

EVALUASI KAPASITAS KOLAM RETENSI CIEUNTEUNG SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI BANJIR BALEENDAH, KABUPATEN BANDUNG

Asri Annisa Fitriani¹⁾, Vitta Pratiwi²⁾

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur No. 112-116, Bandung, 40132, Indonesia
E-mail: asriannisafitriani@gmail.com¹⁾, vittapратиwi@gmail.com²⁾,

ABSTRAK

Banjir di Baleendah, Kabupaten Bandung disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya daerah yang berada di topografi cekung, curah hujan tinggi dan penyempitan badan sungai, sehingga dibutuhkan upaya pengendalian. Kolam retensi Cieunteung sebagai bangunan pengendali banjir dengan volume sebesar 235.092,04 m³ berfungsi sebagai tampungan sementara untuk mengurangi debit banjir di kawasan ini nyatanya masih belum berfungsi secara maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi eksisting di lokasi penelitian dalam hal ini sungai-sungai yang berpengaruh di sekitar lokasi penelitian dan efektivitas kolam retensi Cieunteung sebagai bangunan pengendali banjir. Pada penelitian, analisis hidrologi menggunakan data curah hujan periode 15 tahun, guna mendapatkan debit banjir rencana dengan berbagai periode ulang. Analisis debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu, Snyder dan SCS-USA. Analisis hidrolika menggunakan software HEC-RAS 5.0.7 untuk memodelkan berbagai skenario alternatif penanganan banjir.

Berdasarkan hasil analisis, efektivitas kolam retensi Cieunteung sebesar 30,18% dan mampu mereduksi banjir 11,89%. Direkomendasikan alternatif penanganan banjir yaitu Skenario 2 (kolam retensi tambahan dan normalisasi dasar sungai) untuk Sungai Cigado dengan % reduksi 62,62%. Skenario 3 (normalisasi dasar sungai, tanggul sungai dan kolam retensi baru) untuk Sungai Cisangkuy dengan % reduksi 19,51%. Skenario 2 (normalisasi dasar dan tanggul sungai) untuk Sungai Citarum dengan % reduksi 0,0012%.

Kata kunci: momen inersia, modulus penampang, modulus elastisitas, section properties, visual basic

1. Pendahuluan

Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung selalu setiap tahunnya selalu langganan banjir yang disebabkan beberapa faktor diantaranya, kawasan ini berada di dataran rendah atau topografi cekung, penyempitan dan pendangkalan badan sungai karena alih fungsi lahan bahkan di beberapa ruas sungai dipenuhi sedimentasi, ditambah dengan tingginya curah hujan mengakibatkan air di Sungai Citarum, Sungai Cisangkuy dan Sungai Cigado yang tidak tertampung meluap dan mengakibatkan banjir. Salah satu upaya untuk mereduksi banjir di kawasan ini dengan membangun kolam retensi. Kolam retensi Cieunteung dengan volume sebesar 235.092,04 m³ berfungsi menyimpan dan menampung sementara air dari Sungai Cigado sebelum dialirkan ke Sungai Citarum sehingga puncak banjir dapat dikurangi. Kolam ini dinilai tidak mampu mengatasi permasalahan banjir karena ketika banjir terjadi, kolam tidak dapat mengalirkan air ke Sungai Citarum, hal ini disebabkan oleh

elevasi muka air Sungai Citarum lebih tinggi dari outlet dan pompa air di kolam retensi Cieunteung. Selain itu ditambah dengan meluapnya air dari Sungai Cisangkuy yang tidak tertampung, sehingga air terus menggenang di kawasan ini. Oleh karena itu perlu adanya studi yang menghasilkan alternatif penanganan banjir di kawasan Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung.



Gambar 1 Citra Satelit Lokasi Studi
(Sumber : Google Earth 2019)

2. Studi Literatur

2.1 Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi mencakup penentuan daerah aliran sungai (catchment area), analisis curah hujan wilayah, analisis frekuensi curah hujan, uji kecocokan data analisis, dan analisis debit banjir rencana

2.2 Daerah Aliran Sungai (Catchment Area)

Daerah aliran sungai merupakan suatu wilayah daratan yang menjadi satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari hujan menuju ke danau atau ke laut secara alami, DAS di darat merupakan pemisah topografi sedangkan di laut sampai dengan daerah perariran yang masih terpengaruh aktivitas daratan (PP No. 37 Tahun 2012).

2.3 Analisis Curah Hujan Wilayah

Curah hujan wilayah diperlukan dalam penyusunan suatu rencana pemanfaatan air dan pengendalian banjir. Analisis curah hujan wilayah menggunakan curah hujan rata-rata di seluruh daerah, bukan curah hujan di satu titik. Cara menentukan curah hujan wilayah menggunakan metode rata-rata aljabar (Aritmatik) sebagai berikut:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_N}{N} \quad (\text{pers.1})$$

dimana :

P = Tinggi curah hujan rata-rata
P₁, P₂, P_n = Tinggi curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n
N = Jumlah stasiun hujan

2.4 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis ini dilakukan untuk memperoleh nilai curah hujan dalam periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun. Pada analisis ini digunakan beberapa metode antara lain : Metode Distribusi Normal, Log Normal 2 Parameter, Log Normal 3 Parameter, Gumbel, Pearson Type III dan Log Pearson Type III.

2.5 Uji Kecocokan

Uji kecocokan bertujuan untuk mengetahui distribusi frekuensi yang memenuhi kriteria perencanaan, apakah sebaran yang dipilih dalam pembuatan duration curve cocok dengan

sebaran empirisnya. Pada penelitian ini uji kecocokan dilakukan dengan metode Smirnov-Kolmogorov.

2.6 Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit maksimum yang mungkin terjadi pada suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu (Soemarto, CD, 1987). Pada analisis ini digunakan tiga metode diantaranya:

2.6.1 Metode HSS Nakayasu

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu :

$$Q_p = \frac{C.A.R_o}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})} \quad (\text{pers.2})$$

$$T_p = t_g + 0,8 \text{ tr} \quad (\text{pers.3})$$

$$T_{0,3} = \alpha \times t_g \quad (\text{pers.4})$$

$$\alpha = \frac{0,47 (A.L)^{0,25}}{T_g} \quad (\text{pers.5})$$

$$T_r = 0,5 \text{ tg sampai } t_g \quad (\text{pers.6})$$

$$T_g = 0,4 + 0,058 L \text{ (untuk } L > 15 \text{ km)} \quad (\text{pers.7})$$

$$T_g = 0,21 L^{0,7} \text{ (untuk } L < 15 \text{ km)} \quad (\text{pers.8})$$

dimana :

Q_p = Debit puncak (m³/s)
C = Koefisien pengaliran
R₀ = Hujan satuan (mm)
A = Luas daerah pengaliran sungai (km²)
T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak (jam)
T_{0,3} = Waktu yang diperlukan oleh penurunan debit sampai 30% dari puncak (jam)
α = Parameter hidrograf
T_r = Tenggang waktu (jam)
T_g = Waktu konsentrasi yang dipengaruhi panjang sungai (jam)
L = Panjang sungai (km)

