

Kajian Optimasi Kapasitas Danau Tempe untuk Mengurangi Banjir di Kabupaten Sidrap, Kabupaten Soppeng, dan Kabupaten Wajo - Provinsi Sulawesi Selatan

Agustin Purwanti¹, Roni Farfian¹, Chairunnisa¹, Rifaldi Aji Sarifudin¹, dan Aditya Wisnu M.P¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia

Agustinpwt57@gmail.com, Roni.farfian@lecture.unjani.ac.id, Chairunnisa@lecture.unjani.ac.id,

Rifaldiaji81@gmail.com, Adityawmp@gmail.com

Abstrak

Danau Tempe merupakan danau paparan banjir di Provinsi Sulawesi Selatan yang dikelilingi tiga kabupaten yaitu Sidrap, Soppeng, dan Wajo. Kapasitas Danau Tempe dipengaruhi oleh *inflow* yang masuk ke danau. Dalam mendukung operasional pemanfaatan dan konservasi air, telah dibangun Bendung Gerak Tempe untuk mengatur dan mempertahankan tinggi muka air (TMA) di danau. Intensitas hujan yang tinggi menyebabkan air danau meluap dan membanjiri daerah sekitar danau sehingga menimbulkan kerugian materiil yang besar. Untuk mengurangi genangan banjir tersebut, dilakukan kajian optimasi kapasitas Danau Tempe. Optimasi dilakukan dengan mengatur tinggi bukaan pintu yang optimal pada Bendung Gerak Tempe menggunakan model hidrologi. Pada kajian ini digunakan nilai *curve number* (CN) dari sungai-sungai yang mengalir ke danau, yang merupakan fungsi dari 2 skenario tutupan lahan yaitu kondisi saat ini dan rencana RTRW Provinsi Sulawesi Selatan. Berdasarkan pemodelan hidrologi didapatkan *inflow* Danau Tempe berupa debit puncak periode ulang (Q_{25}) untuk skenario kondisi saat ini sebesar 11.825,83 m³/s, dan untuk skenario rencana RTRW Provinsi Sulawesi Selatan sebesar 11.606,62 m³/s. Pemodelan hidrodinamika 2D mensimulasikan berbagai tinggi bukaan pintu pada Bendung Gerak Tempe terhadap luas genangan banjir. Kapasitas Danau Tempe yang optimal untuk mengurangi banjir tercapai dengan mempertahankan TMA pada elevasi +7,53 m dpl dengan tinggi bukaan pintu 4 m.

Kata kunci: *curve number*, Danau Tempe, bendung gerak, luas genangan

Abstract

Tempe Lake is a floodplain lake in South Sulawesi Province. The capacity of Tempe Lake is affected by the inflow into the lake. The high intensity of rain causes the lake water to overflow and flood the area around the lake. To reduce the flood inundation, an optimization study was carried out on the capacity of Tempe Lake. Optimization is carried out by adjusting the optimal height of the gate opening on the Tempe Moveable Weir using a hydrological model. The curve number (CN) of rivers flowing into the lake is used, which is a function of 2 land cover scenarios, namely the existing condition and the RTRW plan for South Sulawesi Province. Based on hydrological modeling, it was found that the inflow of Tempe Lake (Q_{25}) for the existing condition scenario was 11,825.83 m³/s, and for the RTRW plan of South Sulawesi Province, scenario was 11,606.62 m³/s. The 2D hydrodynamic modeling simulates various heights of gate openings on the Tempe Moveable Weir with respect to the flood inundation area. The optimal capacity of Tempe Lake to reduce flooding is achieved by maintaining the water level at +7.53 m above sea level with a gate opening height of 4 m.

Keywords: curve number, Tempe Lake, moveable weir, inundation area

1. Pendahuluan

Danau Tempe merupakan danau alami yang berada di Pulau Sulawesi. Danau Tempe memiliki luas sekitar 14.406 hektar sehingga menjadikan Danau Tempe sebagai danau terbesar kedua di Pulau Sulawesi dan terbesar kedelapan di Indonesia. Danau Tempe terletak di Provinsi Sulawesi Selatan, dikelilingi oleh tiga wilayah administrasi kabupaten yaitu Kabupaten Sidrap (2.896 ha), Kabupaten Soppeng (3.000 ha), dan Kabupaten Wajo (8.510 ha). Danau Tempe merupakan tipe danau paparan banjir dengan titik koordinat antara 3°39'–4°16' LS dan 119° 53'–120° 27' BT. Danau Tempe telah banyak dimanfaatkan guna memenuhi sumber air untuk kehidupan diantaranya oleh beberapa sektor pertanian, perikanan, pariwisata dan aktivitas masyarakat baik secara ekonomi maupun sehari – hari. Danau tempe adalah sebuah perairan yang memisahkan Pulau Sulawesi bagian selatan dan utara.

