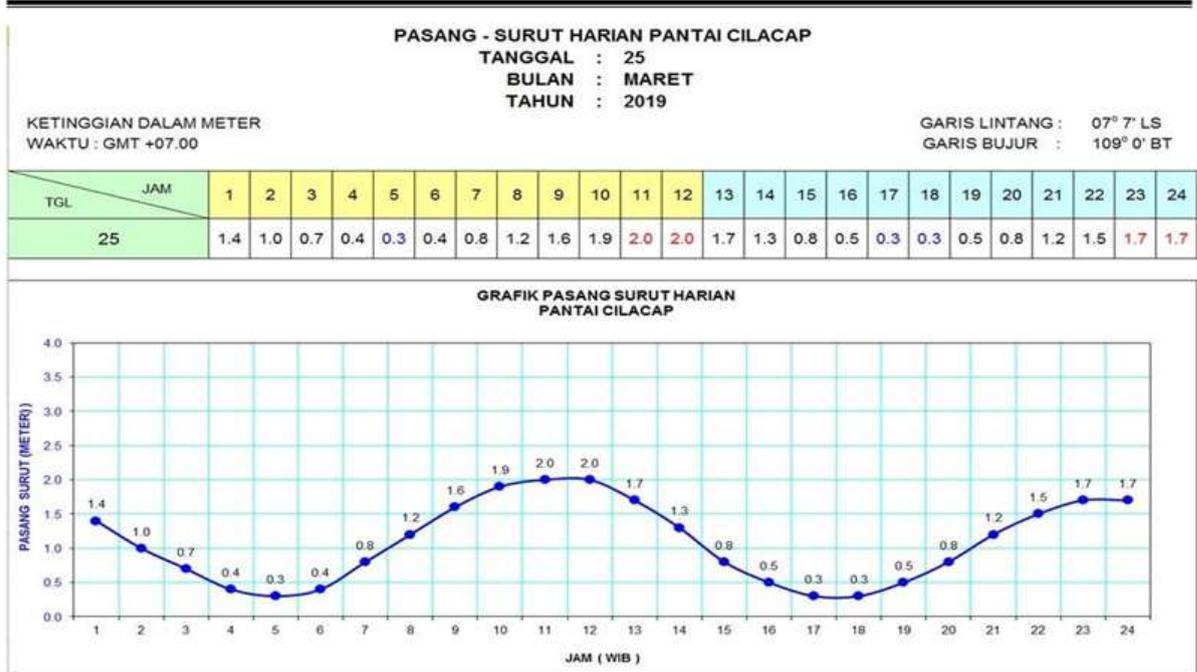
oleh warga. Namun ketika air mulai pasang pintu air ditutup oleh warga agar air tidak masuk ke pemukiman warga.



Gambar 4.6. Pintu air di Desa Ujungmanik

Data BPBD Cilacap menyebut jumlah kerugian tertinggi disebabkan banjir rob di kawasan pantai selatan Cilacap, mencapai Rp 40,090 miliar. Tahun ini ada dua kali gelombang pasang pantai selatan terjadi dan menerjang 10 desa yang berbatasan langsung dengan pantai. Hingga tahun ini Cilacap masih menjadi daerah nomor satu paling rawan bencana di Jawa Tengah. Sedangkan secara nasional, Cilacap menempati peringkat ke-17 sebagai daerah paling rawan bencana. Hal ini tidak bisa dilepaskan dari kondisi geologis, demografis, dan hidrologis wilayah Kabupaten Cilacap yang sangat rentan terhadap bencana. (Luqman, 2017)

Dilansir dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Meterologi Cilacap menjelaskan bahwa pada tanggal 25 Maret 2019 wilayah perairan dan Samudra Hindia Selatan Jawa dan DIY umumnya berpotensi hujan sedang – lebat. Angin umumnya bertiup dari arah Tenggara hingga Barat Laut dengan Kecepatan berkisar antara 2 – 15 knots. Menurut BMKG gelombang tinggi berkisar antara 1,25 – 2,5 meter, sehingga Cilacap dapat dikategorikan sebagai wilayah dengan perairan yang berpotensi mengalami gelombang tinggi, karena pada tanggal 24-30 Maret 2019 perairan Cilacap memiliki rata – rata gelombang 1,2 – 2 meter (BMKG, 2019). Berikut gambar yang menunjukkan gelombang tinggi di perairan cilacap :



Gambar 4.7. Grafik Pasang Surut Harian (Sumber : Pushidros TNI AL)

Dalam mengatasi kekeringan dan banjir rob di Kabupaten Cilacap pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sudah melakukan beberapa cara diantaranya pembangunan bendung Manganti dibawah kewenangan Balai Wilayah Sungai (BWS) Citanduy, bendung gerak yang dilengkapi pintu dioperasikan dengan sistem penggerak elektrik dan manual. Selain irigasi, Bendung Manganti juga difungsikan sebagai sarana pengendali banjir, dan pemenuhan kebutuhan air baku wilayah Kecamatan Sidaraja, Cilacap dan dua kecamatan di Kabupaten Ciamis yakni Purwadadi dan Lakbok.(Baskoro, 2018)

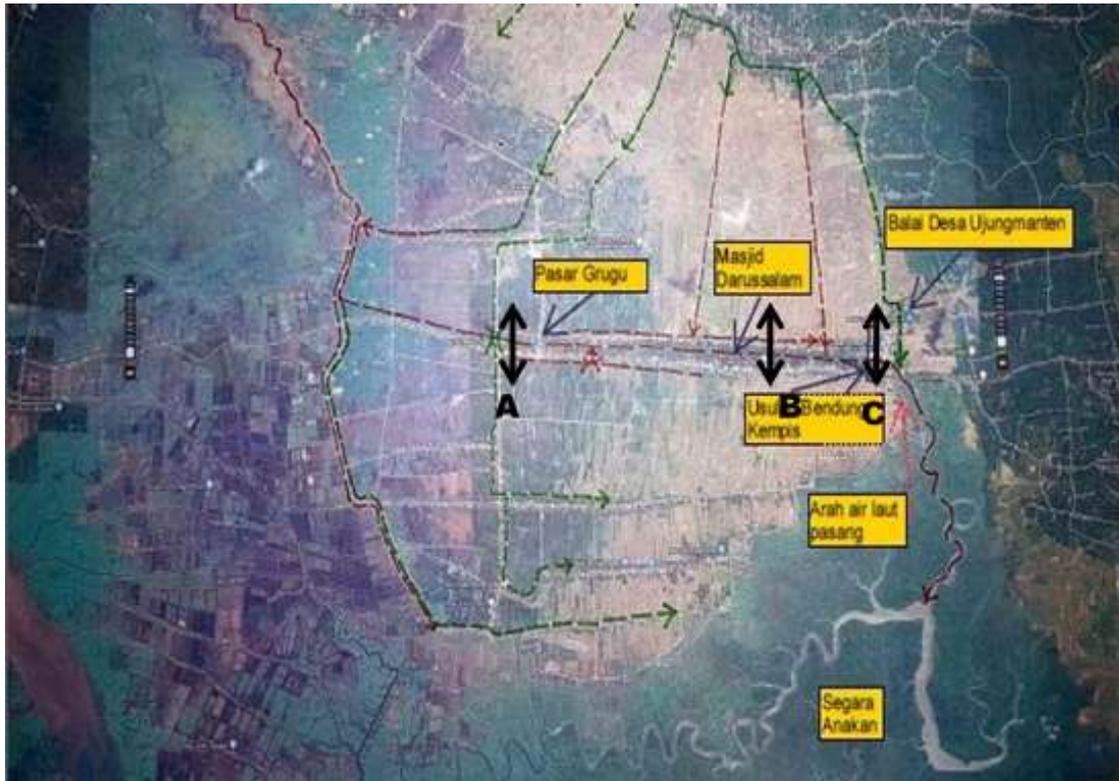
Menyusul Bendung Manganti akan dibangun juga bendung yang terletak di Kecamatan Kawunganten dibawah kewenangan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Citanduy, Banjar Jawa Barat dan Balai Besar Wilayah Sungai Serayu opak, Yogyakarta. Bendung dibangun untuk mengatasi permasalahan banjir yang terjadi di wilayah sekitar bendung yang akan dibangun. Menurut Taufik, bendung ini dibangun untuk mengatasi permasalahan banjir akibat aliran dari daerah yang lebih tinggi karena terletak di daerah muara sungai, banjir juga disebabkan karena pasang air laut dari Segara Anakan yang sering kali meluap dan menggenangi rumah rumah warga. Sungai yang akan dibendung telah banyak ditanamin pohon mangrove untuk mengatasi abrasi,

disekitar sungai juga telah dipasang pintu air untuk keperluan irigasi warga sekitar. Sedangkan aktivitas nelayan juga sangat aktif di sungai ini. Sehingga pembangunan bendung juga harus mempertimbangkan transportasi nelayan. Salah satu cara agar banjir teratasi dan aktivitas nelayan tetap berjalan adalah dengan dibangunnya bendung gerak.

Bendung Gerak yang akan dibangun terletak di desa Ujungmanik. Dengan tiga desa terdampak yaitu Desa Grugu, Desa Ujungmanik, dan Desa Kawuganten. Bendung dengan bentang kurang lebih 30m ini akan membendung 5km sungai. Ada tiga titik rencana lokasi dibangunnya bendung gerak ini, lokasi yang pertama yaitu Titik A yang terletak sebelum dermaga 1, titik B yang terletak sebelum jembatan ujungmanik, dan titik C terletak Setelah dermaga 2.



Gambar 4.8. Jembatan Ujungmanik



Gambar 4.9. Lokasi Rencana Bendung Gerak



Gambar 4.10. Detail Lokasi Rencana Bendung Gerak

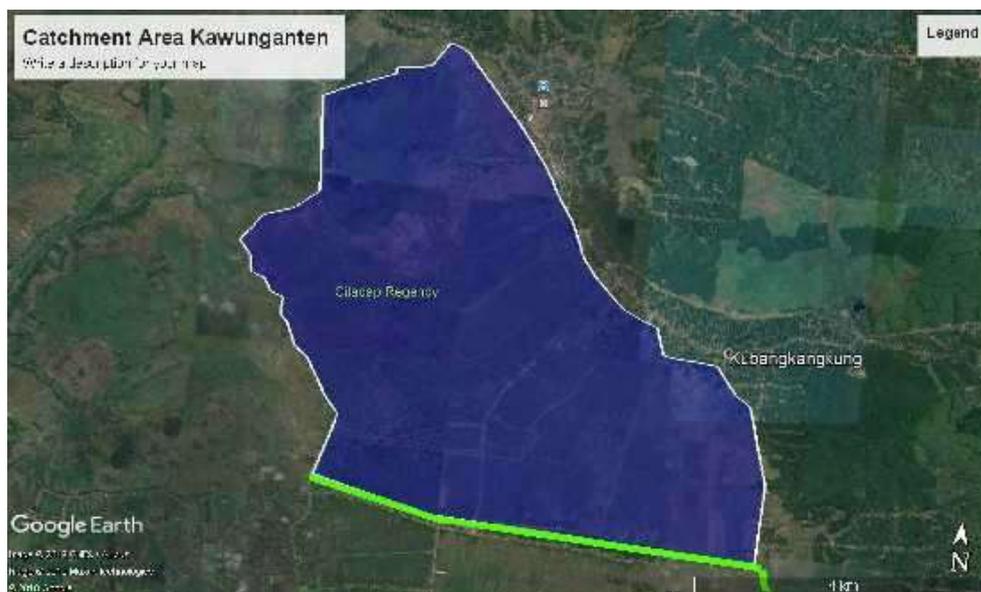
4.2 Analisis Hidrologi sebagai Dasar Penanganan Banjir

4.2.1 Penentuan Daerah Aliran Sungai

Sebelum menentukan daerah aliran sungai, terlebih dahulu menentukan lokasi penelitian. Dari lokasi ini ke arah hulu, kemudian ditentukan batas daerah

aliran sungai dengan menarik garis imajinet yang menghubungkan titik-titik yang memiliki kontur tertinggi sebelah kiri dan kanan sungai yang ditinjau. (Soemarto, 1999).

Penetapan Cathment area pada daerah penelitian dilakukan dengan cara menggunakan google earth. Luas Catchment area Desa Kawunganten Kabupaten Cilacap tersebut sebesar 2.700 ha.



Gambar 4.11. Catchment area

4.2.2 Penentuan Luas Pengaruh Stasiun Hujan

Beberapa stasiun yang masuk dilokasi DAS Sungai Parid berjumlah tiga stasiun yaitu Sta. Cilacap, Sta. Majenang, dan Sta. Ujungbarang. Penentuan luas pengaruh stasiun hujan dengan Metode Thiesen karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat. Dari tiga stasiun tersebut masing-masing dihubungkan untuk memperoleh luas daerah pengaruh dari setiap stasiun. Dimana masing-masing stasiun mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun. Gambar Pologon Thiessen (dapat dilihat pada gambar 4.12) dan hasil perhitungan :



Gambar 4.12. Poligon Thiessen

Perhitungan luas pengaruh stasiun hujan terhadap daerah aliran sungai (DAS) terdiri dari tiga stasiun, yaitu stasiun Cilacap, Stasiun Majenang, Stasiun Ujungbarang. Berikut hasil perhitungan menggunakan Metode Poligon Thiessen.

Tabel 4.1. Luas Pengaruh Stasiun Hujan Terhadap DAS

No	Nama Stasiun	Prosentase %	Luas DAS ()
A1	Sta Cilcap	25,54 %	7
A2	Sta Majenang	21,89 %	6
A3	Sta Ujungbarang	52,55 %	14,4
	Jumlah	100	27

4.2.3 Analisis Curah Hujan

4.2.3.1 Ketersediaan Data Hujan

Untuk mendapatkan hasil yang memiliki akurasi tinggi, dibutuhkan ketersediaan data yang secara kualitas dan kuantitas cukup memadai. Data hujan yang digunakan dirancang selama 10 tahun sejak 2009 hingga 2018. Data hujan harian maksimum yang terdiri dari stasiun Cilacap, stasiun Majenang, stasiun Ujungbarang ditampilkan pada tabel 4.2 s/d tabel 4.4. Data curah hujan harian maksimum ini didapat dari curah hujan harian dalam satu tahun terbesar diketiga stasiun tersebut.