2.6.2 Metode HSS Snyder

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode HSS Snyder :

$$Q_p = q_p \times A \quad (\text{pers.9})$$

$$q_p = 0,278 \times \frac{C_p}{T_p} \quad (\text{pers.10})$$

$$t_p = C_t(L.L_c)^{0,3} \quad (\text{pers.11})$$

$$t_e = \frac{t_p}{5,5} \quad (\text{pers.12})$$

$$t'_p = t_p + 0,25 (t_c - t_R) \quad (\text{pers.13})$$

$$t_e > t_R \text{ maka } T_p = t'_p + 0,5 \quad (\text{pers.14})$$

$$t_e < t_R \text{ maka } T_p = t_p + 0,5 \quad (\text{pers.15})$$

$$T_b = 72 + 3 t_p \quad (\text{pers.16})$$

dimana :

- Q_p = Debit puncak (m^3/s)
- q_p = Debit maksimum hidrograf satuan (m^3/s)
- C_p = Koefisien dipengaruhi waktu kelambatan (0,56 – 0,69)
- T_p = Waktu mencapai debit puncak (jam)
- t_p = Waktu dari titik berat curah hujan efektif hingga puncak (jam)
- A = Luas DAS (km^2)
- L = Panjang sungai (km)
- L_c = Panjang sungai dari hilir ke titik pusat DAS (km)
- C_t = Koefisien yang dipengaruhi kemiringan slope (1,35 – 1,65)
- t_e = Durasi hujan efektif (jam)
- t_R = Waktu hujan standar (jam)
- T_b = Waktu dasar hidrograf (jam)

Persamaan Alexeyev berikut membantu dalam penentuan bentuk dari hidrograf :

$$Q = Y \cdot Q_p \quad (\text{pers.17})$$

$$X = \frac{t}{T_p} \quad (\text{pers.18})$$

$$Y = 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}} \quad (\text{pers.19})$$

$$a = 1,32 \lambda^2 + 0,15\lambda + 0,045 \quad (\text{pers.20})$$

$$\lambda = \frac{Q_p \cdot T_p}{A \cdot R} \quad (\text{pers.21})$$

Setelah λ dan a dihitung, maka nilai Y untuk masing-masing X dapat dihitung (dengan membuat tabel), sehingga diperoleh : $t = X \cdot T_p$ dan $Q = Y \cdot Q_p$, kemudian dibuat grafik hidrograf satuan.

2.6.3 Metode SCS-USA

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu :

$$Q_p = \frac{C A}{t_p} \quad (\text{pers.22})$$

$$t_p = 0,6 T_c \quad (\text{pers.23})$$

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (\text{pers.24})$$

$$t_r = \frac{2 t_p}{9} \quad (\text{pers.25})$$

$$T_c = 0,927 \left(\frac{L}{S^{0,5}} \right)^{0,47} \quad (\text{pers.26})$$

$$T_b = 2,67 T_p \quad (\text{pers.27})$$

dimana :

- Q_p = Debit puncak (m^3/s)
- C = Konstanta = 2,08
- A = Luas DAS (km^2)
- t_p = Waktu dari titik berat curah hujan hingga puncak (jam)
- T_p = Waktu naik (*time of rise*) (jam)
- t_r = Lama terjadinya hujan efektif (jam)
- T_c = Waktu konsentrasi (jam)
- T_b = Waktu dasar (jam)
- L = Panjang sungai (km)
- S = Kemiringan slope = $\Delta H/L$
- ΔH = Perbedaan ketinggian antara titik terjauh di DAS dengan outlet

2.7 Kehilangan Air

Kehilangan air diperhitungkan sebagai selisih antara debit inflow dan debit outflow.

$$h_n = I_n - O_n \quad (\text{pers.28})$$

dimana :

- h_n = Kehilangan air pada ruas pengukuran saluran ke n (m^3/s)
- I_n = Debit masuk ruas pengukuran ke n (m^3/s)
- O_n = Debit keluar ruas pengukuran ke n (m^3/s)

2.7.1 Kehilangan Air Akibat Evapotranspirasi

Evapotranspirasi ialah penguapan air yang bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara. Penguapan ini dipengaruhi suhu air, suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, sinar matahari, lebar permukaan saluran, dan panjang saluran.

$$ET_o = ((W \cdot R_n) \times (1 - W) \cdot (e_a - e_d) f(U)) \cdot C \quad (\text{pers.29})$$

$$e_d = e_a \times R_h / 100 \quad (\text{pers.30})$$

$$f(U) = 0,27 \left(1 + \left(\frac{U}{100} \right) \right) \quad (\text{pers.31})$$

dimana :

- ET_o = Evapotranspirasi potensial harian dalam (mm/hari)
 W = Faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari
 $f(U)$ = Fungsi kecepatan angin dalam perbandingan
 c = Faktor penyesuaian kondisi akibat cuaca siang dan malam
 Rn = Radiasi matahari (mm/hari)
 ea = Tekanan uap jenuh (mbar)
 ed = Tekanan uap nyata (mbar)

2.7.2 Kehilangan Air Akibat Penyerapan (Infiltrasi)

Besarnya penyerapan dapat dihitung dengan rumus Moritz (USBR), sebagai berikut:

$$S = 0,035 C \sqrt{\frac{Q}{V}} \quad (\text{pers.32})$$

dimana :

- S = Kehilangan akibat rembesan, (m³/s)
 Q = Debit (m³/s)
 V = Kecepatan (m/s)
 C = Koefisien tanah rembesan (m/hari)
 0,035 = Faktor konstanta (m/km)

Tabel 1. Harga-harga Koefisien Tanah Rembesan (C)

Jenis Tanah	C (m/hari)
Kerikil sementasi dan lapisan penahan	0,10
(Hardpan) dengan geluh pasir.	0,12
Lempung dan geluh lempungan Geluh pasir	0,20
Abu vulkanik atau lempung	0,21
Pasir dan abu vulkanik atau lempung	0,37
Lempung pasir dengan batu	0, 51
Batu pasir dan kerikil.	0, 67

(Sumber : Teknologi Pengairan Pertanian (Irigasi), 1994)

2.8 Kolam Retensi

Kolam retensi adalah bangunan yang berfungsi menampung air hujan sementara dengan

memberikan kesempatan untuk air dapat meresap ke dalam tanah, operasionalnya dikombinasikan dengan pompa atau pintu air yang kemudian air akan dilepas kembali ke sungai.

Besar volume tampungan = volume komulatif banjir (*inflow*) – volume komulatif banjir (*outflow*)

2.81 Efektivitas Kolam Retensi

Efektivitas kolam retensi dapat dihitung dengan membandingkan volume banjir yang masuk ke dalam kolam dengan kapasitas tampungan yang tersedia.