Terdapat 23 sungai yang mengalir dan bermuara di Danau Tempe yang membuat kapasitas Danau Tempe sangat dipengaruhi oleh *inflow* tersebut. Tingginya intensitas hujan dengan durasi lama meningkatkan debit yang masuk dan bermuara, sehingga kapasitas danau terlampaui menyebabkan air meluap ke daerah sekitar danau. Meluapnya air Danau Tempe dapat menimbulkan kerugian baik materi maupun non-materi terhadap manusia dan lingkungan sekitar danau. Banjir yang terjadi akibat luapan danau

Info Makalah:

Dikirim : 10-11-21;

Revisi 1 : 01-04-22;

Revisi 2 : 03-14-22;

Revisi 2 : 04-18-22;

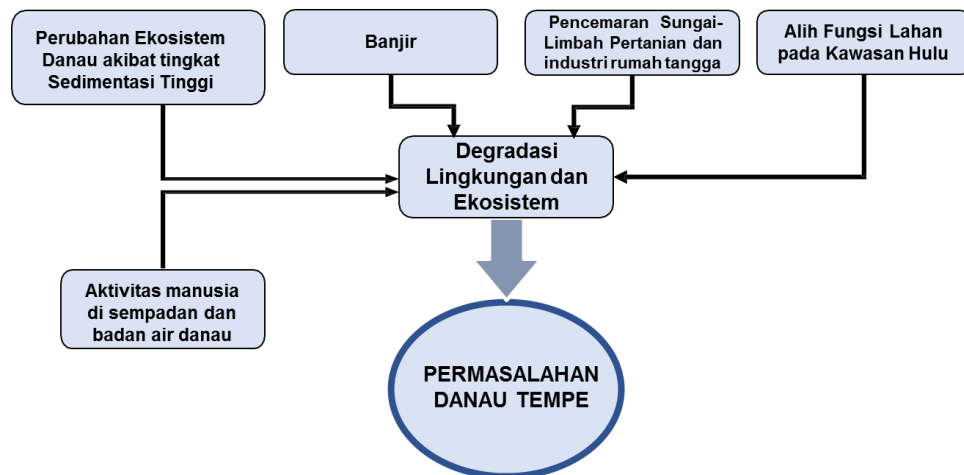
Diterima : 04-18-22.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62 813-2122-5121

e-mail : roni.farfian@lecture.unjani.ac.id

tersebut membuat aktivitas terganggu. Dalam upaya untuk operasional pemanfaatan air dan upaya konservasi air danau, maka telah dibangun Bendung Gerak Tempe. Bendung Gerak Tempe berfungsi untuk mempertahankan elevasi permukaan air danau pada +5,00 m dpl dengan kedalaman air berkisar antara 2-3 m, sebagai muka air normal untuk pemanfaatan dan konservasi air. Selain itu Bendung Gerak Tempe juga berfungsi untuk mengatur elevasi permukaan air Sungai Cenranae agar kebutuhan air di daerah hilir dapat tetap terpenuhi. Berdasarkan uraian permasalahan yang ada di Danau Tempe, maka diperlukan kajian optimalisasi Danau Tempe untuk mendapatkan kapasitas ideal untuk mengurangi genangan banjir yang terjadi di sekitar Danau Tempe dengan mensimulasikan tinggi bukaan pintu pada Bendung Gerak Tempe menggunakan perangkat lunak *Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System* (HEC-HMS). Adapun permasalahan Danau Tempe tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Permasalahan Danau Tempe

Lokasi penelitian terletak di tiga wilayah kabupaten yaitu Sidrap, Soppeng, dan Wajo, Provinsi Sulawesi Selatan. Adapun lokasi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

2. Metode

Secara garis besar penelitian ini dibagi menjadi menjadi 3 (tiga) tahap, yaitu analisis data, pemodelan hidrologi, dan pemodelan hidrodinamika 2D. Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu penentuan batas Daerah Tangkapan Air (DTA), analisis tata guna lahan, dan analisis hidrologi. Hasil dari analisis data akan digunakan sebagai *input* dalam pemodelan hidrologi, dan pemodelan hidrodinamika 2D. Pemodelan hidrologi dilakukan untuk optimalisasi kapasitas danau dalam mengurangi genangan banjir, dengan mengatur tinggi bukaan pintu pada Bendung Gerak Tempe. *Output* pemodelan hidrologi berupa tinggi muka air di Danau Tempe untuk setiap tinggi bukaan pintu bendung gerak akan disimulasikan dalam pemodelan hidrodinamika 2D untuk memperkirakan genangan banjir yang terjadi, sehingga kapasitas Danau Tempe yang optimal dalam mengurangi banjir dapat ditentukan.

Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung – punggung gunung, bukit, pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik (pos) yang ditinjau. Daerah aliran sungai ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi garis – garis kontur (Bambang Triatmodjo, 2010).