Tabel 4.2. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Cilacap

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)												RH	RH
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des	Total	Ms x
2009	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	166	166
2010	41,30	65,50	79,90	48,70	124,10	79,10	60,40	116,40	135,10	76,50	72,50	88,00	987,50	135
2011	87,50	54,70	61,00	134,60	112,50	80,40	16,00	1,60	0,70	90,10	79,30	61,00	779,40	135
2012	64,80	103,40	53,30	83,30	87,40	6,60	4,40	1,00	0,00	52,00	124,00	93,60	673,80	124
2013	68,80	76,40	47,00	49,10	64,30	96,60	92,90	31,00	18,00	27,00	51,00	82,00	704,10	97
2014	47,00	76,00	80,00	42,00	56,00	110,00	194,00	55,00	2,00	13,00	77,00	100,00	852,00	194
2015	74,40	93,00	53,00	36,00	95,00	69,00	29,00	3,00	0,00	0,00	131,00	132,00	715,40	132
2016	39,00	85,00	68,20	152,00	69,00	129,90	112,00	94,00	114,00	181,00	79,00	159,00	1282,10	181
2017	66,00	45,00	32,00	103,00	65,00	56,00	37,70	1,70	61,40	180,00	46,00	67,00	760,80	180
2018	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0	0
Jumlah	488,80	599,00	474,40	648,70	673,30	627,60	546,40	303,70	331,20	619,60	659,80	782,60		
													Rata-rata	134

Tabel 4.3. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Majenang

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)												RH	RH
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des	Total	Max
2009	103,00	124,00	76,00	36,00	60,00	59,00	0,00	0,00	0,00	0,00	118,00	46,00	622,00	124,00
2010	136,00	100,00	78,00	114,00	172,00	53,00	50,00	87,00	36,00	86,00	112,00	92,00	1116,00	172,00
2011	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0,00	0,00
2012	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0,00	0,00
2013	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0,00	0,00
2014	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0,00	0,00
2015	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0,00	0,00
2016	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0,00	0,00
2017	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0,00	0,00
2018	148,00	103,00	47,00	97,00	41,00	22,00	0,00	0,00	58,00	4,00	51,00	57,00	628,00	148,00
Jumlah	387,00	327,00	201,00	247,00	273,00	134,00	50,00	87,00	94,00	90,00	281,00	195,00		
													Rata-rata	44

Tabel 4.4. Data Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Ujungbarang

Tahun	Curah Hujan Maximum (mm)												RH	RH
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des	Total	Max
2009	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0,00	0,00
2010	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0,00	0,00
2011	2,00	7,00	9,00	96,00	23,00	10,00	0,00	0,00	0,00	49,00	45,00	70,00	311,00	96,00
2012	82,00	68,00	73,00	64,00	26,00	13,00	0,00	0,00	0,00	58,00	90,00	36,00	510,00	90,00
2013	62,00	60,00	72,00	63,00	43,00	53,00	50,00	87,00	36,00	86,00	53,00	74,00	739,00	87,00
2014	10,00	62,00	67,00	104,00	34,00	62,00	0,00	0,00	0,00	25,00	89,00	0,00	453,00	104,00
2015	24,00	99,00	145,00	76,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	81,00	88,00	513,00	145,00
2016	88,00	82,00	69,00	55,00	36,00	88,00	53,00	52,00	0,00	80,00	110,00	79,00	792,00	110,00
2017	84,00	123,00	51,00	87,00	0,00	0,00	10,00	0,00	23,00	50,00	0,00	0,00	428,00	123,00
2018	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	0,00	0,00
Jumlah	352,00	501,00	486,00	545,00	162,00	226,00	113,00	139,00	59,00	348,00	468,00	347,00		

4.2.3.2 Analisis Data Curah Hujan Yang Hilang

Untuk memenuhi data curah hujan yang kosong atau rusak dari suatu stasiun hujan, maka itu diperlukan data dari stasiun lain yang memiliki data yang lengkap dan diusahakan letak stasiun berada paling dekat dengan stasiun yang datanya kosong atau rusak. Untuk contoh perhitungan data curah hujan yang hilang menggunakan rumus seperti berikut (keterangan data yang sudah didapat langsung dimasukkan ke dalam tabel curah hujan max yang dicari) :

Berikut adalah data curah hujan harian maksimum Sta Cilacap, Sta Majenang, Sta Ujungbarang pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Sta Cilacap (mm)	Sta Majenang (mm)	Sta Ujungbarang (mm)
2009	166	124	90
2010	135	172	113
2011	135	44	96
2012	124	49	90
2013	97	48	87
2014	194	78	104
2015	132	91	145
2016	181	99	110
2017	180	118	123
2018	173	148	128

4.2.4 Perhitungan Curah Hujan Rencana

Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana ini adalah sebagai berikut:

- Metode Gumbel
- Metode Log Normal
- Metode Distribusi Log Person III

4.2.4.1 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Gumbel

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

Distribusi Gumbel mempunyai koefisien kemencengan (*Coefisient of skwennes*) atau $CS = 1,139$ dan Koefisien kurtosis (*Coefisient Curtosis*) atau $CK < 4,002$. Pada metode ini biasanya menggunakan distribusi dan nilai ekstrim dengan distribusi dobel eksponensial. (*Soewarno,1995*).

Hasil perhitungan Curah hujan rata-rata metode thiesen adalah sebagai berikut :

Tabel 4.6. Perhitungan Hujan Harian Rata-rata

No	Tahun	Curah Hujan Rata-rata (mm)
1	2009	116,86
2	2010	131,57
3	2011	94,5
4	2012	89,71
5	2013	80,91
6	2014	121,26
7	2015	129,94
8	2016	125,66
9	2017	136,47
10	2018	143,78
total		1171

Untuk perhitungan standar deviasi curah hujan yang diambil, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.7. Perhitungan Standar Deviasi Curah Hujan

Tahun	Xi	(Xi - Xr)	(Xi - Xr) ²
2009	116,86	-0,204	0,042
2010	131,56	14,5	210,247
2011	94,49	-22,567	509,281
2012	89,7	-27,358	748,448
2013	80,91	-36,153	1307,068
2014	121,25	4,19	17,553
2015	129,94	12,876	165,786
2016	125,66	8,598	73,933
2017	136,46	19,401	376,412
2018	143,78	26,718	713,839
Total	1171	0	4122,61

Adapun proses perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Gumbel adalah sebagai berikut :

Jumlah data dalam perhitungan curah hujan rencana periode ulang T tahun adalah 10 tahun, sehingga nilai Yn dan Sn adalah sebagai berikut:

$$n = 10$$

$$Y_n = 0,4952$$

$$S_n = 0,9497$$

Tabel 4.8. Perhitungan Curah Hujan Rencana Periode Ulang T Tahun

T	Y _T	S _d	Y _n	S _n	K
2	0,3665	21,4025	0,4952	0,9497	-0,1355
5	1,4999	21,4025	0,4952	0,9497	1,058
10	2,2504	21,4025	0,4952	0,9497	1,8481
20	2,9702	21,4025	0,4952	0,9497	2,6061
25	3,1985	21,4025	0,4952	0,9497	2,8465
50	3,9019	21,4025	0,4952	0,9497	3,5872
100	4,6001	21,4025	0,4952	0,9497	4,3224

Jadi hasil akhir curah hujan rencana periode ulang T tahun dengan Metode Gumbel dapat disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4.9. Curah Hujan Rencana Periode Ulang T tahun Dengan Metode Gumbel

T	Curah Hujan Rencana
2	114,1657
5	139,7087
10	156,6204
20	172,8425
25	177,9884
50	193,8403
100	209,5753

4.2.4.2 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai varian X menjadi nilai logaritman varian X. distribusi Log-pearson Type III akan menjadi distributor Log Normal apabila nilai koefisien kemencengan $CS = 0.00$.

Dari perhitungan maka di peroleh :

$$X_r = 117$$

$$S_x = 21,4$$

$$K_t = \text{Didapat dari tabel hubungan antara t dan } K_t$$

Tabel 4.10. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Normal

t	X _r	K _t	S _x	R _t
2	117	-0,22	21,4	112,36
5	117	0,64	21,4	130,76
10	117	1,26	21,4	144,03
20	117	1,89	21,4	157,52
25	117	2,1	21,4	162,01

t	Xr	Kt	Sx	Rt
50	117	2,75	21,4	175,92
100	17	3,34	21,4	188,55

Tabel 4.11. Curah Hujan Rencana Periode Ulang T tahun dengan Metode Log Normal

Periode Ulang	Curah Hujan Rencana
2	112,36
5	130,76
10	144,03
20	157,52
25	162,01
50	175,92
100	188,55

4.2.4.3 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type III

Distribusi Log Pearson tipe III atau Distribusi Extrim tipe III digunakan untuk analisis variable hidrologi dengan nilai varian minimum misalnya analisis frekuensi distribusi dari debit minimum (low flows).

Distribusi Log Pearson tipe III, mempunyai koefisien kemencengan (Coefisien of skwenes) atau $CS \neq 0$.

Tabel 4.12. Perhitungan Log Pearson Type III

Tahun	Xi	(Xi - Xr)	(Xi - Xr) ²	(Xi - X rerata) ³
2009	116,861	-0,204	0,042	-0,009
2010	131,566	14,5	210,247	3048,556
2011	94,499	-22,567	509,281	-11493,1
2012	89,708	-27,358	748,448	-20475,9
2013	80,912	-36,153	1307,068	-47254,9
2014	121,255	4,19	17,553	73,543
2015	129,942	12,876	165,786	2134,632
2016	125,664	8,598	73,933	635,708
2017	136,467	19,401	376,412	7302,909
2018	143,784	26,718	713,839	19072,2
Jumlah	1170,658	0,001	4122,609	-46956,4

Untuk hasil $Cs = -0,7791$ dan Tr (Periode Ulang) tertentu maka harga Faktor Gt , untuk sebaran Log Pearson III dapat dihitung dalam interpolasi.

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Log Pearson Type III

T	P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
2	50	-0,8512	0,1229	2,0717	117,9592
5	20	-0,8512	0,9987	2,1464	140,09
10	10	-0,8512	1,34	2,1755	149,8007
20	5	-0,8512	1,5864	2,1965	157,2275
25	4	-0,8512	1,6357	2,2007	158,7565
50	2	-0,8512	1,7645	2,2117	162,821
100	1	-0,8512	1,8465	2,2187	165,4632

Jadi besarnya curah hujan rencana periode ulang T tahun dengan Metode Log Pearson Type III dapat disajikan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4.14. Curah Hujan Rencana Periode Ulang T tahun dengan Metode Log Pearson Type III

Periode Ulang	Curah Hujan Rencana
2	117,959
5	140,09
10	149,801
20	157,227
25	158,756
50	162,821
100	165,463

4.2.5 Perhitungan Uji Sebaran Data Curah Hujan

Untuk menguji kebenaran suatu sebaran data curah hujan, maka metode yang digunakan yaitu Metode Uji Chi Kuadrat (Chi Square Test) atau uji sebaran.

Langkah – langkah perhitungan sebaran data curah hujan (Chi Square Test). Adapun proses perhitungan uji sebaran data curah hujan dalah sebagai berikut :

1. Hitung jumlah kelas (K)

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

(Soewarno, 1995)

Dimana : K = jumlah kelas

n = jumlah data

Maka :

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

$$K = 1 + 3,322 \log 10$$

$$K = 4,322 \approx 4$$

2. Hitung Derajat Kebebasan (DK)

Dimana : DK = Derajat Kebebasan

K = Jumlah kelas = 46

P = Parameter hujan (P = 1)

Maka :

$$DK = 4 - (1+1) = 2$$

3. Mencari harga Cr dilihat dari derajat kebebasan (DK) dan taraf signifikasi (X).

Untuk derajat kebebasan (DK) = 2

Signifikasi (x) = 5 %

Maka dari tabel Chi quare Test, didapat harga :

Cr tabel = 5,991

$$EF = n/K = 10/4 = 2,5$$

4. Hitung nilai yang diharapkan

Dimana :

EF = Koefisien skewness

n = Jumlah Data

K = Jumlah kelas

Tabel 4.15. X^2 Cr Hitungan

No.	Nilai batas sub kelas	Jumlah Data		(OF - EF) ²	(OF - EF) ² / EF
		OF	EF		
1	X < 98,545	3	2,5	0,25	0,1
2	98,545 < x < 114,166	0	2,5	6,25	2,5
3	114,166 < x < 133,984	5	2,5	6,25	2,5
4	X > 133,984	2	2,5	0,25	0,1
	Jumlah :	10	10	13	5,2

5. Hitung X^2 CR

$$X^2 CR = \sum_{i=1}^n \left[\frac{EF - OF}{EF} \right]^2$$

Dimana :

Cr = Koefisien skewness

X = Taraf signifikasi

EF = Nilai yang diharapkan

OF = Nilai yang diamati

Dari tabel 4.15 didapat Cr hasil hitungan = 5,2

6. Bandingkan Cr hasil tabel dengan Cr hasil hitungan

Syarat :

Cr hitungan < Cr tabel

5,2 < 5,991

Kesimpulan :

- Maka data data curah hujan yang diolah tersebut memenuhi syarat.

Dibawah ini tabel perhitungan statistik penentuan sebaran pada data curah hujan yang telah diolah pada Metode Thiessen:

Tabel 4.16. Perhitungan Statistic Penentuan Sebaran

Tahun	Xi	(Xi - Xr)	(Xi - Xr)	(Xi - X rerata)	(Xi - X rerata)
2009	116,861	-0,204	0,042	-0,009	0,002
2010	131,566	14,5	210,247	3048,556	44203,727
2011	94,499	-22,567	509,281	-11493,1	259367,493
2012	89,708	-27,358	748,448	-20475,9	560174,084
2013	80,912	-36,153	1307,068	-47254,9	1708426,52
2014	121,255	4,19	17,553	73,543	308,12
2015	129,942	12,876	165,786	2134,632	27485,098
2016	125,664	8,598	73,933	635,708	5466,09
2017	136,467	19,401	376,412	7302,909	141686,292
2018	143,784	26,718	713,839	19072,2	509566,736
Jumlah	1170,658	0	4122,61	-46956,4	3256684,16

7. Hitung koefisien skewness

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

Dimana : Cs = Koefisien skewness

Xi = Curah hujan rata-rata

Xr = Harga rata – rata

S = Standar deviasi

Dari tabel 4.16 perhitungan statistic penentuan sebaran

Maka :

Standar Deviasi untuk sampel (Sx)

Sx = 117

Koefisien Skewness (Cs)

$$C_s = 21,402$$

$$\text{Hitung koefisien variasi (Cv)} = Cv = \frac{S}{x}$$

$$Cv = 0,182$$

Hitung koefisien kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

$$Ck = 3,079$$

Untuk menentukan curah hujan yang akan dipakai perencanaan, maka hasil perhitungan curah hujan rencana periode T tahun pada tiga metode tersebut harus dianalisis dengan syarat-syarat jenis sebaran pada table di bawah ini :

Tabel 4.17. Jenis sebaran

Jenis Sebaran	Hasil Perhitungan	Syarat	Keterangan	
Gumbel	Cs	-0,67	Cs ≈ 1,139	Tidak memenuhi
	Ck	3,079	Ck ≈ 5,402	
Log Normal	Cs	-0,85	Cs ≈ 1,137	Tidak memenuhi
	Ck	3,31	Ck ≈ 5,383	
Log Pearson III	Cs	-0,85	Cs ≠ 0	Memenuhi
	Cv	0,04	Cv ≈ 0,3	

Dari hasil perhitungan diatas yang memenuhi persyaratan adalah jenis sebaran Log Pearson III.

Tabel 4.18. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

Kala Ulang (tahun)	Pola Distribusi		
	Gumbel I (mm)	Log Normal (mm)	Log Pearson Tipe III (mm)
2	114,1657	112,3572	117,959
5	139,7087	130,7634	140,09
10	156,6204	144,033	149,801
20	172,8425	157,5166	157,227
25	177,9884	162,0111	158,756
50	193,8403	175,9227	162,821
100	209,5753	188,5502	165,463

Kesimpulan :

Untuk perhitungan curah hujan rencana yang dipakai yaitu Metode log pearson type III.