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{Kapasitas kolam}}{\text{Volume banjir}} \times 100\% \quad (\text{pers.33})$$

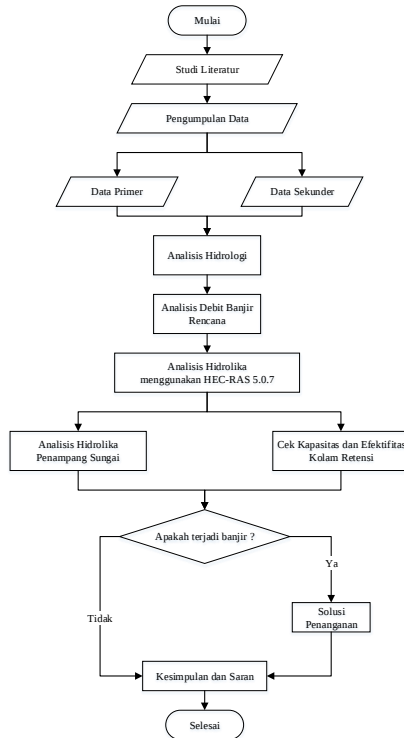
2.9 Normalisasi Sungai

Normalisasi saluran dilakukan apabila dimensi saluran tidak seragam dan terjadi penyempitan pada ruas saluran yang mengakibatkan pengurangan kapasitas dan menghambat laju aliran. Normalisasi diperlukan untuk mengembalikan fungsi saluran sebagaimana mestinya.

2.10 Pemodelan Hidrolika HEC-RAS 5.0.7

Pemodelan ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran kondisi eksisting kolam retensi dan sungai yang berpengaruh di sekitar daerah penelitian. Ketika kapasitas tidak mencukupi maka dapat menghasilkan alternatif penanganan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Dalam penelitian ini pemodelan hidrolika menggunakan *software* HEC-RAS 5.0.7.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 yaitu data primer dan data sekunder. data primer berupa gambaran fisik kondisi eksisting di lapangan saat pengamatan langsung. Sedangkan data sekunder meliputi data hidrologi yang diperoleh dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (PUSAIR), data geometri sungai yang diperoleh dari BBWS Citarum serta data peta Rupabumi Indonesia (RBI).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

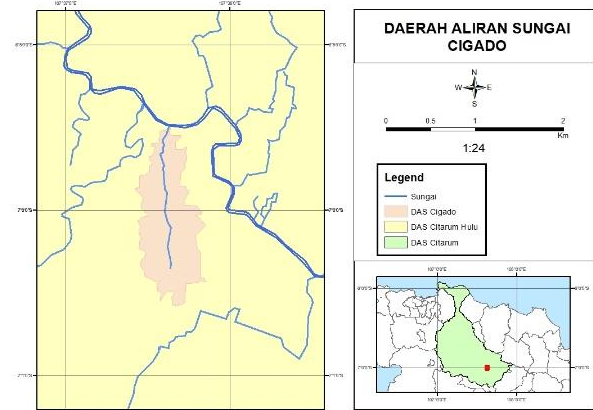
4.1 Analisis Hidrologi

4.1.1 Penentuan Daerah Aliran Sungai

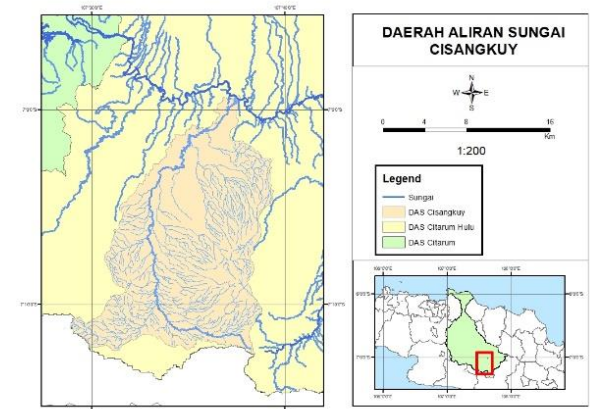
Penentuan DAS dalam penelitian ini menggunakan Peta Rupabumi Indonesia dan program ArcGis 10.4.

Tabel 2. Karakteristik DAS

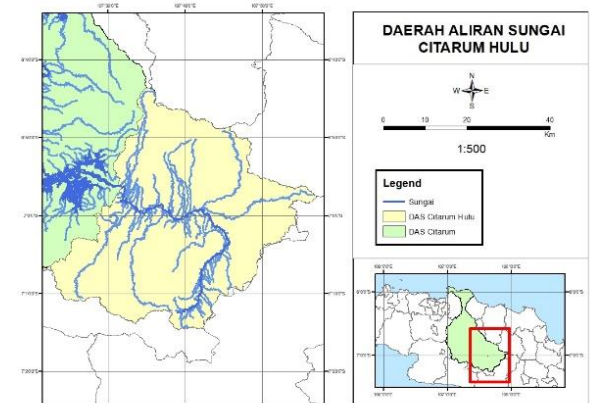
DAS	Luas (km ²)	Panjang Sungai (km)
Cigado	0,93	1,71
Cisangkuy	265,07	50,58
Citarum Hulu	1849,594	82,20



Gambar 3 Daerah Aliran Sungai Cigado



Gambar 4 Daerah Aliran Sungai Cisangkuy



Gambar 5 Daerah Aliran Sungai Citarum

4.1.2 Analisis Curah Hujan Wilayah

Data curah hujan yang digunakan merupakan data hujan maksimal tahunan yang dicatat selama periode 15 tahun, sejak tahun 2003-2017 pada stasiun hujan Cipaku – Paseh. Data curah hujan didapat dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (PUSAIR).

Tabel 3. Curah Hujan Maksimum Tahunan

TAHUN	Curah Hujan Wilayah (mm)
2003	86,0
2004	76,0
2005	71,0
2006	73,0
2007	55,0
2008	74,0
2009	83,0
2010	82,0
2011	94,0
2012	98,0
2013	86,0
2014	85,0
2015	88,0
2016	95,0
2017	146,0
Maximum	146,0
Minimum	55,0
Rata-rata	86,13
Standar Deviasi	19,85

(Sumber : PUSAIR)

4.1.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Pada tahap ini, analisis frekuensi curah hujan menggunakan enam metode distribusi frekuensi. Untuk mengetahui distribusi frekuensi yang memenuhi kriteria perencanaan maka dilakukan uji kecocokan dengan metode Smirnov-Kolmogorov. Hasil uji kecocokan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Resume Analisis Frekuensi Curah Hujan