Danau

Danau adalah wadah air dan ekosistemnya yang terbentuk secara alamiah termasuk situ dan wadah air sejenis dengan sebutan istilah lokal (Permen LH No. 28 Tahun 2009). Danau merupakan ekosistem air tawar yang berdasarkan aliran airnya termasuk ekosistem air tergenang. Danau dapat terbentuk melalui berbagai proses alam seperti gempa (tektonik), sesar, letusan gunung berapi (vulkanik), dataran banjir, *meander* (Hadisusanto, 2015), *karst gletser* maupun laguna. Danau Tempe merupakan salah satu danau bertipe paparan banjir (*flood plain*) yang berada di Kabupaten Wajo, Kabupaten Sidrap, dan Kabupaten Soppeng, Provinsi Sulawesi Selatan. Danau Tempe yang terbentuk dari depresi lempeng bumi Asia – Australia ini terletak di wilayah Sungai Walannae Cenranae pada ketinggian 10 mdpl dengan daerah tangkapan air seluas 4.587 km². Pada musim hujan, luas permukaan danau adalah 48.000 ha dan menggenangi areal persawahan, perkebunan, rumah penduduk, prasarana jalan dan jembatan, serta prasarana sosial lain yang menimbulkan kerugian yang cukup besar.

Rencana Tata Ruang Wilayah

Di Indonesia konsep perencanaan tata ruang mempunyai kaitan erat dengan konsep pengembangan wilayah suatu daerah. Tata ruang adalah wujud struktur ruang dan pola ruang (Andri Panjaitan dkk, 2019). Adapun tujuan khusus penataan ruang wilayah Provinsi Sulawesi Selatan adalah memulihkan daya dukung lingkungan, terutama DAS kritis sebagai dukungan proaktif terhadap fenomena perubahan iklim dunia, dengan menciptakan keseimbangan pemanfaatan ruang antara kawasan lindung dengan kawasan budidaya dalam satu ekosistem darat, laut, dan udara.

Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (*hydrologic phenomena*), seperti besarnya curah hujan, debit sungai, tinggi muka air sungai, kecepatan aliran, dan konsentrasi sedimen sungai yang akan selalu berubah terhadap waktu (Soewarno, 1995). Adapun analisis hidrologi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Uji konsistensi data hujan.
2. Curah hujan wilayah
3. Analisis frekuensi
4. Uji kesesuaian distribusi frekuensi
5. Distribusi hujan tiap 1 jam
6. Intensitas curah hujan
7. Analisis debit banjir rencana menggunakan HEC-HMS (Novia R.R, 2016)

Metode SCS Curve Number

Metode SCS berusaha mengaitkan karakteristik DAS seperti tanah, tata guna lahan, dan vegetasi dengan bilangan kurva air larian CN (*runoff curve number*) yang menunjukkan potensi air larian untuk curah hujan tertentu. *Soil Conservation Service* (SCS) merupakan salah satu metode yang dapat dipergunakan untuk mengasumsikan rasio dari nilai limpasan permukaan langsung (*direct runoff*) dengan nilai potensial limpasan (*potential runoff*) (Chow, 1988). *Curve number* (CN) merupakan fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, kelembapan tanah, tata guna lahan, tanaman penutup, dan cara pengerjaan tanah. Dasar dari metode ini adalah hubungan infiltrasi pada tiap jenis tanah dan curah hujan (Tyas D, 2016).

Uji Validasi

Validasi (*validation*) merupakan proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam proses memprediksi hidrologi. Umumnya validasi dilakukan dengan menggunakan data diluar periode data yang digunakan untuk kalibrasi (Indarto 2012). Untuk melakukan uji validasi dilakukan dengan beberapa pengujian, antara lain:

1. *Root Mean Squared Error* (RSME)
Root Mean Squared Error (RSME) adalah metode untuk mengukur jumlah dengan estimator berbeda dari nilai benar banyaknya nilai yang diestimasi. RSME digunakan untuk menghitung tingkat *error* dari dua buah hasil percobaan model. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - Y)^2}{n}} \quad (1)$$

2. *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)

Uji efisiensi *Nash-Sutcliffe* dilakukan untuk menguji tingkat kesahihan model berdasarkan kriteria berikut:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X - Y)^2}{\sum_{i=1}^n (X - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

Tabel 1. Kriteria Nilai NSE

Nilai	Interpretasi
$0,60 < NSE \leq 1,00$	Sangat Baik
$0,40 < NSE \leq 0,60$	Baik
$0,20 < NSE \leq 0,40$	Memenuhi
$NSE \leq 0,20$	Tidak Memenuhi

Tabel 2. Kriteria Nilai Persen *Difference*

Performance Rating	PBIAS
Sangat Baik	$PBIAS \leq \pm 15\%$
Baik	$\pm 15\% \leq PBIAS < \pm 20\%$
Memenuhi	$\pm 20\% \leq PBIAS < \pm 30\%$
Tidak Memenuhi	$PBIAS \geq \pm 30\%$