4.2.6 Perhitungan Debit Banjir Rencana

Untuk mencari debit banjir rencana ada beberapa metode untuk digunakan beberapa metode diantaranya hubungan empiris antara curah hujan dengan limpasan. Metode ini paling banyak dikembangkan sehingga didapat beberapa rumus diantaranya sebagai berikut :

4.2.6.1 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Hespers

Perhitungan debit banjir rencana untuk metode ini berdasarkan pada rumus – rumus sebagai berikut :

$$Qi = \alpha \times \beta \times A \times qt$$

Di mana :

$$\alpha = \frac{1 + 0,012 \cdot A^{0,7}}{1 + 0,075 \cdot A^{0,7}}$$

$$tc = 0,1 \cdot L^{0,8} \cdot i^{-0,3}$$

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t + (3,7 \cdot 10^{-0,4t}) \cdot A^{3/4}}{t^2 + 15} \cdot \frac{1}{12}$$

$$qt = \frac{Rt}{3,6 \cdot t}$$

Untuk $t < 2$ jam

$$Rt = \frac{t \times R_{24}}{t + 1 - 0,008(260 - R_{24})(2 - t)^2}$$

Untuk $2 \text{ jam} < t < 19 \text{ jam}$

$$Rt = \frac{t \times R_{24}}{t + 1}$$

Untuk $19 \text{ jam} < t < 30 \text{ hari}$

$$Rt = 0,707 \times R_{24}(t + 1) \times 0,5$$

Di mana :

α = Koefisien pengaliran

β = Koefisien reduksi

t = Waktu konsentrasi (jam)

A = Luas DAS (km²)

L = Panjang sungai (km)

i = kemiringan sungai rerata

R₂₄ = Curah hujan rancangan (mm)

Rt = Intensitas hujan

Qt = Hujan maksimum (m³/km³/det)

Maka :

$$Q = X \cdot \beta \cdot q \cdot A$$

$$= 0,639 \cdot 0,842 \cdot 0,1169 \cdot R_t \cdot 27$$

$$Q = 1,6982 R_t$$

Sehingga :

$$Q_t = 1,6982 \cdot R_t$$

$$Q_z = 1,6982 \cdot R_z = 1,6982 \cdot 117,959 = 200,317 \text{ /dtk}$$

$$Q_s = 1,6982 \cdot R_s = 1,6982 \cdot 140,090 = 237,900 \text{ /dtk}$$

$$Q_1 = 1,6982 \cdot R_1 = 1,6982 \cdot 149,801 = 254,392 \text{ /dtk}$$

$$Q_2 = 1,6982 \cdot R_2 = 1,6982 \cdot 157,227 = 267,002 \text{ /dtk}$$

$$Q_3 = 1,6982 \cdot R_3 = 1,6982 \cdot 158,756 = 269,599 \text{ /dtk}$$

$$Q_4 = 1,6982 \cdot R_4 = 1,6982 \cdot 162,821 = 279,502 \text{ /dtk}$$

$$Q_5 = 1,6982 \cdot R_5 = 1,6982 \cdot 165,463 = 280,989 \text{ /dtk}$$

Distribusi debit banjir rencana periode T tahun dengan Metode Haspers dapat disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.19. Debit Banjir Rencana Periode Ulang T tahun Metode Haspers

Periode Ulang	Debit banjir rencana (m ³ /dtk)
2	200,317
5	237,9
10	254,392
20	267,002
25	269,599
50	279,502
100	280,989

4.2.6.2 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Weduwen

Rumus dari metode Weduwen adalah sebagai berikut :

$$Q_n = \alpha \beta q_n A$$

$$\alpha = 1 - \frac{4.1}{\beta q_n + 7}$$

$$\beta = \frac{120 + ((t + 1)(t + 9))A}{12 \mp A}$$

$$q_n = \frac{Rn}{240} \cdot \frac{67,65}{t + 1,45}$$

$$t = 0,125 \cdot L \cdot Q^{-0,125} \cdot I^{-0,25}$$

Di mana:

Q_n = debit banjir (m³/det) dengan kemungkinan tak terpenuhi n %

R_n = curah hujan harian maksimum (mm/hari) dengan kemungkinan tidak terpenuhi n %

α = koefisien limpasan air hujan (run off)

β = koefisien pengurangan daerah untuk curah hujan DAS

q_n = curah hujan ($m^3/det.km^2$)

A = luas daerah aliran (km^2) sampai $100 km^2$

t = lamanya curah hujan (jam) yaitu pada saat-saat kritis curah hujan yang mengacu pada terjadinya debit puncak, tidak sama dengan waktu konsentrasi Melchior

L = panjang sungai (km)

I = gradien (Melchior) sungai atau medan

- Periode ulang 2 tahun

$$R_2 = 117,959$$

$$\beta = 0,8934$$

$$q_n = 5,328$$

$$\alpha = 0,651$$

$$t = 4,79$$

$$Q_n = 83,727$$

- Periode ulang 5 tahun

$$R_5 = 140,090$$

$$\beta = 0,8923$$

$$q_n = 6,473$$

$$\alpha = 0,679$$

$$t = 4,65$$

$$Q_n = 105,917$$

- Periode ulang 10 tahun

$$R_{10} = 149,801$$

$$\beta = 0,8923$$

$$q_n = 6,979$$

$$\alpha = 0,689$$

$$t = 4,6$$

$$Q_n = 115,975$$

- Periode ulang 20 tahun

$$R_{20} = 157,227$$

$$\beta = 0,8916$$

$$q_n = 7,374$$

$$\alpha = 0,6979$$

$$t = 4,56$$

$$Q_n = 123,908$$

- Periode ulang 25 tahun

$$R_{25} = 158,756$$

$$\beta = 0,8915$$

$$q_n = 7,458$$

$$\alpha = 0,699$$

$$t = 4,55$$

$$Q_n = 125,606$$

- Periode ulang 50 tahun

$$R_{50} = 162,821$$

$$\beta = 0,8913$$

$$q_n = 7,674$$

$$\alpha = 0,7037$$

$$t = 4,53$$

$$Q_n = 129,999$$

- Periode ulang 100 tahun

$$R_{100} = 165,465$$

$$\beta = 0,8913$$

$$q_n = 7,8123$$

$$\alpha = 0,7063$$

$$t = 4,52$$

$$Q_n = 132,804$$

Rencana periode T tahun dengan Metode Weduwen dapat disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.20. Debit Banjir Rencana Periode Ulang T tahun Metode Weduwen

Periode Ulang	Debit Banjir (m ³ /detik)
2	83,727
5	105,917
10	115,975
20	123,908

25	125,606
50	129,999
100	132,804

4.2.6.3 Analisis HSS Nakayasu

Metode Nakayasu dari Jepang menyelidiki hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang. Metode nakayasu menggunakan tahapan perhitungan sebagai berikut :

4.2.6.3.1 Menganalisa Hidrograf Banjir Rencana

Sebaran hujan jam – jaman dipakai metode Mononobe yaitu :

$$RT = R_{24/t} \cdot (t/T)^{2/3}$$

$$Rt = (t.RT) - (t-1).(R_{t-1})$$

keterangan :

RT = intensitas rata-rata hujan dalam T jam (mm/hari)

Rt = prosentase intensitas hujan rata-rata dalam 1 hari

R24 = curah hujan efektif dalam 1 hari (mm)

T = waktu mulai hujan

t = waktu konsentrasi hujan (diasumsi selama 6 jam)

Tabel 4.21. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Jam ke – t

Jam ke	Rata-rata Hujan Sampai Jam ke T (Rt)	CH Pada Jam ke - T (RT)
1	0,55 _{R24}	0,55
2	0,35 _{R24}	0,143
3	0,26 _{R24}	0,1
4	0,22 _{R24}	0,08
5	0,19 _{R24}	0,067
6	0,17 _{R24}	0,059

Tabel 4.22. Persentase Intensitas Hujan

t (jam)	RT	Rt	Prosentase
1	0,55	0,55	55,03%
2	0,347	0,143	14,30%
3	0,265	0,1	10,03%
4	0,218	0,08	7,99%
5	0,188	0,067	6,75%
6	0,167	0,059	5,90%
			100,00%

Perhitungan distribusi tiap jam

$$R = ER \times Rt \times 0,01$$

Keterangan :

R : Curah hujan tiap jam

ER : Hujan Efektif

Rt : prosentase (ratio)

Tabel 4.23. Distribusi Hujan Tiap Jam

waktu (jam)	ratio (%)	kumulatif (%)	curah hujan tiap jam						
			2 th	5 th	10 th	20 th	25 th	50 th	100 th
1	55,03	55,03	23,35	30,48	33,7	36,19	36,7	38,08	38,98
2	14,3	69,34	6,07	7,92	8,76	9,41	9,54	9,9	10,13
3	10,03	79,37	4,26	5,56	6,14	6,6	6,69	6,94	7,11
4	7,99	87,36	3,39	4,42	4,89	5,25	5,33	5,53	5,66
5	6,75	94,1	2,86	3,74	4,13	4,44	4,5	4,67	4,78
6	5,9	100	2,5	3,27	3,61	3,88	3,93	4,08	4,18
probabilitas hujan harian			117,96	140,09	149,8	157,23	158,76	162,82	165,46
koefisien pengaliran			0,36	0,4	0,41	0,42	0,42	0,42	0,43
hujan efektif			42,44	55,39	61,23	65,76	66,69	69,19	70,83

4.2.6.3.2 Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Perhitungan debit banjir dengan metode nakayasu pada sungai parid dapat dilihat dalam langkah – langkah dibawah ini :

$$\text{Luas daerah sungai} = 27 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang sungai} = 6,13 \text{ km}$$

$$T_g = 0,747$$

$$\alpha = 3$$

$$T_r = 0,560$$

$$T_p = 1,195$$

$$T_{0,3} = 2,885$$

Menentukan persamaan unit hidrograf nakayasu

a. Kurva Naik (QN)

$$0 \leq t < T_p$$

$$0 \leq t < 1,1955$$

$$\text{Persamaan } Q_n = Q_{maks}$$

b. Kurva Turun

$$T_p \leq t < (T_p + T_{0,3})$$

$$1,195 \leq t < 3,437$$

c. Kurva Turun

$$(T_p + T_{0,3}) \leq t < (T_p + T_{0,3} + 1,5 * T_{0,3})(3,437) \leq t < 6,799$$

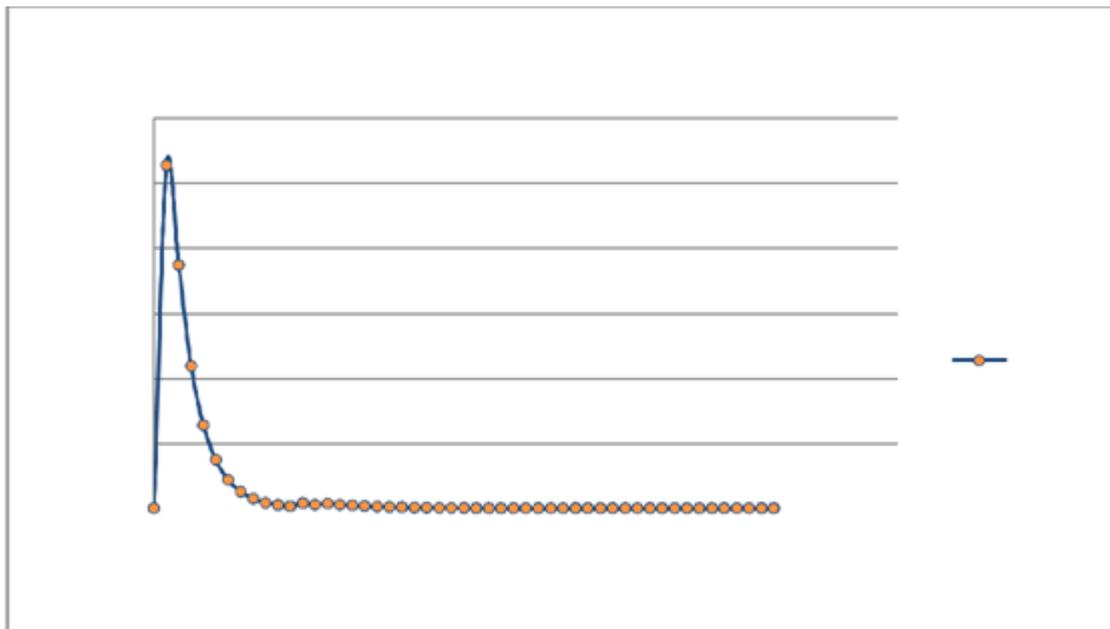
d. Kurva Turun

$$t \geq (T_p + T_{0,3} + 1,5 * T_{0,3})t \geq 6,799$$

Tabel 4.24. Ordinat Hidrograf Satuan

Jam	Qt	Persamaan
0	0	t1
1	2,6379	t1
2	1,8724	t2
3	1,0943	t2
4	0,6395	t2
5	0,3738	t2
6	0,2185	t2
7	0,1277	t2
8	0,0746	t2
9	0,0436	t2
10	0,0255	t2
11	0,0149	t2
12	0,0403	t3
13	0,0282	t3
14	0,0375	t4
15	0,0287	t4
16	0,0219	t4
17	0,0168	t4
18	0,0128	t4
19	0,0098	t4
20	0,0075	t4
21	0,0057	t4
22	0,0044	t4
23	0,0033	t4
24	0,0026	t4
25	0,002	t4
26	0,0015	t4
27	0,0011	t4
28	0,0009	t4
29	0,0007	t4
30	0,0005	t4
31	0,0004	t4
32	0,0003	t4
33	0,0002	t4

Jam	Qt	Persamaan
34	0,0002	t4
35	0,0001	t4
36	0,0001	t4
37	0,0001	t4
38	0,0001	t4
39	0	t4
40	0	t4
41	0	t4
42	0	t4
43	0	t4
44	0	t4
45	0	t4
46	0	t4
47	0	t4
48	0	t4
49	0	t4
50	0	t4



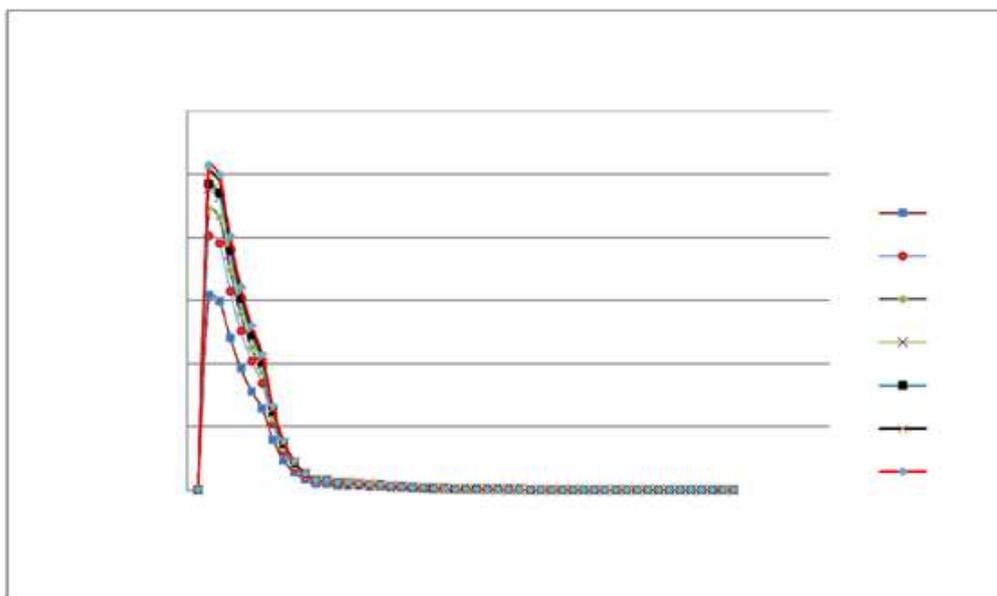
Gambar 4.13. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Berikut ini merupakan hasil dari perhitungan debit banjir rencana periode ulang T tahun metode hidrograf satuan sintetis Nakayasu dilihat pada tabel 4.21 dan grafik hidrograf satuan sintetis nakayasu dilihat pada gambar 4.4. sedangkan hasil perhitungan ordinat hidrograf satuan 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 100 tahun dapat dilihat pada lampiran tabel 1 sampai dengan

lampiran tabel 7. hasil analisis perhitungan debit rancangan dengan metode HSS Nakayasu, sedangkan :

Tabel 4.25. Rekapitulasi Debit Banjir (Puncak) Rancangan Dengan Metode Homograf Sistetik Satuan Nakayasu

Debit Banjir Maximum HSS Nakayasu		
Q2 max	61,6031	m ³ /dtk
Q5 max	80,4139	m ³ /dtk
Q10 max	88,8929	m ³ /dtk
Q20 max	95,4585	m ³ /dtk
Q25 max	96,8186	m ³ /dtk
Q50 max	100,448	m ³ /dtk
Q100 max	102,817	m ³ /dtk



Gambar 4.14. Grafik Hidrograf Banjir Satuan Sintetik Nakayasu

4.2.7 Pemilihan Debit Banjir Rencana

Tabel 4.26. Rekapitulasi Pemilihan Debit Banjir Rencana

	Hesper	Weduwen	Nakayasu
Q 2 Th	200,317	83,727	61,603
Q 5 Th	237,9	105,917	80,413
Q 10 Th	254,392	115,975	88,892
Q 20 Th	267,002	123,908	95,458
Q 25 Th	269,599	125,606	96,818
Q 50 Th	279,502	129,999	100,444
Q100Th	280,989	132,804	102,817

Dari tabel diatas dapat diketahui hasil perhitungan debit dengan 3 metode yang berbeda. Berdasarkan hasil perhitungan dan pertimbangan keamanan dan efisien serta ketidakpastian besarnya debit banjir yang terjadi didaerah tersebut, maka antara metode yang ada dipakai debit maksimum periode ulang 50 tahun. Karena keterbatasan data yang kami peroleh, dengan pertimbangan kelengkapan dan ketelitian hasil perhitungan serta lokasi sungai yang berada di Kawunganten Cilacap kami menentukan debit banjir rencana Metode hss nakayasu dengan besaran debit $100,444 \text{ }^3/\text{dt}$

4.3 Pemilihan Tipe Bendung Gerak

Berikut ini uraian perhitungan Analytical Hierarchy Process pemilihan tipe pintu bendung menggunakan Software Expert Choice v.11. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui hasil dari olah kuesioner mengenai pemilihan pintu bendung yang sesuai untuk Desa Ujungmanik.