Periode Ulang (Tahun)	Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana (mm)					
	Normal	Log Normal 2 Paramater	Log Normal 3 Paramater	Gumbell	Pearson III	Log Pearson III
2	86,13	83,93	80,94	83,29	80,08	82,19
5	102,81	101,59	98,73	105,34	99,26	99,44
10	111,54	112,38	111,86	119,93	112,91	111,72
25	118,69	124,02	128,22	138,38	131,07	127,81
50	126,83	133,87	143,36	152,06	144,30	140,33
100	132,39	142,50	157,63	165,64	157,50	153,44

Tabel 5. Resume Uji Kecocokan Smirnov-Kolmogorov

No.	Selisih Untuk Nilai Kritis 5 %					
	Normal	Log Normal 2 Paramater	Log Normal 3 Paramater	Gumbell	Pearson III	Log Pearson III
1	31,60	27,91	27,85	16,53	28,06	31,64
2	10,05	9,29	9,25	17,32	9,35	6,58
3	8,39	5,96	5,86	11,74	6,15	4,25
4	5,43	2,48	2,34	6,39	2,75	1,64
5	7,62	5,00	4,83	7,25	5,34	4,92
6	6,17	4,16	3,96	4,84	4,55	4,76
7	2,97	1,75	1,53	0,91	2,20	2,98
8	1,13	0,67	0,43	1,71	1,16	2,46
9	0,21	0,84	0,58	3,14	1,36	3,14
10	2,39	0,19	0,08	5,47	0,74	2,98
11	0,54	4,71	4,42	2,78	5,29	7,94
12	1,03	5,35	5,05	4,20	5,96	9,00
13	4,74	5,10	4,79	6,86	5,73	9,15
14	6,36	5,95	5,62	9,08	6,60	10,37
15	4,28	20,87	20,54	1,32	21,55	25,65
Selisih Maks	31,60	27,91	27,85	17,32	28,06	31,64
Uji Kecocokan Korelasi	34,00					
	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima

4.1.4 Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana merupakan debit maksimum yang mungkin terjadi pada suatu daerah, dengan penyesuaian terhadap karakteristik daerah pengaliran yang ditinjau. Dalam penelitian ini analisis debit banjir rencana menggunakan metode HSS Nakayasu, HSS Snyder dan HSS SCS-USA. Terdapat beberapa parameter yang berpengaruh dalam analisis debit banjir rencana, diantaranya panjang sungai, luas DAS, nilai koefisien pengaliran yang didapat dari analisis tutupan lahan pada masing-masing DAS menggunakan program ArcGis 10.4.

Tabel 6. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana DAS Cigado

Periode Ulang	Debit (m ³ /s)		
	Metode Nakayasu	Metode Snyder	Metode SCS
2	6,62	5,70	1,89
5	8,36	7,20	2,39
10	9,50	8,20	2,72
25	10,95	9,46	3,14
50	12,03	10,40	3,45
100	13,10	11,33	3,76

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 7. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana DAS Cisangkuy

Periode Ulang	Debit (m ³ /s)		
	Metode Nakayasu	Metode Snyder	Metode SCS
2	156,68	329,22	67,61
5	197,91	416,37	85,51
10	225,21	474,04	97,35
25	259,70	546,97	112,33
50	285,28	601,04	123,44
100	310,68	654,72	134,46

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Tabel 8. Rekapitulasi Debit Banjir Rencana DAS Citarum

Periode Ulang	Debit (m ³ /s)		
	Metode Nakayasu	Metode Snyder	Metode SCS
2	873,32	1916,50	569,85
5	1103,12	2423,87	720,71
10	1255,27	2759,58	820,53
25	1447,50	3184,12	946,76
50	1590,12	3498,90	1040,35
100	1731,68	3811,37	1133,26

(Sumber : Hasil Perhitungan)

4.1.5 Kalibrasi Debit Banjir Rencana

Hasil perhitungan debit banjir rancangan dengan berbagai metode yang telah diperhitungkan sebelumnya, dilakukan kalibrasi dengan hasil pencatatan debit lapangan (Pos duga air Citarum – Dayeuh Kolot).

Tabel 9. Kalibrasi Debit Banjir Rencana

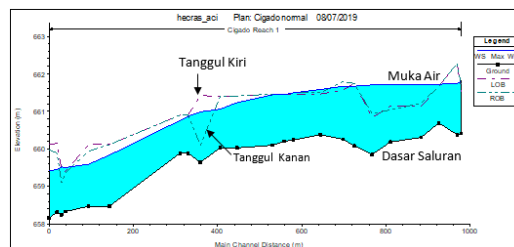
Metode	Q Perhitungan (m ³ /s)	Q Pos Debit (m ³ /s)	% Error
Nakayasu	873,32	403,43	53.81
Snyder	1916,50	403,43	78.95
SCS-USA	569,85	403,43	29.20

Dari hasil kalibrasi debit banjir rencana hasil perhitungan dengan data debit dari pos duga air dapat disimpulkan bahwa debit banjir menggunakan metode hidrograf satuan sintetik SCS lebih tepat digunakan karena mendekati hasil dari data debit pos duga air Citarum – Dayeuh kolot.

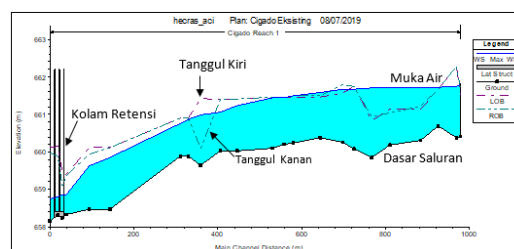
4.2 Analisis Hidrolika

4.2.1 Hasil Analisis Sungai Cigado

Gambar 6 menunjukkan hasil analisis hidrolika pada Sungai Cigado kondisi eksisting tanpa kolam retensi, terdapat beberapa *river station* yang tidak mampu menampung debit banjir rencana. Kemudian dilakukan analisis kondisi eksisting dengan kolam retensi, pada Gambar 7 kolam retensi hanya mereduksi di bagian hilir sungai.



Gambar 6 Profil Memanjang Sungai Cigado Tanpa Kolam Retensi



Gambar 7 Profil Memanjang Sungai Cigado dengan Kolam Retensi

4.2.2 Alternatif Penanganan Sungai Cigado

Dilakukan beberapa skenario penanganan sehingga menghasilkan beberapa opsi yang paling memberikan hasil maksimal.

4.2.3 Skenario 1. Kolam Retensi Tambahan

Dari hasil analisis kondisi eksisting, kolam retensi eksisting tidak mampu menampung debit banjir periode ulang 25 tahun sehingga diperlukan penanganan baru berupa kolam tambahan sesuai dengan volume yang perlu ditampung agar tidak terjadi banjir.

$$\text{Volume yang perlu ditampung} = \text{inflow} - \text{outflow}$$

Inflow didapat dari volume komulatif HSS SCS sebesar **780.396,5 m³**.