Perangkat Lunak HEC-RAS

HEC-RAS merupakan perangkat lunak untuk mensimulasikan aliran sungai, *River Analysis System* (RAS), yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC), di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE). HEC-RAS dapat digunakan untuk menganalisis 1D maupun 2D (Istianto, 2014). Model hidrodinamika HEC-RAS 5.0 yang dikembangkan dapat digunakan untuk simulasi genangan banjir aliran dinamik 2D (Brunner, 2016). HEC-RAS yang akan digunakan untuk analisis pada kajian ini adalah HEC-RAS versi 6.0.0 yang baru dirilis. HEC-RAS pada kajian ini digunakan untuk memodelkan dampak genangan dari model hidrologi yang telah dilakukan oleh perangkat lunak HEC-HMS sebelumnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Penentuan Batas Daerah Tangkapan Air

Penentuan batas Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Tempe dilakukan berdasarkan pada peta DEMNAS dengan bantuan perangkat lunak Arc-GIS. Dalam penelitian ini terdapat 13 sub-DTA yang akan ditinjau, nama sub-DTA beserta luasnya ditunjukkan pada Tabel 3 sebagai berikut:

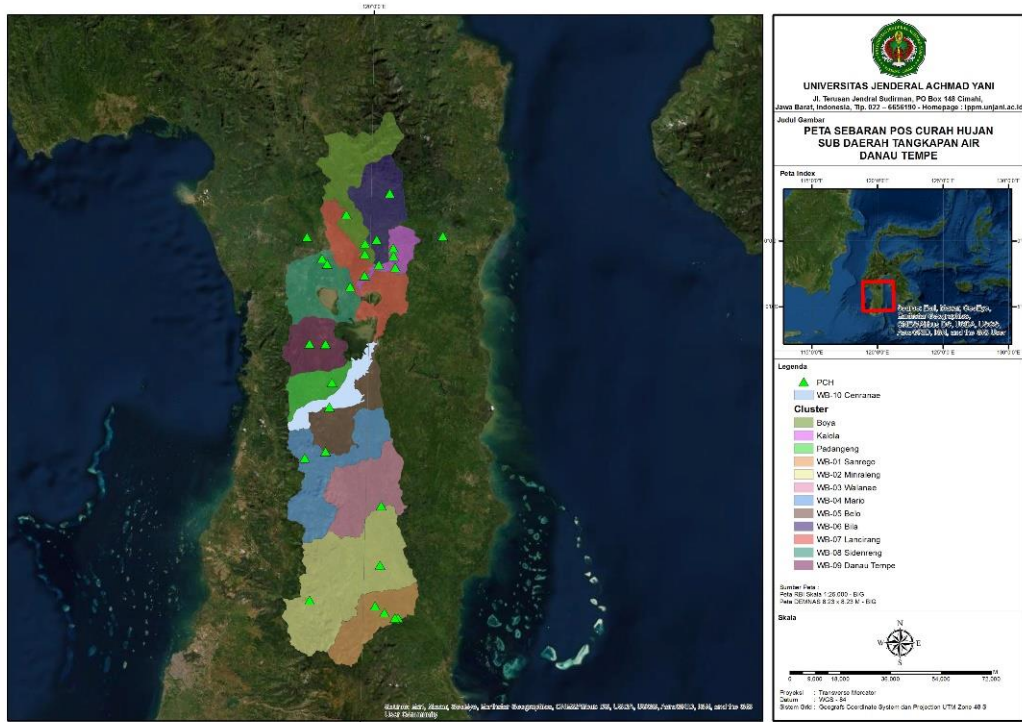
Tabel 3. Luas Sub-DTA Danau Tempe

No	Sub-DTA	Luas	
		Ha	Km ²
1	Boya	55692,40	556,92
2	Kalola	16288,17	162,88
3	Padangeng	20981,53	209,82
4	Sanrego	39305,62	393,06
5	Minraleng	123155,24	1231,55
6	Walanae	55664,35	556,64
7	Mario	65768,54	657,69
8	Belo	33682,88	336,83
9	Bila	44211,77	442,12
10	Lancirang	45545,66	455,46
11	Sidenreng	43923,90	439,24
12	CA-Danau Tempe	33497,18	334,97
13	Cenranae	20379,36	203,79

Data Pos Curah Hujan

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang memiliki ketelitian tinggi, dibutuhkan data yang memadai baik kualitas maupun kuantitas. Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data pengukuran selama 17 tahun pada pos curah hujan terdekat.

Data curah hujan harian maksimum berdasarkan ketersediaan data, semua data hujan digunakan untuk analisis hidrologi pada kajian ini. Data curah hujan harian maksimum didapatkan dari dokumen Detail Desain Revitalisasi Danau Tempe: 2018 (BBWS Pompengan – Jeneberang).