4.3.1 Perhitungan rata-rata geometrik

Hasil pengisian kuesioner yang dilakukan oleh beberapa responden, dilampirkan dalam tabel berikut ;

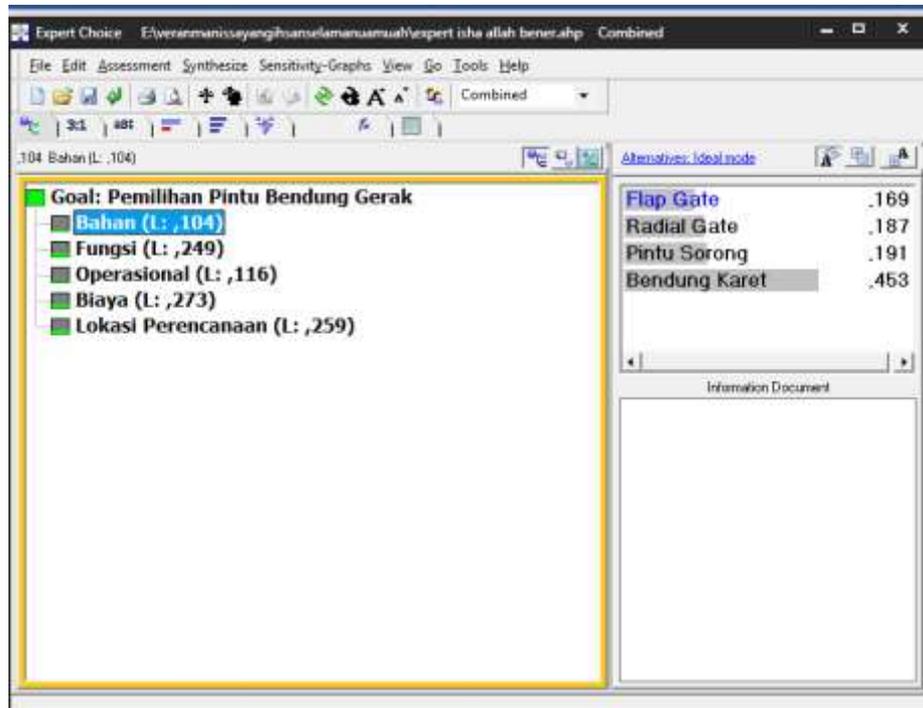
Tabel 4.27. Hasil Pengisian Responden

Urutan Pertanyaan n	R 1	R 2	R3	R4	R5	R6	Rata - Rata Geometrik (U)
ABa : AF	1/ 3	1/ 3	1/ 8	5	1/ 7	1/ 6	0,35 5
ABa : AO	1/ 2	2	1/ 7	5	1/ 7	4	0,86 1
ABa : ABi	2	1/ 4	1/ 7	1/ 7	1	1/ 5	0,35 5
ABa : AL	1/ 3	1/ 4	1/ 7	5	1	1/ 2	0,55 7
AF : AO	1	3	8	5	1	4	2,80 0
AF : ABi	3	3	8	1/ 7	1/ 7	1/ 3	0,88 8
AF : AL	1	1/ 4	1/ 7	1	7	1/ 5	0,60 7
AO : ABi	2	1/ 4	1/ 7	1/ 5	1	1/ 5	0,38 0
AO : AL	3	1/ 4	1/ 7	3	1	1/ 5	0,63 2
ABi : AL	1/ 2	1/ 4	1/ 7	2	7	3	0,95 3

Sumber : Olah data kuesioner, 2019

4.3.2 Perbandingan Berpasangan (Pairwise Comparisson)

Perhitungan bobot kriteria dilakukan dengan cara membandingkan setiap kriteria. Kemudian nilai kepentingan dari setiap komponen diolah dengan menggunakan aplikasi Expert Choice v.11 untuk kemudian dikombinasikan dari hasil pembobotan tiap responden.



Gambar 4.15. Tampilan Software Expert Choice v.11

Faktor pemilihan Pintu bendung dipengaruhi oleh 5 kriteria, yaitu Bahan, Fungsi, Operasional, Biaya dan Lokasi Perencanaan. Kemudian contoh perbandingan berpasangan antar kriteria pada kuesioner adalah sebagai berikut :

1. Bahan : Fungsi = 2 : 1

Artinya kriteria bahan sedikit lebih penting dibandingkan dengan kriteria fungsi.

2. Bahan : Operasional = 1 : 1

Artinya kriteria bahan dan operasional sam penting

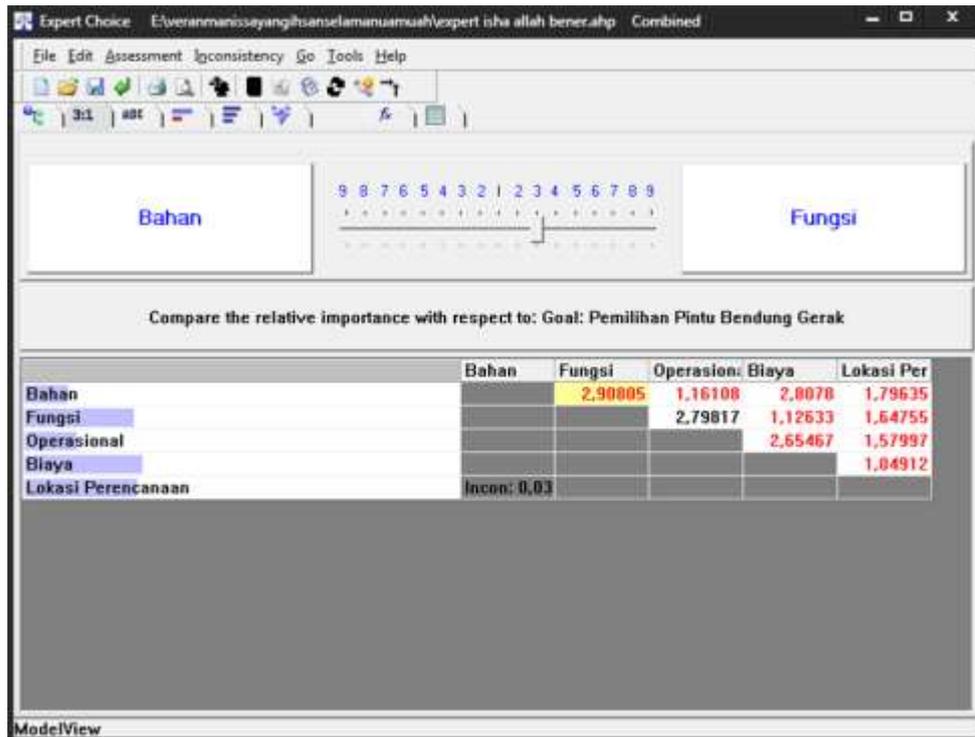
3. Bahan : Biaya = 2 : 1

Artinya kriteria bahan sedikit lebih penting dibandingkan dengan kriteria biaya.

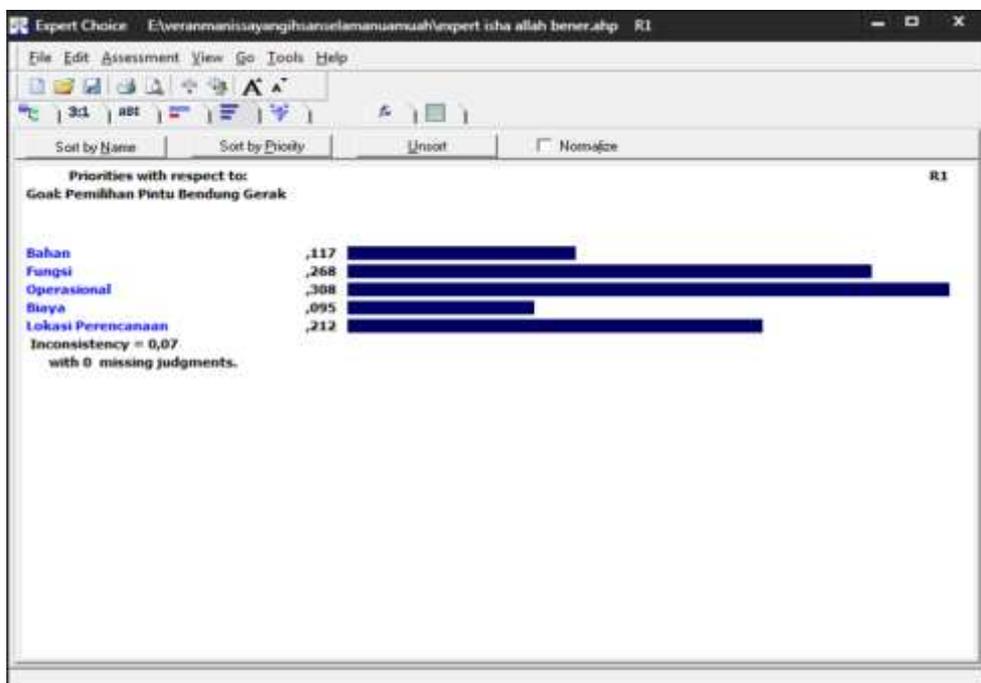
4. Bahan : Lokasi = 2 : 1

5. Artinya kriteria bahan sedikit lebih penting dibandingkan dengan kriteria lokasi.

Perhitungan pada Expert Choice v.11 sebagai berikut ;



Gambar 4.16. Contoh perbandingan berpasangan antar kriteria dalam Expert Choice v.11



Gambar 4.17. Contoh Hasil Pembobotan Kriteria Expert Choice v.11

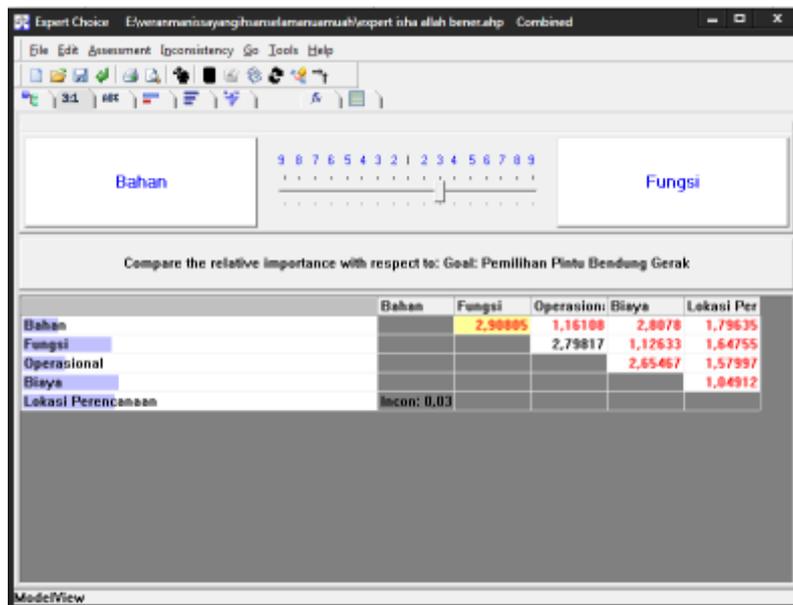
Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0 ,07 Dari hasil input data diatas didapat :

1. Bobot Kriteria Bahan : 0,117

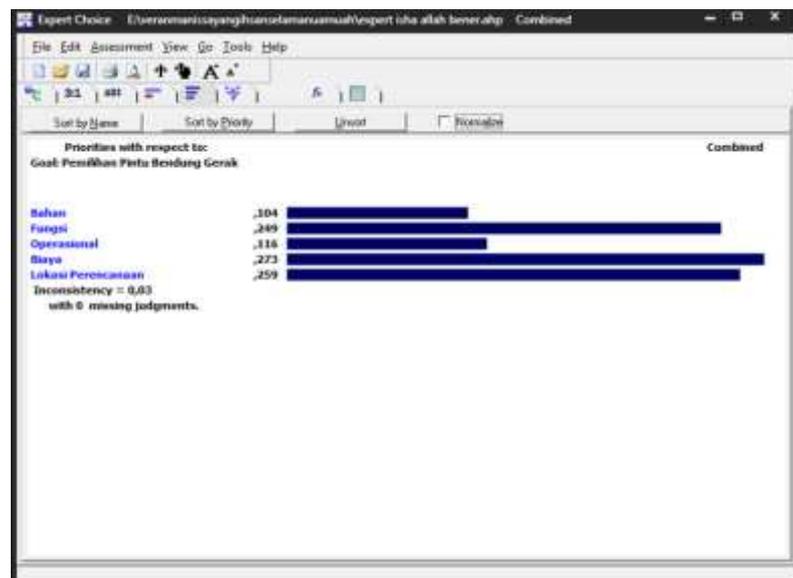
2. Bobot Kriteria Fungsi : 0,268
3. Bobot Kriteria Operasional : 0,308
4. Bobot Kriteria Biaya : 0,095
5. Bobot Kriteria Lokasi : 0,212

4.3.3 Perhitungan Bobot Kriteria

Setelah semua data dari responden diinput dan dihitung, selanjutnya hasil data dari semua responden dikombinasikan dan dihitung dengan Expert Choice v.11. Perhitungan kombinasi data-data dari responden pada Expert sebagai berikut:



Gambar 4.18. Tampilan perbandingan berpasangan antar Kriteria dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden



Gambar 4.19. Hasil Pembobotan Kriteria dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden

Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0,03 Dari hasil input data diatas didapat :

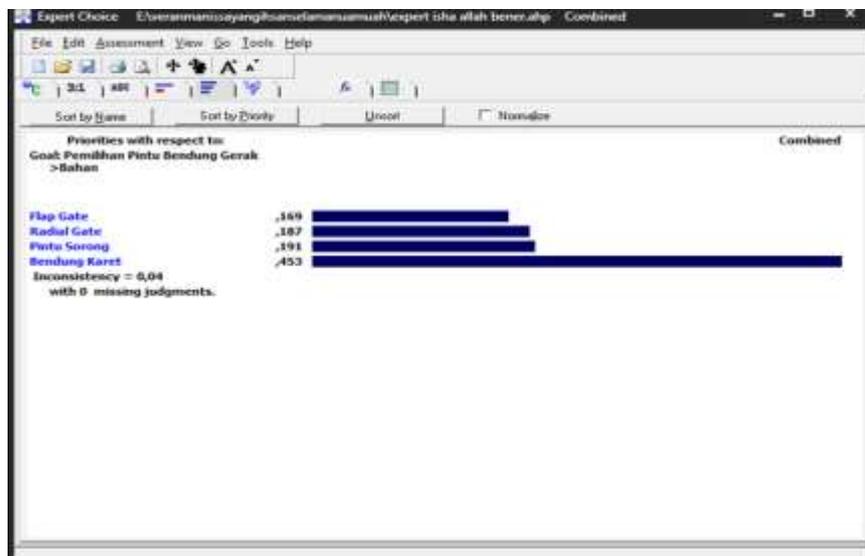
- | | | |
|-------------------------------|---|-------|
| a. Bobot Kriteria Bahan | : | 0,104 |
| b. Bobot Kriteria Fungsi | : | 0,249 |
| c. Bobot Kriteria Operasional | : | 0,116 |
| d. Bobot Kriteria Biaya | : | 0,273 |
| e. Bobot Kriteria Lokasi | : | 0,259 |

4.3.4 Perhitungan Bobot Alternatif

Setelah mendapatkan hasil pembobotan kriteria, perhitungan selanjutnya adalah menghitung pembobotan alternatif pelat lantai.