Outflow didapat dari kehilangan air pada evapotranspirasi dan infiltrasi, dengan perhitungan sebagai berikut :

4.2.4 Penguapan Air (Evapotranspirasi)

Kecepatan angin $U = 5$ knot
 $= 9,28$ km/jam
 Suhu rata-rata $T = 23,3$ °C
 Tekanan uap air jenuh $e_a = 28,61$ mbar
 Tekanan uap air nyata $e_d = 22,1$ mmHg
 Fungsi angin relatif $f(U) = 0,295$
 Faktor berat $W = 0,724$
 Faktor pengganti $C = 1,13$
 Luas Kolam Eksisting $= 65000$ m²

$$ET_o = c \cdot (W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(U) \cdot (e_a - e_d))$$

$$ET_o = 6,298 \text{ mm/hari}$$

$$ET_o = 6,298 \frac{\text{mm}}{\text{hari}} \times \frac{65000}{1000} = 409,37 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.2.5 Penyerapan (Infiltrasi)

Koefisien $C = 0,20$
 tanah (tanah lempung geluh pasiran)
 rembesan

Debit $Q = 3,14$ m³/s

Kecepatan $v = 1$ m/s

$$S = 0.035 \times 0.20 \sqrt{\frac{3.14}{1}} = 0.0124 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

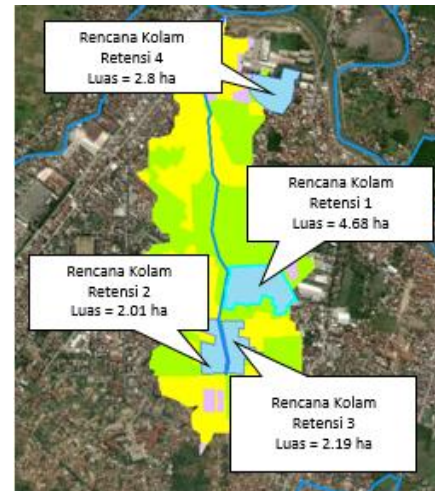
$$= 1071.71 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = 1071.71 \text{ m}^3/\text{s} = 1071,708 \text{ m}^3/\text{hari}$$

didapat hasil total debit outflow sebesar **1481,078 m³/hari**.

Volume yang perlu ditampung $= 780.396,5 \text{ m}^3 - 1417,982 \text{ m}^3 = 778.915,422 \text{ m}^3$.

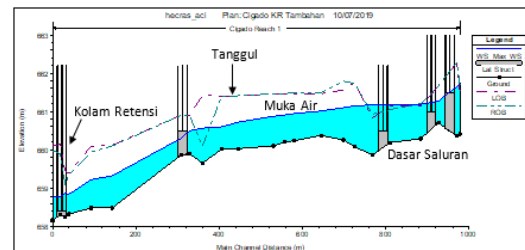
Volume tampungan eksisting **235.092 m³**. Sehingga diperlukan tampungan baru yang dapat menampung volume sebesar **543.823,422 m³**.



Gambar 8 Lokasi Rencana Kolam Retensi Baru

Tabel 10. Rencana Kolam Retensi Baru

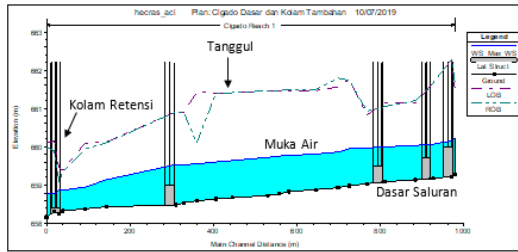
Rencana Kolam Retensi	Kedalaman Kolam (m)	Luas (m ²)	Volume yang ditampung (m ³)
1	5,5	40.000	220.000
2	5,5	20.000	110.000
3	5,5	20.000	110.000
4	5,5	20.000	110.000
Total		100.000	550.000



Gambar 9 Profil Memanjang Sungai Cigado dengan Kolam Retensi Tambahan

Skenario 2. Kolam Retensi Tambahan dan Normalisasi Dasar

Skenario 2 dilakukan karena hasil pada skenario 1 masih terjadi limpasan di beberapa *river station*. Pada Gambar 10, seluruh *river station* mampu menampung debit banjir rencana tanpa terjadi limpasan.



Gambar 10 Profil Memanjang Sungai Cigado dengan Kolam Retensi Tambahan

Efektivitas kolam sebelum dan sesudah dilakukan normalisasi sebagai berikut :

- Sebelum Normalisasi

$$\% \text{ Efektifitas} = \frac{235.092}{778.978,5} \times 100\% = 30,18 \%$$

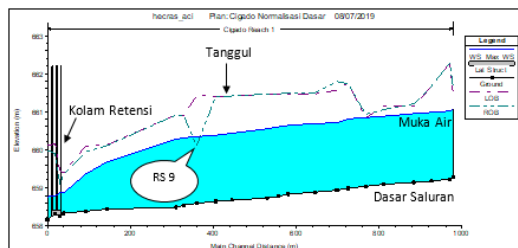
- Sesudah Normalisasi

$$\% \text{ Efektifitas} = \frac{778.915,422}{778.978,5} \times 100\% = 99,99 \%$$

Normalisasi dengan penambahan kolam retensi baru tentunya memerlukan biaya yang besar, oleh karena itu dalam penanganan banjir di Sungai Cigado dapat dilakukan beberapa alternatif skenario berikut :

Skenario 3. Normalisasi Dasar

Normalisasi ini dilakukan dengan skenario pengerukan dasar sungai sedalam ± 50 cm s/d 100 cm, didapatkan hasil profil memanjang sebagai berikut :



Gambar 11 Profil Memanjang Sungai Cigado Normalisasi Dasar Sungai

Setelah dilakukan normalisasi pada dasar sungai ternyata titik RS 9 masih tidak mampu menampung debit rencana, sehingga diperlukan alternatif penanganan lain.

Skenario 4. Normalisasi Tanggul

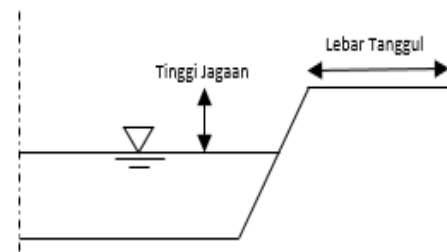
Normalisasi tanggul sungai pada studi ini dilakukan skenario perencanaan *freeboard* atau tinggi jagaan untuk debit rencana 3,14 m³/s setinggi 0,6 m dengan

merujuk kepada Tabel 11. Hasil skenario 4 dapat dilihat pada Gambar 13.