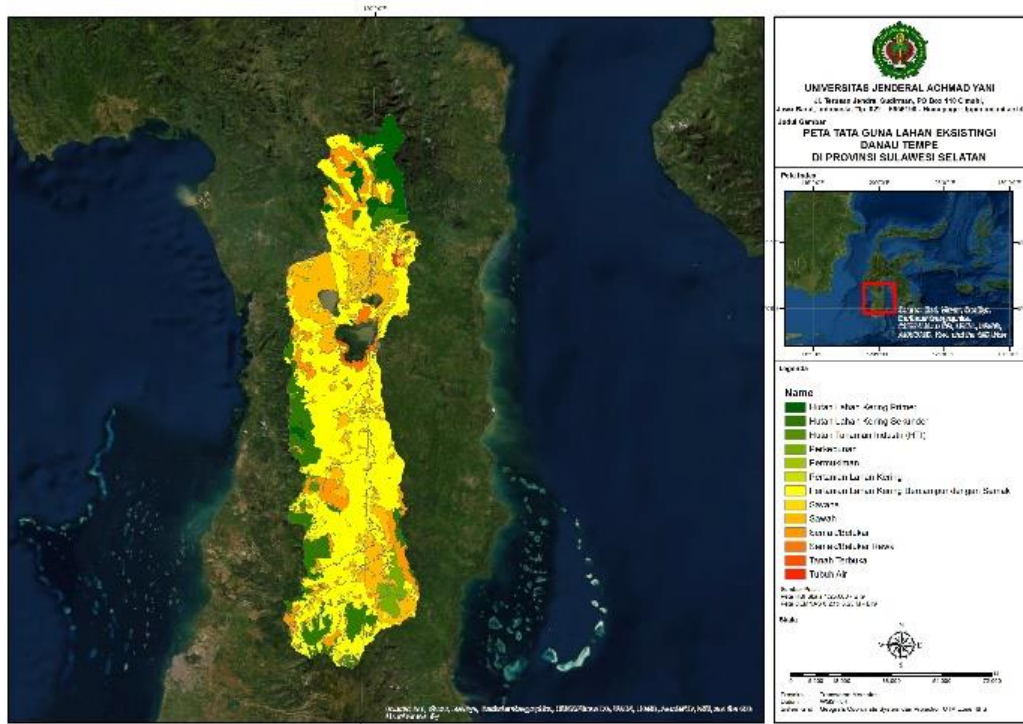


Gambar 3. Peta Pos Curah Hujan

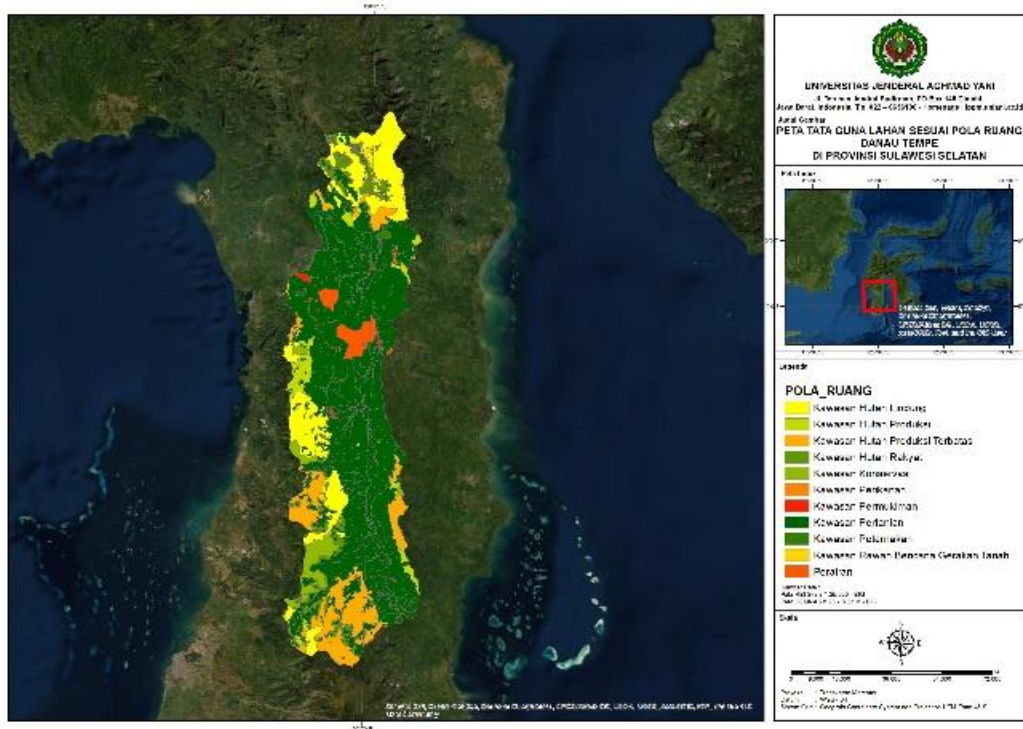
Analisis Tata Guna Lahan

Perubahan kondisi suatu kawasan yang tadinya merupakan daerah resapan, menjadi daerah terbangun yang mengakibatkan hujan yang jatuh ke lahan tidak dapat kembali ke tanah. Tata guna lahan pada suatu DAS dan sub-DTA baik untuk pemukiman, pertanian, tambak dan lain sebagainya akan berpengaruh pada nilai *curve number*. Nilai tersebut akan digunakan sebagai parameter *basin* pada permodelan hidrologi menggunakan HEC-HMS. Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan tata guna lahan pada kawasan masing – masing Sub-DTA dalam kondisi saat ini (skenario 1) dan sesuai RTRW Provinsi Sulawesi Selatan (skenario 2).

Kajian Optimalisasi Kapasitas Danau Tempe untuk Mengurangi Banjir di Kabupaten Sidrap, Kabupaten Soppeng, dan Kabupaten Wajo - Provinsi Sulawesi Selatan



Gambar 4. Peta Tata Guna Lahan Skenario 1



Gambar 5. Peta Tata Guna Lahan Skenario 2

Analisis Hidrologi

Dalam hasil analisis hidrologi untuk pengujian *outlier* data curah hujan dan uji konsistensi massa ganda untuk semua sub-DTA terpenuhi. Adapun pada analisis *frekuensi* dilakukan menggunakan metode Gumbel, Normal, dan *Log Pearson Type III* yang kemudian dilakukan uji kecocokan pada masing – masing metode sehingga didapatkan rencana pada setiap periode ulang.

Tabel 4. Rekapitulasi Analisis Frekuensi Metode Gumbel Untuk Setiap Sub-DTA

TR	Rekapitulasi Analisis Hidrologi Metode Gumbel											
	Curah Hujan Harian Maksimum Periode Ulang pada Sub – DAS (cm)											
	Boya	Kalola	Padangeng	Sanrego	Minraleng	Walanae	Mario	Belo	Bila	Lancirang	Sidenreng	D.Tempe
02	129	92	106	110	110	98	115	111	132	124	154	90
05	162	117	133	139	133	120	176	133	178	145	206	135