1. Pembobotan Alternatif Pintu Bendung Berdasarkan Kriteria Bahan

Berdasarkan bahan yang yang digunakan untuk pembuatan pintu bendung, tiap alternatif jenis pintu memiliki kelebihan dan kekurangan. Berdasarkan pendapat responden, ranking alternatif pintu bendung dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.20. Hasil Perbandingan Alternatif Pintu Bendung Terhadap Kriteria Bahan dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden

Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0,04 Dari hasil input data diatas didapat :

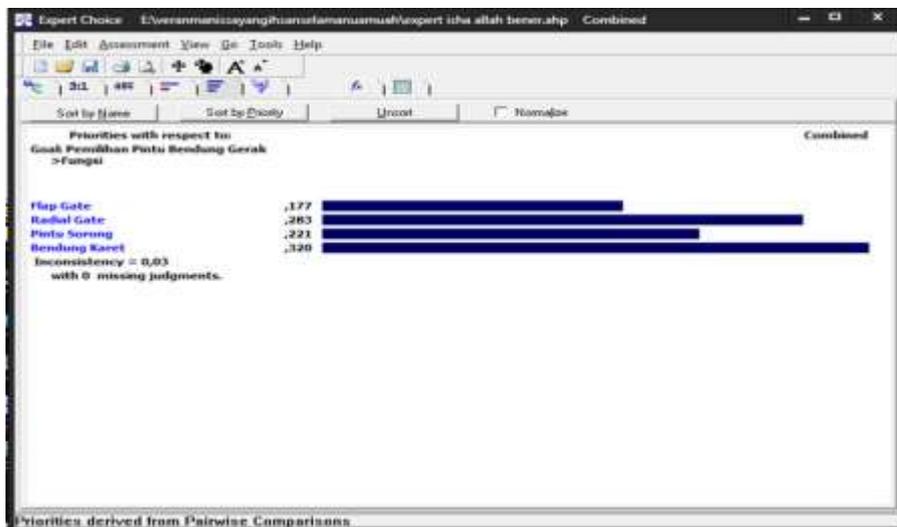
- | | | |
|-----------------------------|---|-------|
| 1. Bobot <i>Flap Gate</i> | : | 0,169 |
| 2. Bobot <i>Radial Gate</i> | : | 0,187 |
| 3. Bobot Pintu Sorong | : | 0,191 |

4. Bobot Bendung Karet : 0,453

Dari hasil akhir diatas dapat disimpulkan bahwa menurut kriteria bahan, jenis alternatif yang paling diunggulkan adalah Bendung Karet yang mempunyai bobot yang sama di kisaran 0,33 atau 45%, dan juga dari hasil wawancara dengan narasumber didapatkan informasi jika memang benar bahwa Bendung Karet cocok digunakan untuk sungai Ujung manik yang notabene aliran airnya air payau.

2. Pembobotan Alternatif Pintu Bendung Berdasarkan Kriteria Fungsi

Berdasarkan kriteria fungsi, setiap tipe pintu bendung memiliki kelebihan dan kekurangannya. Ranking alternatif tipe pintu bendung dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.21 Hasil Perbandingan Alternatif Pintu Bendung terhadap Kriteria Fungsi Guna Bangunan dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden

Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0 ,03 Dari hasil input data diatas didapat :

1. Bobot *Flap Gate* : 0,177
2. Bobot *Radial Gate* : 0,283
3. Bobot Pintu Sorong : 0, 221
4. Bobot Bendung Karet : 0,320

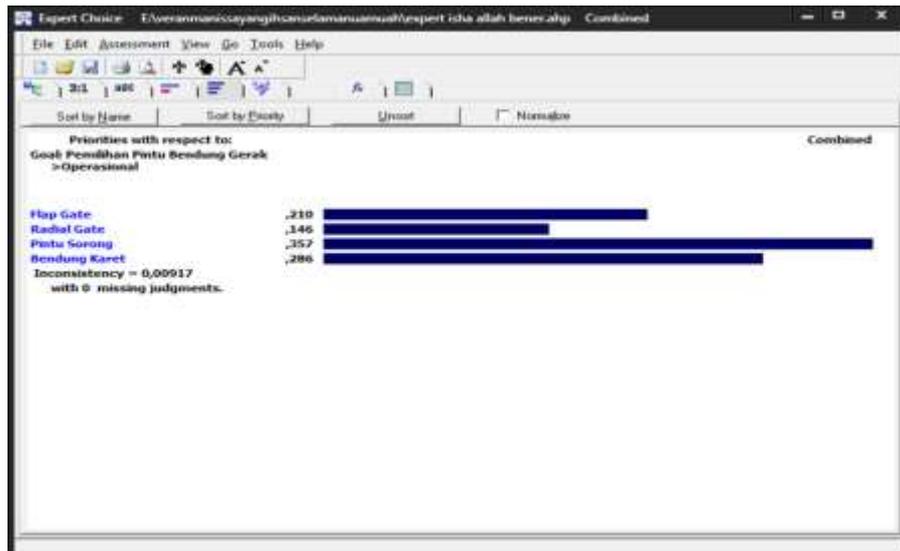
Dari hasil akhir diatas dapat disimpulkan bahwa menurut kriteria fungsi guna bangunan, jenis alternatif yang paling diunggulkan adalah *Bendung Karet* dengan bobot sebesar 0,320 atau 32%.

Dari hasil wawancara dengan narasumber juga didapatkan informasi jika memang benar bahwa dalam pengerjaan pelat lantai dengan metode *Bendung Karet*

adalah jenis pelat lantai yang lebih dapat diandalkan dari segi fungsi bangunan karena memudahkan akses warga.

3. Pembobotan Alternatif Pintu Bendung Berdasarkan Kriteria Operasional

Berdasarkan kriteria kemudahan dalam operasional dan pemeliharaan, setiap jenis pintu bendung memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Ranking tipe pintu bendung berdasarkan kriteria operasional dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.22. Hasil Perbandingan Alternatif Pintu Bendung terhadap Kriteria Operasional dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden

Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0 ,009 Dari hasil input data diatas didapat :

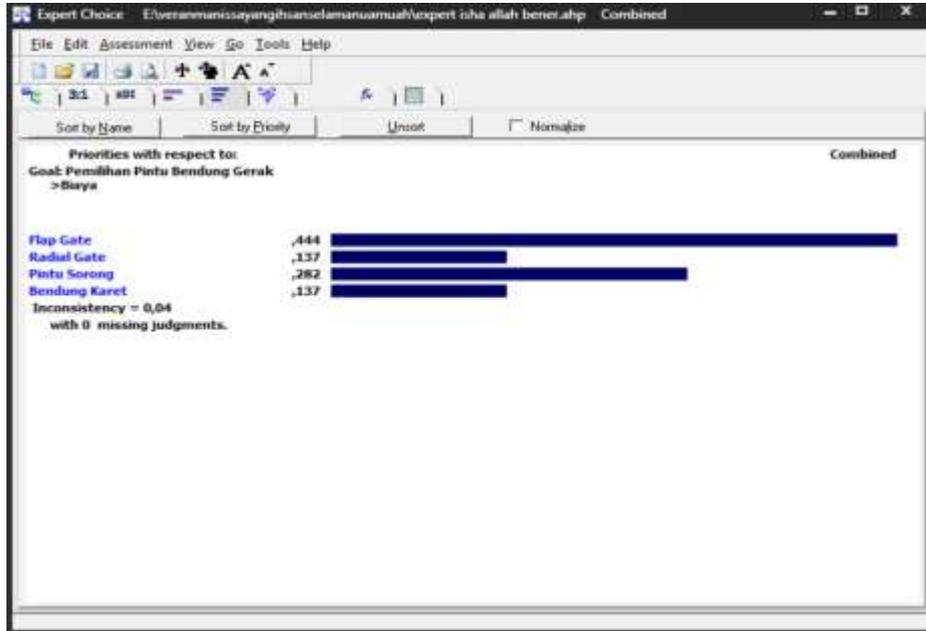
1. Bobot *Flap Gate* : 0,210
2. Bobot *Radial Gate* : 0,146
3. Bobot Pintu Sorong : 0, 357
4. Bobot Bendung Karet : 0,286

Dari hasil akhir diatas dapat disimpulkan bahwa menurut kriteria metode pelaksanaan jenis alternatif yang paling diunggulkan adalah *Pintu Sorong* dengan bobot sebesar 0,357 atau 35%,

Dari hasil wawancara dengan narasumber juga didapatkan informasi jika memang benar bahwa dalam pengoperasian sehari hari pintu sorong sangat dianjurkan. Karena mudah dalam pengoperasiannya.

4. Pembobotan Alternatif Pintu Bendung Berdasarkan Kriteria Biaya

Berdasarkan kriteria biaya yang terdiri dari biaya material/bahan, biasa pemasangan dan biaya pemeliharaan, masing-masing jenis pintu bendung memiliki kelebihan dan kekurangan. Ranking alternatif tipe pintu bendung berdasarkan biaya, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.23. Hasil Perbandingan Alternatif Pintu Bendung terhadap Kriteria Biaya dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden

Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0,004 Dari hasil input data diatas didapat :

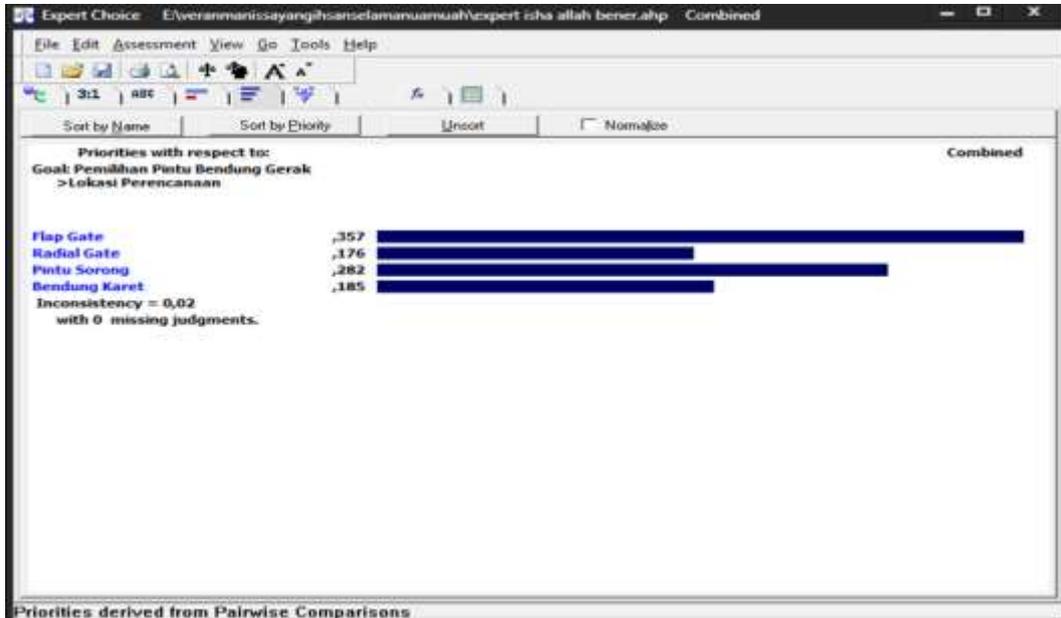
1. Bobot *Flap Gate* : 0,444
2. Bobot *Radial Gate* : 0,137
3. Bobot Pintu Sorong : 0,282
4. Bobot Bendung Karet : 0,137

Dari hasil akhir diatas dapat disimpulkan bahwa menurut kriteria Biaya jenis alternatif yang paling diunggulkan adalah *Flap Gate* dengan bobot sebesar 0,444 atau 44%.

Dari hasil wawancara dengan narasumber juga didapatkan informasi jika memang benar bahwa dalam pengerjaan pintu air dengan jenis *Flap Gate* adalah jenis pintu bendung yang lebih dapat diandalkan dari segi biaya karena harga dari pintu ini cukup rendah dibanding harga pintu yang lain. Proses pengerjaannya juga cepat dan tidak terlalu sulit.

5. Pembobotan Alternatif Pintu Bendung Berdasarkan Kriteria Lokasi

Berdasarkan kriteria lokasi penempatan pintu bendung, masing-masing jenis pintu bendung memiliki kelebihan dan kekurangan. Ranking alternatif tipe pintu bendung berdasarkan biaya, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.24. Hasil Perbandingan Alternatif Pintu Bendung terhadap Kriteria Lokasi dalam Expert Choice v.11 Dari Data Kombinasi Responden

Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0 ,002 Dari hasil input data diatas didapat :

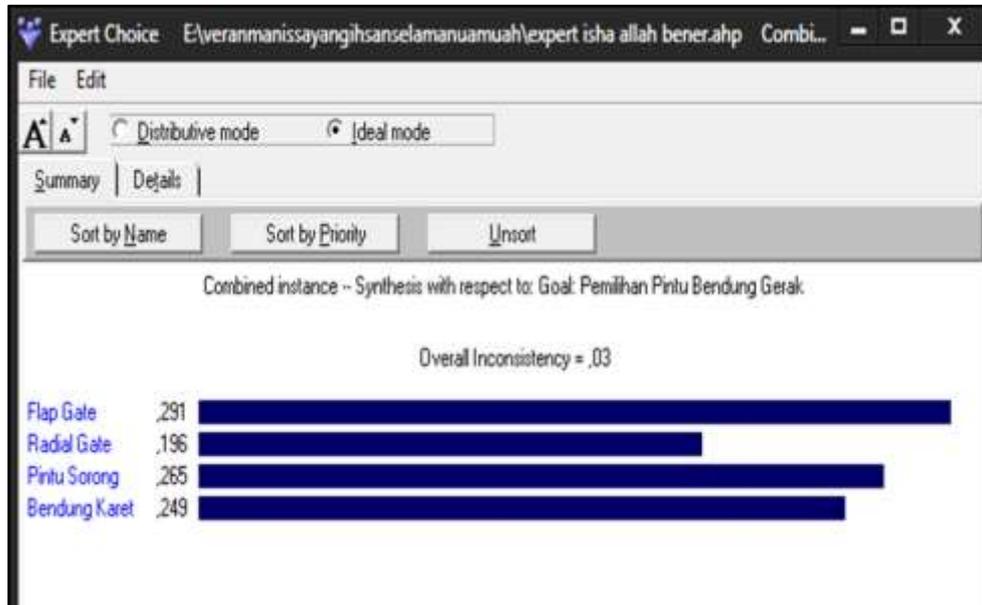
1. Bobot *Flap Gate* : 0,357
2. Bobot *Radial Gate* : 0,176
3. Bobot Pintu Sorong : 0,282
4. Bobot Bendung Karet : 0,185

Dari hasil akhir diatas dapat disimpulkan bahwa menurut kriteria Lokasi jenis alternatif yang paling diunggulkan adalah *Flap Gate* dengan bobot sebesar 0,357 atau 35 %.

Dari hasil wawancara dengan narasumber juga didapatkan informasi jika memang benar bahwa dalam di lokasi pintu bendung yang cocok yaitu *flap gate* karena menurut para expert mudah pengoperasiannya sehingga para warga bisa sukarela dalam mengoperasikan tanpa perlu menyewa orang yang dianggap mampu mengoperasikan.