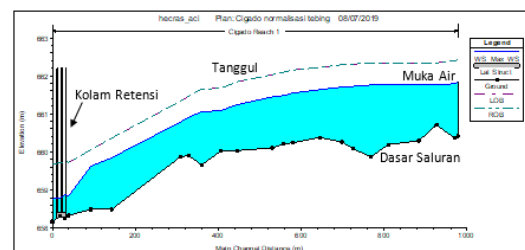
Tabel 11. Hubungan Debit – Tinggi Jagaan

Debit Rencana (m ³ /s)	Tinggi Jagaan (m)	Lebar Tanggul (m)
$Q < 200$	0,6	3,00
$200 < Q < 500$	0,75	3,00
$500 < Q < 2000$	1,00	4,00
$2000 < Q < 5000$	1,25	5,00
$5000 < Q < 10000$	1,50	6,00
$10000 < Q$	2,00	7,00

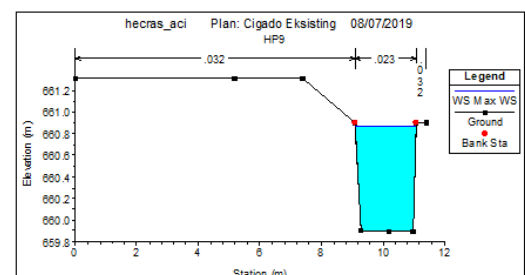
(Sumber : Suyono Sosrodarsono, 1977)



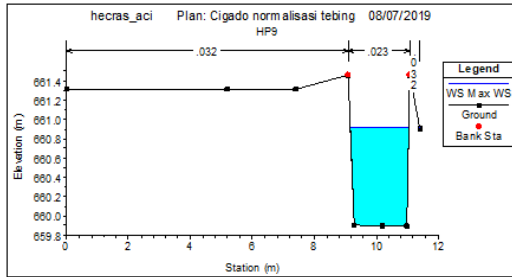
Gambar 12 Sketsa Tinggi Jagaan dan Lebar Tanggul



Gambar 13 Profil Memanjang Sungai Cigado Normalisasi Tanggul Sungai



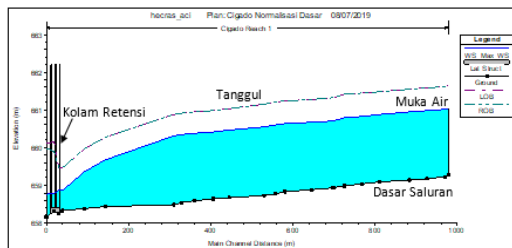
Gambar 14 Profil Cross Section Sebelum Normalisasi Tanggul Sungai



Gambar 15 Profil Cross Section Setelah Normalisasi Tanggul Sungai

Skenario 5. Normalisasi Dasar dan Tanggul

Alternatif terakhir yaitu dengan normalisasi dasar sungai dan tanggul sungai, normalisasi ini merupakan gabungan dari normalisasi sebelumnya, sehingga didapatkan hasil penampang yang dapat menampung debit lebih optimal.



Gambar 16 Profil Memanjang Sungai Cigado Normalisasi Dasar dan Tanggul Sungai

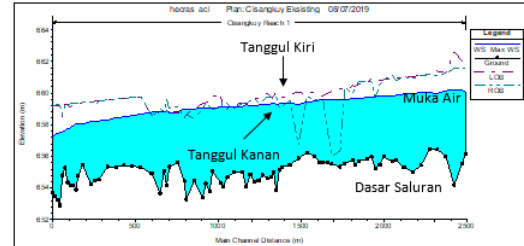
Resume Hasil Analisis Sungai Cigado

Tabel 12. Hasil Analisis Sungai Cigado Berbagai Skenario

Alternatif Penanganan	Slope	Volume Pengerukan (m ³)	% Reduksi	Keterangan
Eksisting tanpa Kolam Retensi	0,002215			Terjadi Limpasan
Eksisting dengan Kolam Retensi	0,002215		11,89	Terjadi Limpasan
Skenario 1	0,002215		59,12	Terjadi Limpasan
Skenario 2	0,001098	1114,89	62,62	Tidak Terjadi Limpasan
Skenario 3	0,001098	1117,26	12,04	Terjadi Limpasan
Skenario 4	0,002215		9,30	Tidak Terjadi Limpasan
Skenario 5	0,001098	2487,46	12,02	Tidak Terjadi Limpasan

Hasil Analisis Sungai Cisangkuy

Setelah dilakukan analisis hidrolika pada Sungai Cisangkuy kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 9 terdapat beberapa *river station* yang tidak mampu menampung debit banjir rencana.



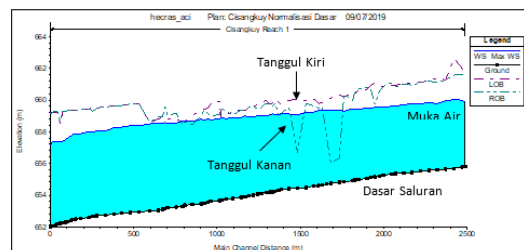
Gambar 17 Profil Memanjang Sungai Cisangkuy Kondisi Eksisting

Alternatif Penanganan Sungai Cisangkuy

Beberapa alternatif penanganan dalam bentuk skenario untuk Sungai Cisangkuy, diantaranya sebagai berikut :

Skenario 1. Normalisasi Dasar Sungai

Berdasarkan analisis kondisi eksisting, dilakukan skenario 1 berupa normalisasi dasar sungai, dapat dilihat pada gambar 18.

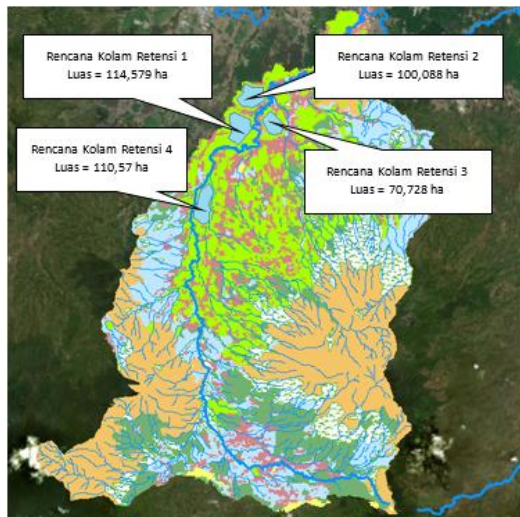


Gambar 18 Profil Memanjang Sungai Cisangkuy Normalisasi Dasar Sungai

Skenario 1 dengan normalisasi dasar sungai tidak memberikan hasil dengan perubahan yang besar, sehingga dilakukan skenario selanjutnya.

Skenario 2. Penanganan dengan Kolam Retensi

Pada studi ini dilakukan penambahan kolam retensi dengan total lahan rencana seluas 40 hektar dengan kedalaman kolam 8m. Gambar 19 merupakan hasil dari analisis menggunakan program ArcGis untuk menentukan luas lahan yang tersedia dan dapat digunakan sebagai kolam retensi baru.