10	184	133	151	158	148	135	217	148	209	159	239	164
25	212	154	173	183	167	154	268	167	248	176	282	201
50	233	169	190	201	182	168	306	181	277	189	314	228
100	253	184	206	219	196	181	343	195	306	202	346	255

Selanjutnya dilakukan analisis distribusi hujan interval per jam menggunakan metode ABM (*Alternating Block Method*). Berikut dapat dilihat pada Tabel 5, dan Tabel 6, untuk rekapitulasi distribusi hujan interval per jam dengan periode ulang hujan rencana 25 dan 50 tahun.

Tabel 5. Rekapitulasi Distribusi Hujan Interval 1 Jam untuk Periode Ulang 25 Tahun

Jam	Curah Hujan Interval 1 Jam pada sub-DTA (cm)											
	Belo	Bila	Boya	D.Tempe	Kalola	Lancirang	Mario	Minraleng	Padangeng	Sanrego	Sidenreng	Walanae
1	11	17	14	14	10	12	18	11	12	12	19	10
2	17	25	21	20	15	18	27	17	17	18	28	15
3	92	137	117	110	85	97	147	92	95	101	155	85
4	24	36	30	29	22	25	38	24	25	26	40	22
5	13	20	17	16	12	14	21	13	14	15	23	12
6	10	15	13	12	9	10	16	10	10	11	17	9
Jumlah	167	248	212	201	154	176	268	167	173	183	282	154

Tabel 6. Rekapitulasi Distribusi Hujan Interval 1 Jam untuk Periode Ulang 50 Tahun

Jam	Curah Hujan Interval 1 Jam pada sub-DTA (cm)											
	Belo	Bila	Boya	D.Tempe	Kalola	Lancirang	Mario	Minraleng	Padangeng	Sanrego	Sidenreng	Walanae
1	12	19	16	15	11	13	21	12	13	14	21	11
2	18	28	23	23	17	19	31	18	19	20	32	17
3	100	153	128	125	93	104	168	100	104	111	173	92
4	26	40	33	33	24	27	44	26	27	29	45	24
5	14	22	19	18	13	15	24	15	15	16	25	13
6	11	16	14	13	10	11	18	11	11	12	19	10
Jumlah	181	277	233	228	169	189	306	182	190	201	314	168

Setelah dilakukan analisis distribusi hujan interval per jam menggunakan metode ABM lalu dilakukan pemodelan menggunakan HEC-HMS untuk mendapatkan hasil simulasi debit banjir rencana pada masing-masing sub-DTA yang menjadi *inflow* pada Danau Tempe.