6. Perbandingan Alternatif Pintu Bendung Berdasarkan Seluruh Kriteria

Berdasarkan seluruh kriteria, masing-masing jenis pintu bendung memiliki kelebihan dan kekurangan. Ranking alternatif tipe pintu bendung berdasarkan biaya, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.25. Hasil Perbandingan Alternatif Pelat Lantai terhadap Keseluruhan Kriteria dalam Expert Choice v.11 dari data Kombinasi Responden

Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0,03 Dari hasil input data diatas didapat

:

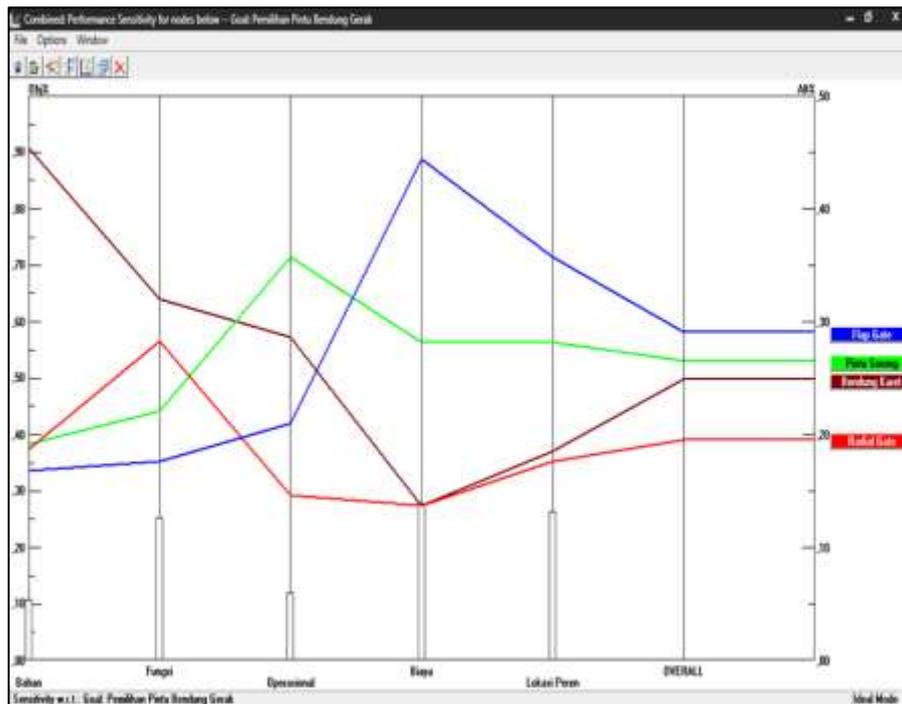
1. Bobot Flap Gate : 0,291
2. Bobot Radial Gate : 0,196
3. Bobot *Pintu Sorong* : 0,265
4. Bobot *Bendung Karet* : 0,249

Dari hasil akhir diatas dapat disimpulkan bahwa menurut keseluruhan kriteria, jenis alternatif yang paling diunggulkan adalah *Flap gate* dengan bobot 0,291 atau presentase 29%. Di urutan kedua ada pintu sorong yang berbobot 0,265 dengan prosentase 26%. Sedangkan diurutan ketiga dan keempat ada Bendung Karet dan *Radial Gate* dengan masing masing bobot 0,249 atau presentase 25% dan 0,196 atau presentase 20%.

4.3.5 Rekapitulasi Perhitungan Kriteria dan Alternatif

Setelah semua data berhasil diinput lalu hasil dari semua responden dikobinasikan dan sudah dihitung dengan *Expert Choice v.11*. Maka akan muncul

Rekapitulasi hasil perhitungan kriteria dan alternatif pemilihan pintu bendung atau disebut *Grafik Relative Priority* sebagai berikut :



Gambar 4.26. Grafik Relative Priority

Tabel 4.28. Rekapitulasi Grafik Relative Priority

No.	Kriteria	Alternatif			
		<i>Flap Gate</i>	<i>Radial Gate</i>	Pintu Sorong	Bendung Karet
1	Bahan	4	3	2	1
2	Fungsi	4	2	3	1
3	Operasional	3	2	1	4
4	Biaya	1	4	2	3
5	Lokasi	1	4	2	3

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa menurut kriteria dan alternative, *Flap Gate* menjadi alternatif yang paling diperhitungkan oleh para Expert.

Menurut terwawancara jika memang benar *Flap Gate* menjadi alternatif yang baik untuk dijadikan pintu bendung karena mudah dalam pengoperasiannya dan biaya yang murah.

Pintu Sorong menjadi alternatif kedua yang bisa dipertimbangkan untuk jadi pintu bendung, dari grafik dapat dilihat jika pintu sorong cukup stabil dari segala aspek, pintu

sorong dianggap mudah dalam pengoperasiannya dan murah biaya juga cocok untuk daerah Kawuganten.

Sedangkan bendung karet sangat direkomendasikan dalam segi bahan karena dinilai cocok dengan desa Ujungmanik yang airnya banyak berasal dari segara anakan yang notabene air asin, namun kurang direkomendasikan dari segi biaya karena mempertimbangkan akses pengadaan bahan dan alat untuk pembangunan bendung terbilang sedikit sulit karena posisi desa Kawuganten yang memiliki akses kurang baik.

Sedangkan *Radial Gate* kurang direkomendasikan karena biaya yang mahal, dan membutuhkan tenaga ahli dalam pengerjaannya.

4.4 Pemilihan Lokasi Bendung

Berikut ini uraian perhitungan Analytical Hierarchy Process pemilihan Lokasi bendung menggunakan Software Expert Choice v.11 . Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui hasil dari olah kuesioner mengenai pemilihan lokasi bendung yang paling efisien untuk warga Desa Ujungmanik.

4.3.1 Perhitungan rata-rata geometrik

Hasil pengisian Kuesioner yang dilakukan oleh beberapa responden, dilampirkan dalam tabel berikut :

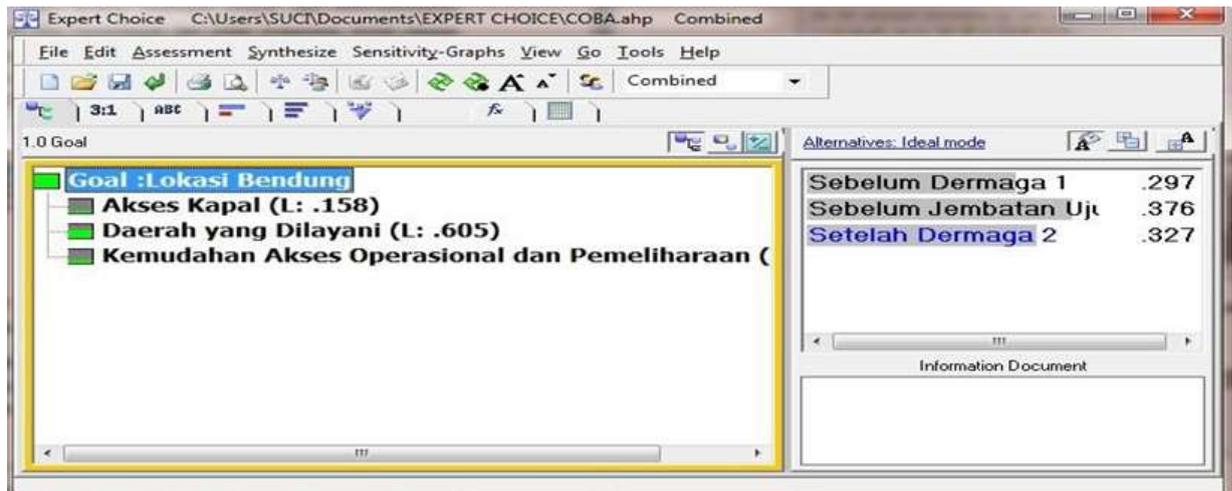
Tabel 4.29. Hasil Pengisian Responden Warga Sekitar

Urutan Pertanyaan	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9	R1 0	Rata- rata Geometrik (U)
AAK : ADD	1/ 5	1/ 3	1/ 3	1/ 7	1/ 7	1/ 8	1	1/ 9	1/ 9	1/8	0,197
AAK : AKO	2	2	3	1	1	1/ 7	9	1/ 8	1	1/7	0,879
ADD : AKO	1/ 3	1/ 3	1/ 3	7	7	8	7	1/ 9	9	7	1,928

Sumber : Olah data kuesioner, 2019

4.3.2 Perbandingan Berpasangan (Pairwise Comparisson)

Perhitungan bobot kriteria dilakukan dengan cara membandingkan setiap kriteria. Kemudian nilai kepentingan dari setiap komponen diolah dengan menggunakan Software Expert Choice v.11 untuk kemudian dikombinasikan dari hasil pembobotan tiap responden.

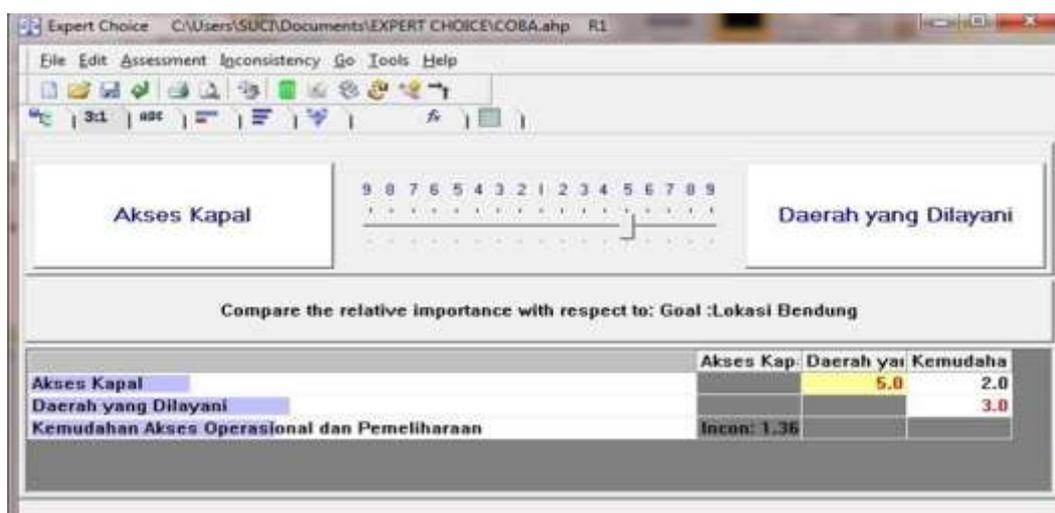


Gambar 4.27. Tampilan Software Expert Choice v.11

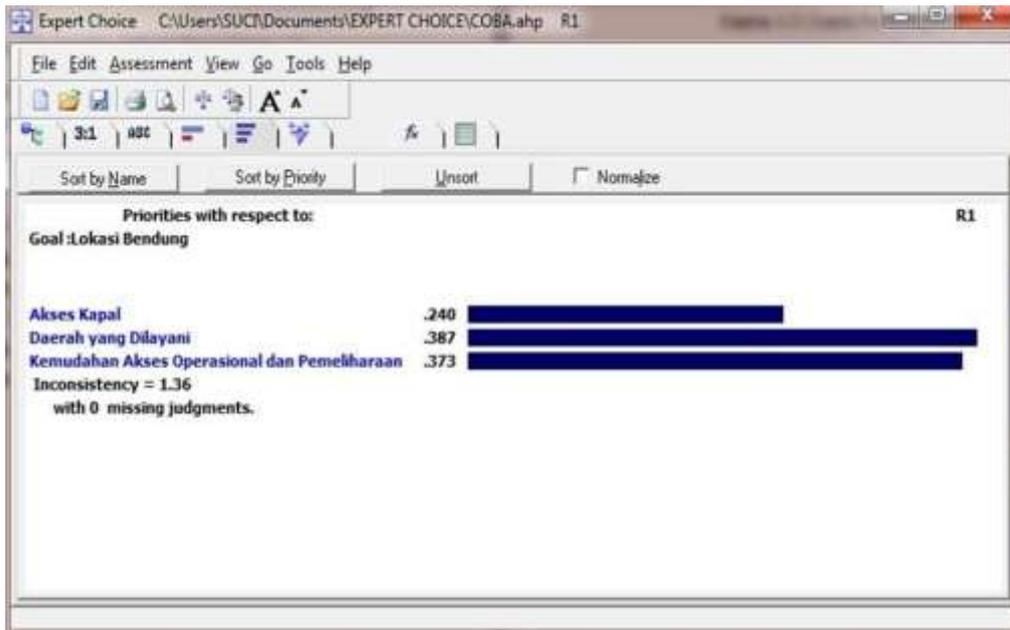
Faktor pemilihan lokasi bendung dipengaruhi oleh 3 kriteria, yaitu Akses Kapal, Daerah yang Dilayani, dan Kemudahan Akses Operasional dan Pemeliharaan. Kemudian contoh perbandingan berpasangan antar kriteria pada kuesioner adalah sebagai berikut :

1. Akses Kapal : Daerah yang Dilayani = 6 : 1
Artinya kriteria Akses Kapal sedikit lebih penting dibandingkan dengan kriteria sebelum Daerah yang Dilayani.
2. Akses Kapal : Kemudahan Akses Operasional dan Pemeliharaan = 2 : 1
Artinya kriteria Akses Kapal sedikit lebih penting dibandingkan dengan kriteria Kemudahan Akses Operasional dan Pemeliharaan.

Perhitungan pada *Expert Choice v.11* sebagai berikut :



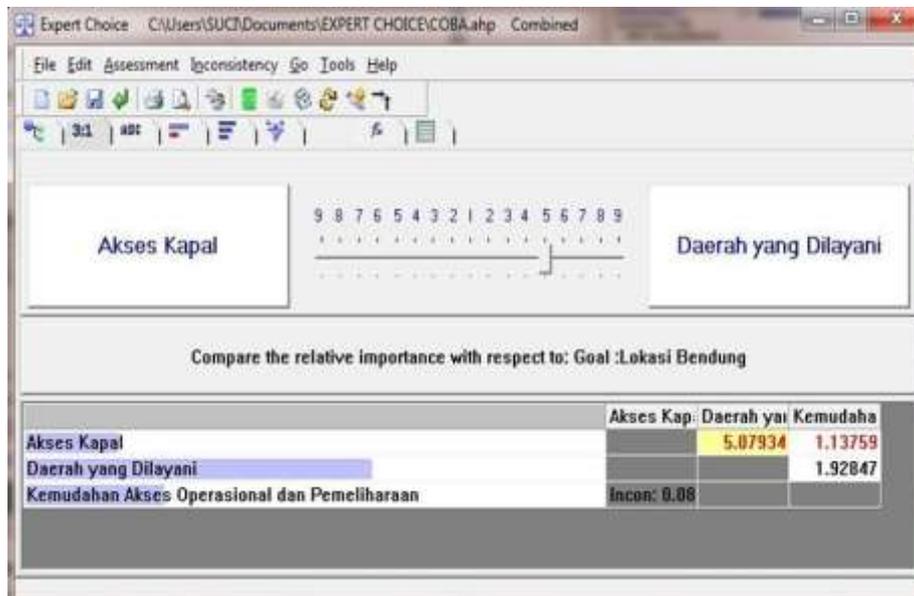
Gambar 4.28. Contoh Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria dalam Expert Choice



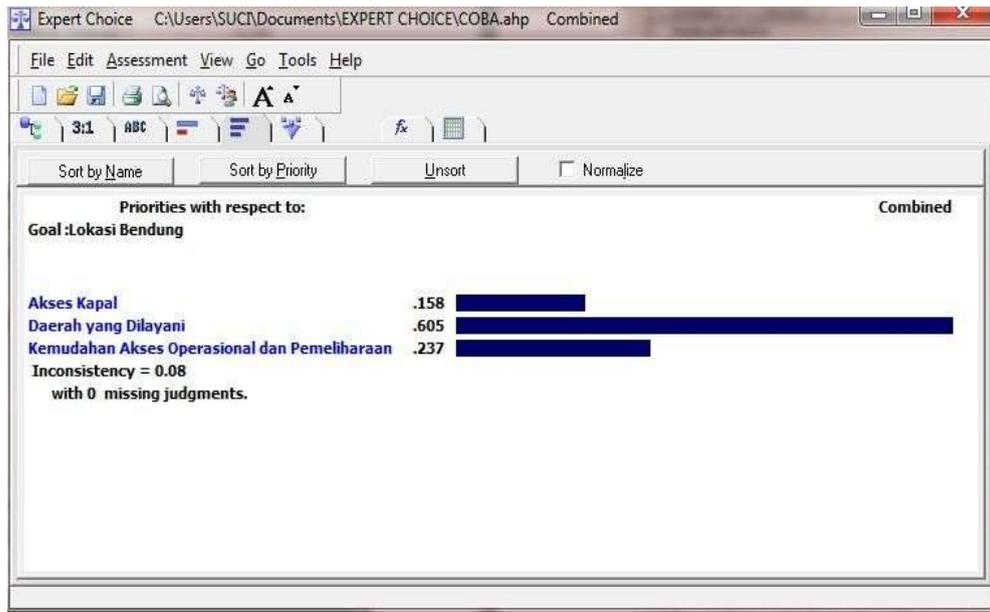
Gambar 4.29. Contoh Hasil Pembobotan Kriteria Expert Choice v.11