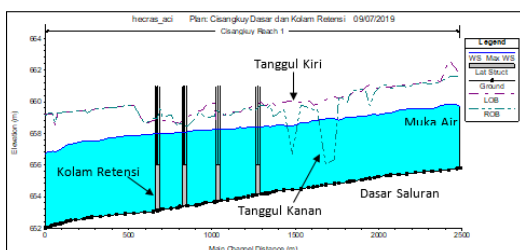


Gambar 19 Rencana Kolam Retensi

Dari beberapa lokasi dengan luas yang berbeda-beda direncanakan seluas 40 hektar lahan digunakan untuk kolam retensi. Diambil di tiap titik seluas 10 hektar, ini bertujuan untuk menghindari permasalahan pembebasan lahan.

Tabel 13. Rencana Kolam Retensi

Rencana Kolam Retensi	Kedalaman Kolam (m)	Luas (m ²)	Volume yang ditampung (m ³)
1	8	100.000	800.000
2	8	100.000	800.000
3	8	100.000	800.000
4	8	100.000	800.000
Total		400.000	3.200.000



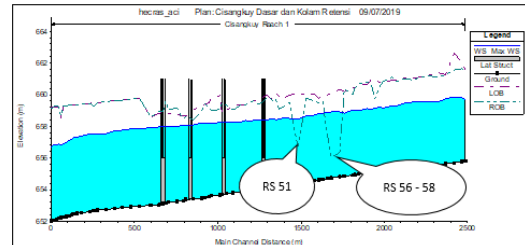
Gambar 20 Profil Memanjang Sungai Cisangkuy dengan Kolam Retensi

Masih terjadi limpasan di beberapa titik *river station*, sehingga dilakukan skenario berikutnya, berupa normalisasi tanggul dan merencanakan tinggi jagaan.

Skenario 3. Normalisasi Tanggul Sungai

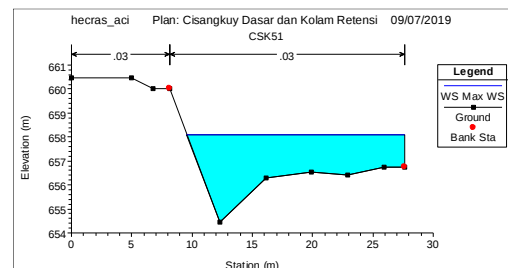
Beberapa titik *river station* yang tidak dapat menampung debit rencana yaitu RS 51, RS 56, RS

57, RS 58. Ini disebabkan karena tebing sebelah kanan lebih rendah dibandingkan dengan muka air. Sehingga diperlukan perbaikan sungai berupa tinggi jagaan setinggi 0,6 m merujuk kepada Tabel 11.

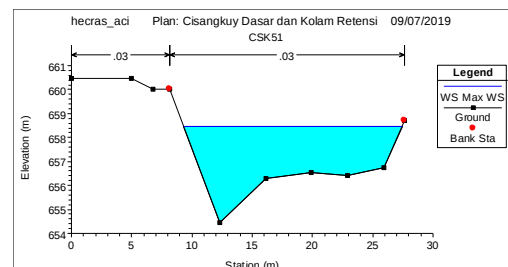


Gambar 21 Profil Memanjang Sungai Cisangkuy Sebelum Normalisasi

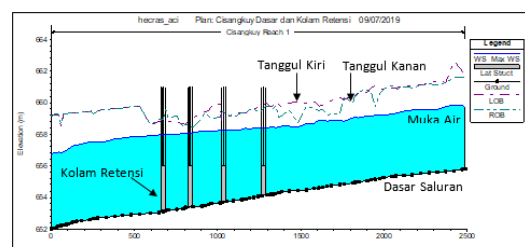
Skenario normalisasi tanggul sungai pada RS 51, RS 56, RS 57 dan RS 58, dapat dilihat seperti pada Gambar 22 dan Gambar 23.



Gambar 22 Profil Cross Section RS 51 Sungai Cisangkuy Sebelum Normalisasi



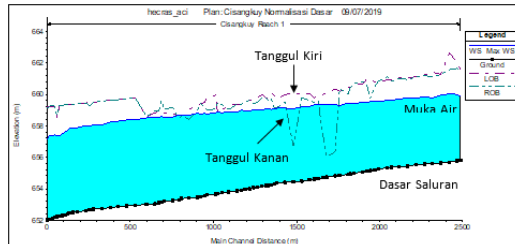
Gambar 23 Profil Cross Section RS 51 Sungai Cisangkuy Sesudah Normalisasi



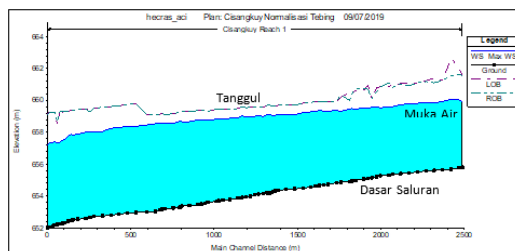
Gambar 24 Profil Memanjang Sungai Cisangkuy Setelah Normalisasi Tanggul

Skenario 4. Normalisasi Dasar dan Tanggul Sungai

Pada skenario ini hanya dilakukan perbaikan sungai berupa pengerukan dasar sungai ditambah perbaikan tanggul sungai dengan tinggi jagaan 0,6 m dimulai dari RS 21 – RS 58 tanpa penambahan kolam retensi. Hasilnya, penampang mampu menampung debit banjir periode ulang 25 tahun tanpa terjadi limpasan, dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 25 Profil Memanjang Sungai Cisarung Sebelum Normalisasi



Gambar 26 Profil Memanjang Sungai Cisarung Setelah Normalisasi

Resume Hasil Analisis Sungai Cisarung

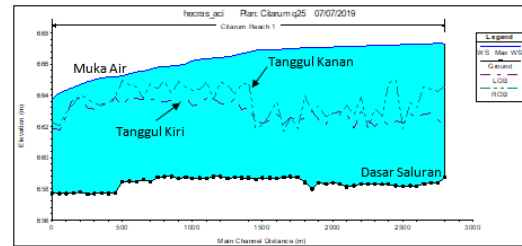
Tabel 14. Hasil Analisis Sungai Cisarung Berbagai Skenario

Alternatif Penanganan	Slope	Volume Pengerukan (m ³)	% Reduksi	Keterangan
Kondisi Eksisting	0,00098			Terjadi Limpasan
Skenario 1	0,00152	3262,63	0,0017	Terjadi Limpasan
Skenario 2	0,00152	28280,28	19,52	Terjadi Limpasan
Skenario 3	0,00152	28918,49	19,51	Tidak Terjadi Limpasan
Skenario 4	0,00152	4347,47	0,0015	Tidak Terjadi Limpasan

Hasil Analisis Sungai Citarum

Pada Gambar 27 dengan debit maksimum periode ulang 25 tahun, semua *river stasion* pada Sungai Citarum tidak mampu menampung debit rencana. Hal ini disebabkan oleh bentuk penampang yang tidak beraturan dan sedimentasi yang menyebabkan

pendangkalan sungai sehingga mengurangi kapasitas penampang.