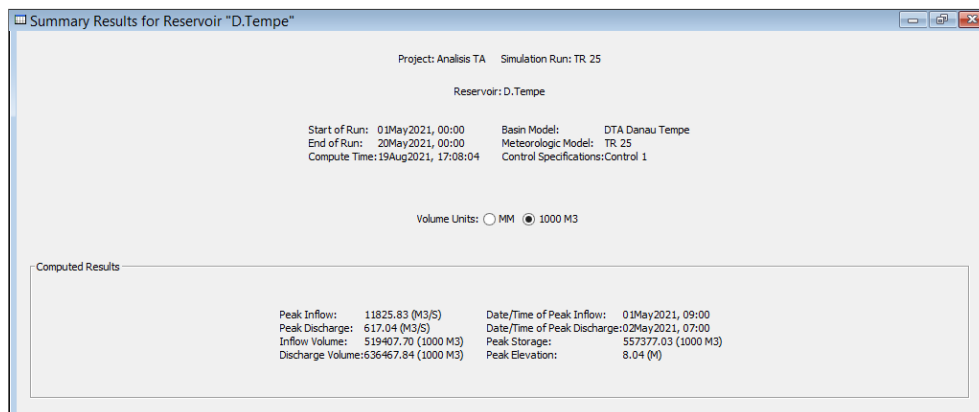
Pemodelan HEC-HMS

Perhitungan debit banjir rencana dibantu dengan perangkat lunak *HEC-HMS* dan menggunakan metode *HSS Snyder* untuk *transform* dan metode *SCS Curve Number* untuk *losses*. Model *HEC-HMS* dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rencana yang masuk ke Danau Tempe. Model *HEC-HMS* dapat mensimulasikan puncak aliran harian untuk mendapatkan debit banjir rencana dari sub-DTA yang ditinjau. Adapun tahapan input pada *HEC-HMS* adalah sebagai berikut:

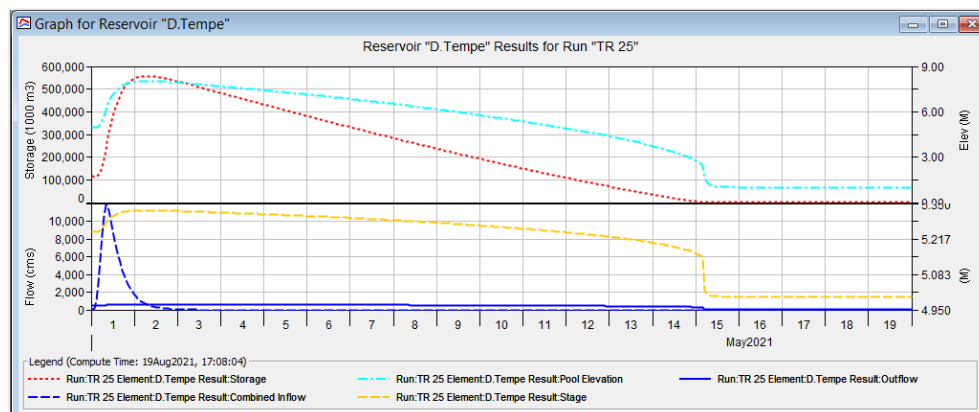
1. *Basin Model* (Model Daerah Aliran Sungai / Daerah Tangkapan Air).
2. Data Parameter sub-DTA.
3. Input Parameter sub-DTA yaitu *Sub-basin*, *Loss Method*, dan *Transform Method*.
4. Input *Meteorologic Model Manager*.
5. Input Tabel *Precipitation*.
6. Input *Reservoir*.
7. Input *Paired Data Manager*.
8. Input *Control Specification*.
9. Input *Create Compute*.

Hasil Pemodelan HEC-HMS

Pemodelan HEC-HMS yang dilakukan pada tahap awal mendapatkan hasil debit banjir berdasarkan periode ulang 25 tahun, dengan bukaan pintu Bendung Gerak Tempe sebesar 1 meter yaitu hasil *inflow* yang masuk ke Danau Tempe sebesar 519407,70 (1000 m³), dan Tinggi Muka Air (TMA) Danau Tempe berada pada elevasi 8,04 meter. Pada Titik Tinjau Bendung Gerak Tempe hasil *running* menunjukkan hasil perbedaan data hasil observasi dengan hasil *running*. Hal ini dapat terlihat pada perbedaan *percent* bias sebesar 49,17% dan *Nash-Sutcliffe* sebesar 0,371 yang mana untuk *percent* bias jika diatas 30% performa untuk evaluasi kalibrasi data debit termasuk ke dalam katagori tidak baik. Maka selanjutnya dilakukan optimasi agar hasil model dapat memberikan nilai yang mendekati kondisi lapangan.