4.3.3 Perhitungan Bobot Kriteria

Setelah semua data dari responden diinput dan dihitung, selanjutnya hasil data dari semua responden dikombinasikan dan dihitung dengan *Expert Choice* Perhitungan kombinasi data-data dari responden pada *Expert Choice v.11* sebagai berikut :



Gambar 4.30. Tampilan Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria dalam Expert Choice v.11 dari Data Kombinasi Responden



Gambar 4.31. Hasil Pembobotan Kriteria dalam Expert Choice v.11 dari Data Kombinasi Responden

Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0,08 Dari hasil input data diatas didapat :

1. Bobot Akses Kapal : 0,158
2. Bobot Daerah Yang Dilayani : 0,605
3. Bobot Kemudahan Akses Operasional dan Pemeliharaan : 0,237

Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 1,36 Dari hasil input data diatas didapat :

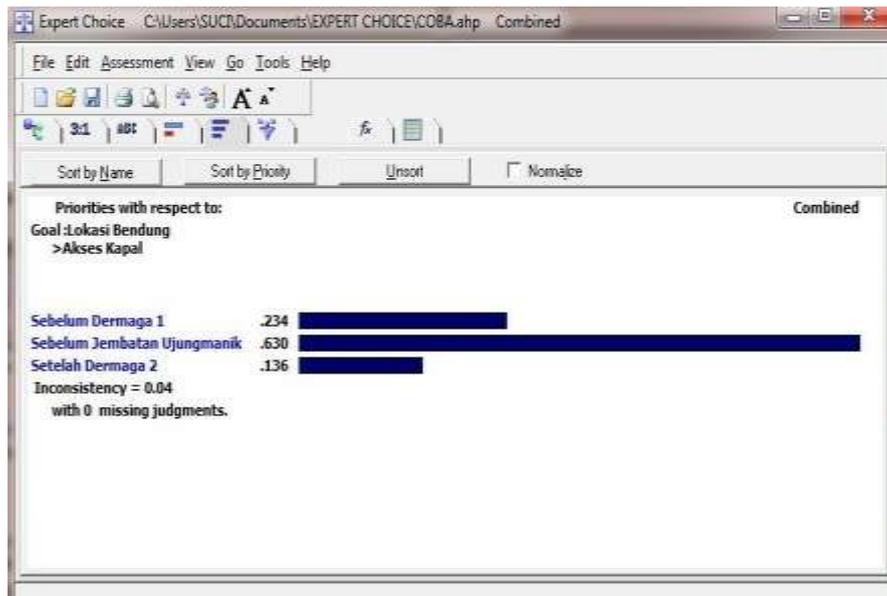
1. Bobot Kriteria Akses Kapal : 0,240
2. Bobot Kriteria Daerah yang Dilayani : 0,387
3. Bobot Kemudahan Akses Operasional dan Pemeliharaan : 0,373

4.3.4 Perhitungan Bobot Alternatif

Setelah mendapatkan hasil pembobotan kriteria, perhitungan selanjutnya adalah menghitung pembobotan alternatif lokasi bendung.

1. Pembobotan Alternatif Lokasi Bendung Berdasarkan Kriteria Akses Kapal

Berdasarkan kriteria akses kapal, masing-masing lokasi bendung memiliki kelebihan dan kekurangan. Ranking alternatif lokasi bendung berdasarkan kemudahan akses kapal, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.32. Hasil Perbandingan Alternatif Lokasi Bendung Terhadap Kriteria Akses Kapal dalam Expert Choice v.11 dari Data Kombinasi Responden

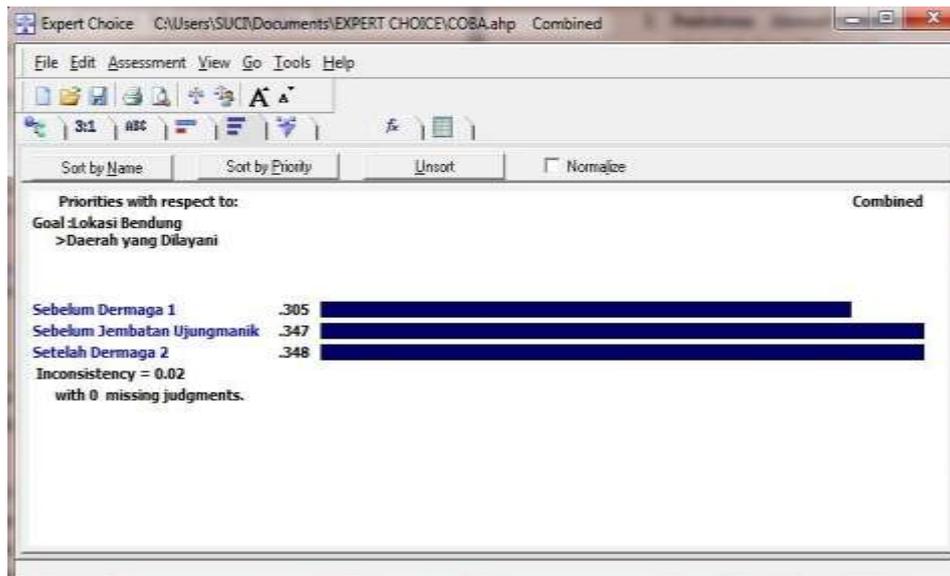
Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0,04 Dari hasil input data diatas didapat :

1. Bobot Sebelum Dermaga 1 : 0,234
2. Bobot Sebelum Jembatan Ujungmanik : 0,630
3. Bobot Setelah Dermaga 2 : 0,136

Dari hasil akhir diatas dapat disimpulkan bahwa menurut kriteria Akses Kapal, jenis alternatif yang paling diunggulkan adalah Sebelum Jembatan Ujungmanik yang mempunyai bobot 0,63 atau 63% dan hasil dari wawancara dengan narasumber didapatkan informasi jika memang benar bahwa pemilihan lokasi bendung yang paling utama adalah Sebelum Jembatan Ujungmanik, seperti Kemudahan Nelayan dalam masuk atau keluar melewati pintu bendung.

2. Pembobotan Alternatif Lokasi Bendung Berdasarkan Kriteria Daerah yang Dilayani

Berdasarkan kriteria daerah terdapat rob yang dapat dilayani oleh keberadaan pintu bendung, masing-masing lokasi bendung memiliki kelebihan dan kekurangan. Ranking alternatif lokasi bendung berdasarkan kriteria daerah yang terlayani, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.33. Hasil Perbandingan Alternatif Lokasi Bendung Terhadap Kriteria Daerah yang Dilayani dalam Expert Choice v.11 dari Data Responden

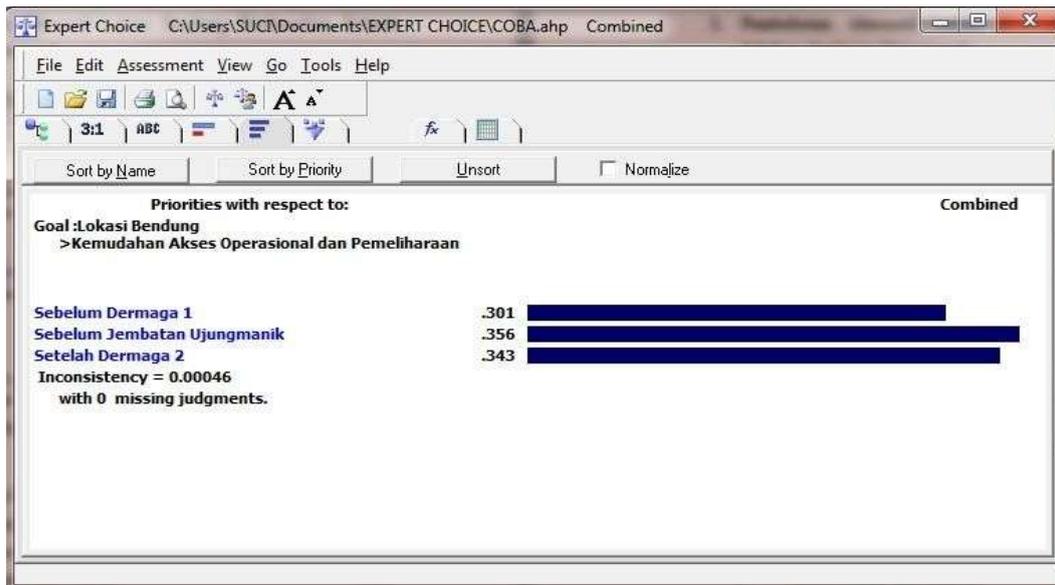
Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0,02 Dari hasil input data diatas didapat :

1. Bobot Sebelum Dermaga 1 : 0,305
2. Bobot Sebelum Jembatan Ujungmanik : 0,347
3. Bobot Setelah Dermaga 2 : 0,348

Dari hasil akhir diatas dapat disimpulkan bahwa menurut kriteria Lokasi Bendung, jenis alternatif yang paling diunggulkan yaitu Setelah Dermaga 2 sebesar 0,348 atau 35% dan dari hasil wawancara dengan narasumber didapatkan informasi jika memang benar bahwa daerah yang dilayani menitik beratkan bendung dibangun di titik setelah dermaga 2, karena dititik tersebut warga dapat terlayani oleh bendung dengan baik tanpa mengganggu aktivitas warga.

3. Pembobotan Alternatif Lokasi Bendung Berdasarkan Kriteria Kemudahan Akses Operasional dan Pemeliharaan

Berdasarkan kriteria kemudahan akses operasional dan pemeliharaan, masing-masing lokasi bendung memiliki kelebihan dan kekurangan. Ranking alternatif lokasi bendung berdasarkan kemudahan akses operasional dan pemeliharaan, dapat dilihat pada gambar berikut.



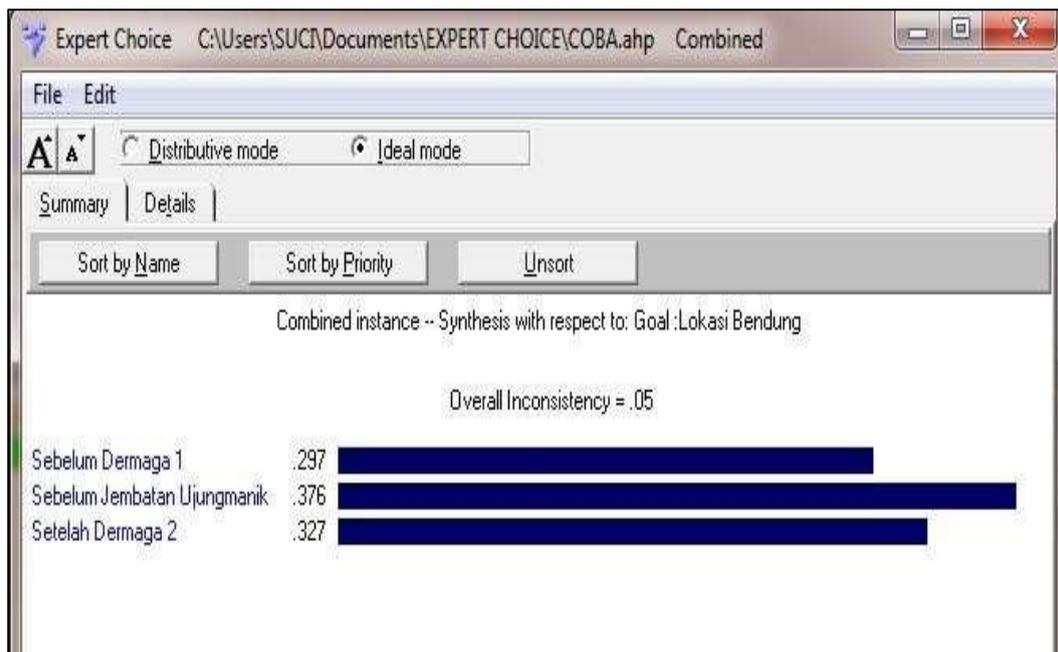
Gambar 4.34. Hasil Perbandingan Alternatif Lokasi Bendung Terhadap Kriteria Kemudahan Akses Operasional dan Pemeliharaan dalam Expert Choice v.11 dari Data Kombinasi Responden

Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0,00046 Dari hasil input data diatas didapat :

1. Bobot Sebelum Dermaga 1 : 0,301
2. Bobot Sebelum Jembatan Ujungmanik : 0,356
3. Bobot Setelah Dermaga 2 : 0,343

Dari hasil akhir diatas dapat disimpulkan bahwa menurut kriteria Kemudahan Akses Operasional dan Pemeliharaan, jenis alternatif yang paling diunggulkan adalah Sebelum Jembatan Ujungmanik dengan bobot sebesar 0,356 atau 35% dan dari hasil wawancara dengan narasumber didapatkan informasi jika memang benar bahwa dalam pemilihan lokasi bendung Sebelum Jembatan Ujungmanik menjadi alternatif yang diunggulkan karena mudah pengoperasian, dan Sebelum Jembatan Ujungmanik mudah dijangkau oleh warga sehingga mudah pemeliharaannya.

- 4. Perbandingan Alternatif Lokasi Bendung Berdasarkan Keseluruhan Kriteria**
Berdasarkan seluruh kriteria, masing-masing lokasi bendung memiliki kelebihan dan kekurangan. Ranking alternatif lokasi bendung berdasarkan seluruh kriteria, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.35. Hasil Perbandingan Alternatif Lokasi Bendung dalam Expert Choice v.11 dari Data Kombinasi Responden

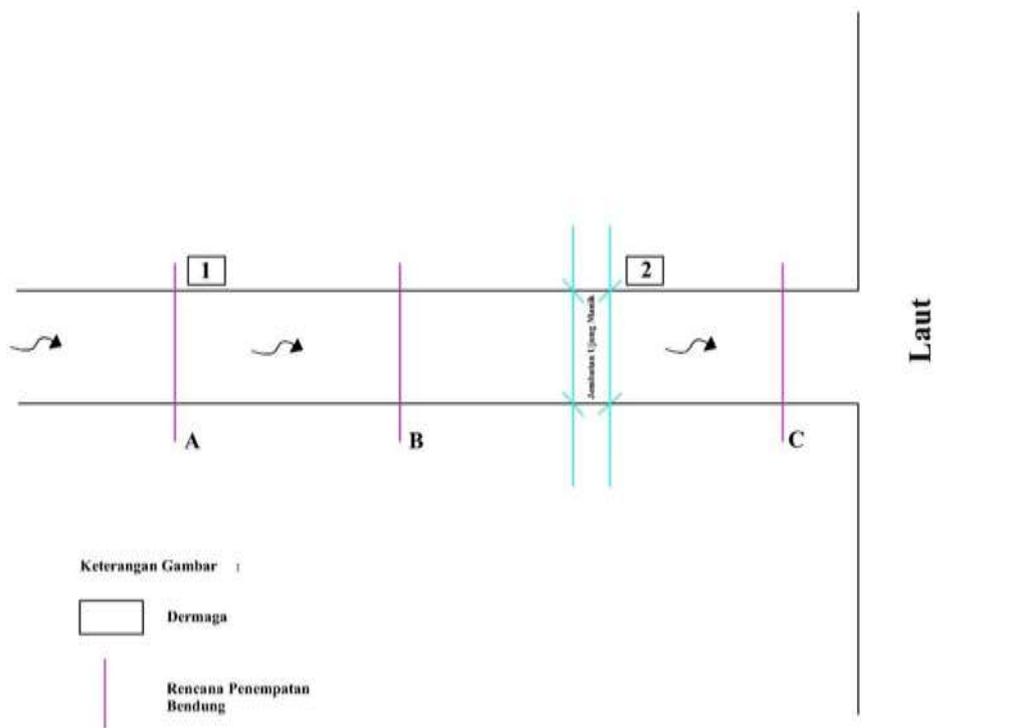
Check : Nilai Rasio Konsistensi (CR) = 0,05 Dari hasil input data diatas didapat :