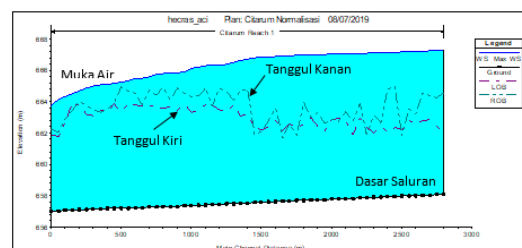
Gambar 27 Profil Memanjang Sungai Citarum Kondisi Eksisting

Alternatif Penanganan Sungai Citarum

Beberapa alternatif penanganan dalam bentuk skenario untuk Sungai Cisarung, diantaranya sebagai berikut :

Skenario 1. Normalisasi Dasar Sungai

Berdasarkan analisis kondisi eksisting, dilakukan skenario 1 berupa normalisasi dasar sungai, dapat dilihat pada gambar 28.

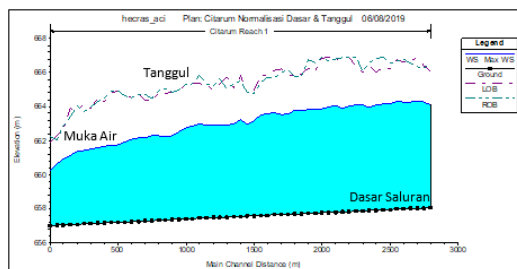
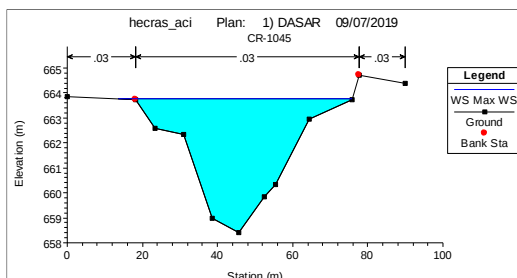
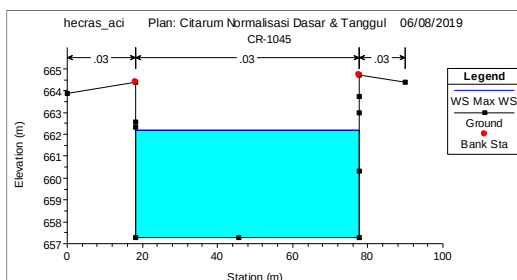


Gambar 28 Profil Memanjang Setelah Normalisasi Dasar Sungai

Skenario 1 dengan normalisasi dasar sungai tidak memberikan hasil dengan perubahan yang besar, sehingga dilakukan skenario selanjutnya.

Skenario 2. Normalisasi Dasar dan Tanggul Sungai

Skenario ini berupa pelebaran dan pemancangan sheet pile sebagai dinding penahan tanah (DPT). Hal ini bertujuan menjaga stabilitas lereng setelah pengerukan. Hasil dari skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 29.


Gambar 29 Profil Memanjang Setelah Normalisasi

Gambar 30 Profil Cross Section Sebelum Normalisasi

Gambar 31 Profil Cross Section Setelah Normalisasi

Resume Hasil Analisis Sungai Citarum

Tabel 15. Hasil Analisis Sungai Citarum Berbagai Skenario

Alternatif Penanganan	Slope	Volume Pengerukan (m ³)	% Reduksi	Keterangan
Kondisi Eksisting	0,000354			Terjadi Limpasan
Skenario 1	0,000379	2995,90	0,003	Terjadi Limpasan
Skenario 2	0,000379	101117,8	0,0012	Tidak Terjadi Limpasan

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Kondisi penampang Sungai Citarum, Sungai Cigado dan Sungai Cisangkuy di titik yang ditinjau dengan kondisi eksisting tidak mampu menampung debit banjir rencana periode ulang 25 tahun sebesar 946,76 m³/s (Sungai Citarum);

3,14 m³/s (Sungai Cigado); 112,33 m³/s (Sungai Cisangkuy) dari hasil analisis hidrologi.

- 2) Alternatif penanganan banjir dilakukan dengan berbagai skenario dimulai dari normalisasi dengan pengerukan dasar sungai, perbaikan tanggul sungai dan penambahan kolam retensi baru.
- 3) Kolam retensi Cieunteung dengan volume sebesar 235.092,04 m³ hanya mampu mereduksi debit banjir di bagian hilir, sehingga diperlukan normalisasi sehingga dibutuhkan kolam retensi baru berkapasitas tampungan sebesar 543.823,422 m³.
- 4) Efektivitas kolam retensi Cieunteung dalam penanganan banjir, semula 30,18% meningkat, menjadi 99,99%.
- 5) Skenario 2 dipilih sebagai alternatif penanganan banjir Sungai Cigado karena dinilai lebih optimal dengan % reduksi sebesar 62,62%.
- 6) Skenario 3 dipilih sebagai alternatif penanganan banjir Sungai Cisangkuy karena dinilai lebih optimal dengan % reduksi sebesar 19,51%.
- 7) Skenario 2 dipilih sebagai alternatif penanganan banjir Sungai Citarum karena dinilai lebih optimal dengan % reduksi sebesar 0,0012%.
- 8) Alternatif penanganan dengan skenario normalisasi dasar sungai menyebabkan penambahan tinggi muka air di setiap sungai. Hal ini disebabkan oleh perubahan elevasi dasar sungai dari yang semula inkonsisten menjadi konsisten.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, berikut saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya :

- 1) Diperlukan perbaikan saluran secara menyeluruh.
- 2) Solusi penanganan perlu memperhatikan banyak faktor diantaranya stabilitas lereng ketika pengerukan, pembebasan lahan dalam pembangunan kolam retensi baru, faktor lingkungan dan sosial dari masyarakat.
- 3) Perlu dilakukan kajian lebih mendalam mengenai penelusuran banjir di lokasi penelitian
- 4) Perlu kesadaran lebih dari masyarakat tentang pentingnya menjaga lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.G. Kartasapoetra. Mul Muljani Sutedjo. & E. Pollein. 2013. Teknologi Pengairan Pertanian (Irigasi). Bumi Aksara, Jakarta.
- [2] C. D. Soemarto. Ir. B.I.E. DIPL.H. 1995. Hidrologi Teknik Edisi Ke - 2. Erlangga, Jakarta.
- [3] Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi Dan Polder Dengan Saluran-Saluran Utama*. Jakarta
- [4] Kodoatie, Robert. J. 2013. Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota. Andi, Yogyakarta.
- [5] Kodoatie, R. J. & Sugiyanto. 2002. BANJIR (Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan). Pustaka Pelajar, Semarang.
- [6] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.
- [7] Suripin. Dr. Ir. M. Eng. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Andi, Yogyakarta.
- [8] Suyono, Sosrodarsono. 1985. Hidrologi untuk Pengairan cet. 5. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- [9] Suyono, Sosrodarsono & Takeda, Kensaku;. 1993. Hidrologi untuk Pengairan. Pradnya Paramitha, Jakarta.