1. Bobot Sebelum Dermaga 1 : 0,297
2. Bobot Sebelum Jembatan Ujungmanik : 0,376
3. Bobot Setelah Dermaga 2 : 0,327

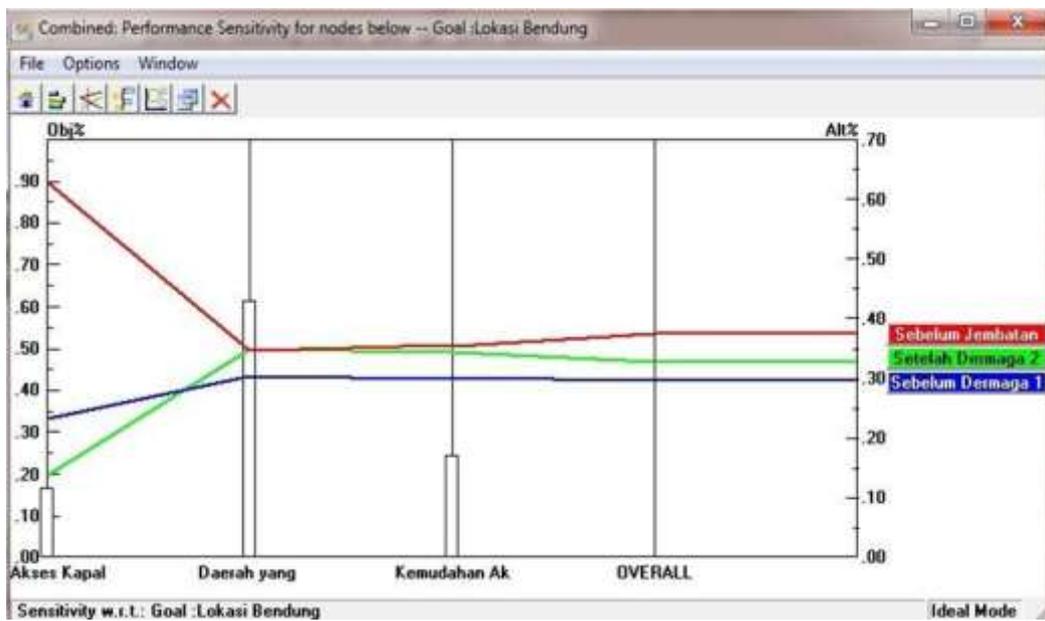
Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa menurut keseluruhan kriteria, jenis alternative yang paling diunggulkan adalah Sebelum Jembatan Ujungmanik dengan bobot sebesar 0,376 atau 38% di urutan kedua Setelah Dermaga 2 dengan bobot 0,327 atau 33% dan Sebelum Dermaga 1 dengan bobot sebesar 0,297 atau 29%.

4.3.5 Rekapitulasi Perhitungan Kriteria dan Alternatif

Setelah semua data berhasil diinput lalu hasil dari semua responden dikobinasikan dan sudah dihitung dengan *Expert Choice v.11*. Maka akan muncul rekapitulasi hasil perhitungan kriteria dan alternatif lokasi bendung atau disebut *Grafik Relative Priority*, agar memudahkan dalam membaca grafik kami sertakan kembali Sketsa lokasi penempatan bendung sebagai berikut :



Gambar 4.36. Sketsa Lokasi Penempatan Bendung



Gambar 4.37. Grafik Relative Priority

Tabel 4.30. Rekapitulasi Grafik Relative Priority

No.	Kriteria	Alternatif		
		Sebelum Dermaga 1	Sebelum Jembatan Ujungmanik	Setelah Dermaga 2
1	Akses Kapal	2	1	3
2	Daerah yang Dilayani	3	1	2
3	Kemudahan Akses Operasional dan Pemeliharaan	3	1	2

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa menurut kriteria dan alternatif, Sebelum Jembatan Ujungmanik menjadi alternatif yang paling diperhitungkan oleh warga setempat. Menurut hasil wawancara, alternatif lokasi bendung Sebelum Jembatan Ujungmanik menjadi alternatif terbaik untuk dijadikan Lokasi bendung karena dilokasi tersebut warga dapat dengan mudah mengoperasikan, merawatnya dan tidak mengganggu aktifitas nelayan.

Sedangkan alternatif lokasi Setelah Dermaga 2 menjadi alternatif kedua yang dipertimbangkan oleh warga karena mudah bagi warga untuk berpartisipasi dalam perawatan dan pengoperasiannya, namun dilokasi ini dianggap sedikit mengganggu aktifitas nelayan mengingat aktivitas nelayan yang cukup tinggi terjadi di lokasi ini.

Alternatif Lokasi Sebelum Dermaga 1 menjadi alternatif yang paling tidak direkomendasikan oleh warga karena daerah yang dilayani dirasa kurang menguntungkan bagi warga.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan data dan analisa data maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penentuan luas daerah tangkapan hujan atau catchment area dengan menggunakan peta Google earth pro dengan perolehan luas DAS sebesar 2700 Ha.
2. Hasil perhitungan analisis curah hujan dilakukan dengan 3 metode, Metode Gumbel, Metode Log Normal, Metode Log Pearson III. Dari hasil perhitungan yang memenuhi persyaratan jenis sebaran adalah Metode Log Pearson III dengan hasil jenis sebaran $C_s = 0,85$ dengan ketentuan $C_s \neq 0$
3. Perhitungan debit banjir rencana dalam penelitian ini menggunakan 3 metode, Metode Hasper, Metode Weduwen, Analisis Hidrograf satuan sinetik Nakayasu. Dengan ketiga metode hasil yang paling aman dan efisien adalah debit maksimum periode ulang 50 tahun hss nakayasu yaitu $102,817 \text{ m}^3/\text{dt}$
4. Kriteria penentuan pintu bendung yang dapat menjadi acuan dalam memilih bendung gerak terbaik adalah kriteria bahan, fungsi, operasional, biaya, dan lokasi perencanaan dengan mempertimbangkan berbagai sub kriteria yang terdapat didalamnya. Sedangkan kriteria penentuan lokasi bendung yang dapat menjadi acuan dalam memilih lokasi bendung adalah kriteria akses kapal, daerah yang dilayani, dan kemudahan akses operasional dan pemeliharaan.
5. Alternatif pemilihan bendung gerak berdasarkan kriteria sebagai berikut:
 - a. Alternatif penentuan pintu bendung yang dipilih berdasarkan kriteria pintu bendung adalah *Flap Gate*, *Radial Gate*, Pintu Sorong dan Bendung Karet.
 - b. Alternatif penentuan lokasi bendung yang dipilih berdasarkan kriteria lokasi bendung adalah Sebelum Dermaga 1, Sebelum Jembatan Ujungmanik, dan

Setelah Dermaga 2.

6. Rangkaian penentuan pintu bendung yang dipilih dengan metode *Analytical Hierarchy Process* adalah *Flap Gate* merupakan alternatif dengan bobot paling tinggi, dengan pertimbangan merupakan jenis pintu yang paling efisien dan efektif dalam pembangunan bendung gerak di Desa Ujungmanik, peringkat kedua pintu sorong, peringkat ketiga bendung karet, dan peringkat keempat *radial gate*.
7. Sedangkan rangkaian penentuan lokasi bendung yang dipilih dengan metode *Analytical Hierarchy Process* adalah Sebelum Jembatan Ujungmanik merupakan alternatif dengan bobot paling tinggi, dengan pertimbangan lokasi bendung yang tepat di Desa Ujungmanik, peringkat kedua setelah dermaga 2, dan peringkat ketiga sebelum dermaga 1. Hal ini sesuai dengan perhitungan menggunakan *Software Expert Choice v.11* dan juga berdasarkan keterangan responden dan narasumber pada saat sesi wawancara.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian ini maka dapat disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Secara garis besar permasalahan pada penelitian ini adalah banjir rob yang naik ke permukiman warga sekitar karena pasang, maka dari itu untuk penelitian lebih lanjut untuk dibuat nya bendung gerak.
2. Harus lebih di perhatikan oleh pengelola atau penanggung jawab untuk memelihara area sungai. Daerah Aliran Sungai secara keseluruhan sehingga permasalahan banjir disungai Parid dapat teratasi secara keseluruhan.
3. Diharapkan untuk mencari solusi secara keseluruhan tidak hanya ter potong-potong saja, bahwasanya permasalahan dan solusi masalah banjir rob harus dilakukan dengan satu sistem keseluruhan agar tidak terjadi hal-hal yang merugikan banyak pihak.
4. Saat melakukan wawancara dan pengisian kuesioner lebih mudah jika para responden expert dan responden warga sekitar berada di suatu ruangan agar lebih mudah dalam penjelasan pengerjaan kuesionernya juga agar lebih mudah dalam penerapan metode *Analytical Hierarchy Process* pada aspek penilaiannya.

5. Metode Analytical Hierarchy Process sebaiknya diberikan kepada responden expert dan responden warga sekitar yang benar-benar mengetahui dalam bidangnya dan mengetahui lokasi penempatan bendung karena jika tidak demikian kemungkinan akan menghasilkan hasil yang tidak sesuai atau salah. Seperti contoh pada kasus lain responden yang memiliki nilai inkonsistensi sebesar 0,51. Jauh di atas ambang batas yang diperbolehkan yaitu sebesar 0,1.
6. Dalam wawancara dengan beberapa responden banyak yang berpesan bahwa pembangunan bendung harus sesuai dengan kebutuhan warga, efisien dalam biaya dan operasionalnya. Dari segi bahan harus menyesuaikan kondisi dilokasi agar pembangunan bendung dapat bermanfaat bagi warga dan tidak menimbulkan kontra antara warga dan pelaksana nantinya. Sedangkan dalam wawancara dalam beberapa responden warga sekitar didapatkan saran jika pembangunan lokasi bendung diharapkan setiap bantaran muara sungai dibangun tanggul- tanggul yang mengelilingi daerah yang di aliri supaya daerah tersebut terlindungi dari longsor tanah pada saat pasang surut, tidak mengganggu perairan tambak, tidak mengganggu akses kapal nelayan, penanganan terhadap sampah supaya tidak membuang sampah pada bantaran muara sungai, jika proses pembangunan sudah terlaksana bisa sebagai daerah pariwisata dan mengikatkan perekonomian warga sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, H. P., & Wahyudi, S. I. (2015). Study of Institutional Evaluation in Drainage System Management of Semarang as Delta City. In *Proceedings of International Conference "Issue, Management and Engineering in The Sustainable Development on Delta Areas, UNISSULA Semarang*, (Vol. 1, pp. 1–7).
- Adi, H. P., & Wahyudi, S. I. (2018). Tidal Flood Handling through Community Participation in Drainage Management System (A case study of the first water board in Indonesia), *10*, 19–23.
- Ajinugroho, Saktiyanto dan Praja. 2001. *Perancangan Bendung Gerak Karangtalun Yogyakarta*. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Alonso, J dan Lamata. 2006. Consistency in The Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, *14*(4), 445-450. Yogyakarta.
- Apriliansyah, dkk. 2013. *Permodelan Awal Perencanaan Bendung Gerak Karangtalun Dengan Hec-Ras*. Laporan Tugas Irigasi Fakultas Teknik Sipil Universitas Tarumanagara, Surabaya.
- Arsyad, M. 2017. Perhitungan Hidrologi Pelatihan Rerencanaan Bendungan Tingkat Dasar. *Modul Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi*. *9*, 6-11, Bandung.
- Aziza, M. I., Wardoyo, W., & Anwar, N. (2017). Simulasi Tampung Bendung Gerak Sembayat Sebagai Longstorage Untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Baku Dan Irigasi Di Kabupaten Lamongan Dan Wilayah Utara Kabupaten Gresik, *15*, 73–89.
- Bargess, dkk. 2000. *Analisa Struktur Bendung Dengan Metode Elemen Hingga*. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- Kawunganten. 2015. *Banjir Rob yang Diperburuk dengan Jalan yang Rusak Di Kawunganten*. Diambil dari: [Http://facebook/Beritabojongkawunganten/](http://facebook/Beritabojongkawunganten/). Diakses pada 13 April 2019.
- Dharmawan, M Harry. 2006 *Pengukuran Bobot Kriteria Dokumen Prakuualifikasi Pekerjaan Dermaga Dengan Menggunakan Metode AHP*. Laporan Tugas Bangunan Air Fakultas Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Djali, dkk. 2006. *Perencanaan Bendung Batang Sinarmas Kabupaten Tanah Datar*. Laporan Karya Ilmiah Fakultas Teknik Sipil, Universitas Bung Hatta, Padang.
- Fahlevi, M. Rheza. 2018. *Pemilihan Alternatif Konstruksi Tanggul Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Tesis Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.

- Galih, R. 2017. *Perencanaan Bendung*. Laporan Tugas Hidrolika Fakultas Teknik Sipil, Universitas Brawijaya, Malang.
- Ghoza, Yumnand dan Risky Ramadhan. 2019. *Pemilihan Alternatif Struktur Pelat Lantai Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sultan Agung, Semarang.
- Ham, R. C. B. Van, Schuller, M. L., Heikoop, R., A, H. P., & Wahyudi, S. I. (2015). The Social Aspects in Water Management of Semarang ' s Drainage System (Case Study of Banger Polder and Water Board BPP Sima). In *Proceedings of International Conference "Issue, Management and Engineering in The Sustainable Development on Delta Areas, UNISSULA Semarang* (Vol. 1, pp. 1–12).
- Hartono, Widi dan Sugiyarto. 2007. *Pemilihan Alternatif Jenis Pondasi Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Herdiarti, dkk. 2015. *Perencanaan Bendung Cikawung Pada Daerah Non Cekung Tanah Kabupaten Cilacap*. Laporan Tugas Fakultas Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Maizir. (2016). Analisis Revetment Sebagai Perlindungan Tebing Sungai dalam Upaya Pengendalian Banjir (Studi Kasus pada Sungai Batang Mangor di Kabupaten Padang Pariaman). *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 3(2).
- Marfai, Aris., dkk. 2014. *Dampak Bencana Banjir Pesisir dan Adaptasi Masyarakat Terhadapnya Di Kabupaten Magelang*. Makalah Pekan Ilmiah Tahunan Ikatan Geografi Indonesia (PIT IGI), Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mardiatno, dkk. 2014. *Pemodelan spasial bahaya banjir rob berdasarkan skenario perubahan iklim dan dampaknya di pesisir pekalongan..* Makalah Pekan Ilmiah Tahunan Ikatan Geografi Indonesia (PIT IGI), Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ningsih, Wirda. 2015. *Pemilihan Alternatif Jembatan Sungai Takandeang dengan menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process*. Tesis Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Noverdo, R., dkk. 2014. *Bendung Gerak*. Makalah Bangunan Irigasi, Fakultas Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya, Malang.
- Permukiman, Departemen. 2004. *Perencanaan Bendung Karet Isi Udara*. Pedoman Konstruksi dan Bangunan, 09, 2-5.
- Wahyudi, S,I, Henny Pratiwi Adi, & Bart Schultz. (2017). Revitalizing and Preparing Drainage Operation and Maintenance to Anticipate Climate Change in Semarang Heritage City. *Journal of Environmental Science and Engineering B*, 6(1), 17–26. <https://doi.org/10.17265/2162-5263/2017.01.002>

- Wahyudi, S. I. (2010). Perbandingan Penanganan Banjir Rob Di La Briere (Prancis), Rotterdam (Belanda) Dan Perspektif Di Semarang (Indonesia), 4, 29–35.
- Wahyudi, S. I., A, H. P., Rochim, A., & Marot, D. (2014). Aspects of Hydrology , Tidal and Water Storage Capacity For Simulating Dike Model of Channel and Retention Basin. *International Journal of Civil and Environmental Engineering IJCEE/IJENS*, (October).
- Wahyudi, S. I., Overgaauw, T., Schipper, B., Persoon, R., & Adi, H. P. (2015). Kriteria Kondisi Darurat Banjir Dalam Sistem Polder : Studi Kasus Banger Polder Area Semarang, 9(1), 1–8.
- Wismarini, T. D., & Ningsih, D. H. U. (2010). Analisis Sistem Drainase Kota Semarang Berbasis Sistem Informasi Geografi dalam Membantu Pengambilan Keputusan bagi Penanganan Banjir. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, XV(1), 41–51