Gambar 6. Rekapitulasi Hasil Model pada Titik Tinjau Danau Tempe Periode Ulang 25 Tahun



Gambar 7. Hasil Debit Banjir Periode Ulang 25 Tahun pada Titik Tinjau Danau Tempe

Kalibrasi Data

Uji validasi data dilakukan guna memberikan hasil model agar mendekati keadaan yang sebenarnya di lapangan dengan cara mengoptimasi parameter pada input HEC-HMS yaitu *initial abstraction* menggunakan *tools* yang tersedia pada perangkat lunak HEC-HMS. Validasi data dilakukan dengan membandingkan data hasil *running* dengan data observasi pada Bendung Gerak Tempe. Kalibrasi data dilakukan dengan menggunakan bukaan pintu pada Bendung Gerak Tempe yaitu bukaan 4 meter sesuai dengan data observasi yang ada. Adapun hasil rekapitulasi nilai *initial abstraction* pada setiap Sub-DTA yang didapatkan setelah dioptimasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai *Initial Abstraction* Setelah Dioptimasi

Sub-DTA	<i>Initial Value</i>	Optimasi
	<i>Initial Abstraction</i>	<i>Initial Abstraction</i>
Mario	17,33	11,613
Minraleng	29,48	26,246
Sanrego	18,86	3,932
Walanae	13,14	0,75255
Belo	13,36	0,79625
Lancirang	15,65	23,664
Bila	21,91	11,222
Boya	19	4
Kalola	14,04	25,862
Sidenreng	17,28	38,634
subDTA-Danau Tempe	15,23	52,646
Padangeng	17,1	88,416
Cenranae	12,79	94,685
Parameter	<i>Percent Bias</i>	29,50%
	<i>Nash-Sutcliffe</i>	0,262

Berdasarkan uji validasi data yang dilakukan menggunakan metode uji *statistic* RMSE (*Root Mean Square Error*) menggunakan *tools* optimasi pada HEC-HMS yaitu didapatkan nilai *percent bias* sebesar 29,50% dan nilai *Nash-Sutcliffe* 0,262 yang dapat dikategorikan memenuhi. Nilai *initial abstraction* sesuai optimasi akan digunakan kembali saat *running* pada masing – masing periode ulang, jenis tutupan lahan berdasarkan skenario 1 dan skenario 2, serta berbagai tinggi bukaan pintu pada Bendung Gerak Tempe.

Hasil *Running* Skenario 1

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan HEC-HMS debit puncak yang masuk ke Danau Tempe pada skenario tutupan lahan sesuai kondisi saat ini (skenario 1) didapatkan sebesar 11.825,83 m³/s. Adapun tinggi muka air Danau Tempe pada skenario 1 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Tinggi Muka Air Danau Tempe pada Skenario 1 Berdasarkan Tinggi Bukaan Pintu

Tinggi Bukaan Pintu (m)	Tinggi Muka Air Danau Tempe berdasarkan Periode Ulang (m)					
	TR 2	TR 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
1	6,93	7,52	7,88	8,12	8,62	8,90
2	6,62	7,23	7,61	7,86	8,36	8,65
3	6,34	6,98	7,36	7,62	8,14	8,43
4	6,30	6,89	7,26	7,53	8,03	8,31
5	6,20	6,79	7,25	7,48	7,95	8,22

Hasil *Running* Skenario 2

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan HEC-HMS debit puncak yang masuk ke Danau Tempe dengan kondisi tutupan lahan sesuai RTRW Provinsi Sulawesi Selatan (skenario 2) didapatkan sebesar 11.606,62 m³/s. Adapun tinggi muka air Danau Tempe pada skenario 2 dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Tinggi Muka Air Danau Tempe Skenario 2 Berdasarkan Tinggi Bukaan Pintu

Tinggi Bukaan Pintu (m)	Tinggi Muka Air Danau Tempe berdasarkan Periode Ulang (m)					
	TR 2	TR 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
1	6,80	7,39	7,75	8,00	8,50	8,77
2	6,50	7,10	7,48	7,73	8,24	8,53
3	6,20	6,84	7,22	7,50	8,01	8,30
4	6,19	6,76	7,13	7,40	7,90	8,18
5	6,09	6,60	6,91	7,37	7,82	8,10

Kesimpulan Hasil Pemodelan HEC-HMS

Berdasarkan hasil pemodelan yang dilakukan dengan HEC-HMS didapatkan perbedaan hasil antara skenario 1 (tutupan lahan sesuai kondisi saat ini) dan skenario 2 (tutupan lahan sesuai RTRW Provinsi Sulawesi Selatan). Dapat dilihat perbedaan yang secara signifikan yaitu perbedaan debit puncak yang relatif lebih besar pada skenario 1 dibandingkan dengan skenario 2. Selain itu, TMA pada skenario 2 lebih rendah dibandingkan dengan TMA pada skenario 1 untuk setiap periode ulang debit banjir dan masing – masing tinggi bukaan pintu.

Optimalisasi Operasi Bendung Gerak

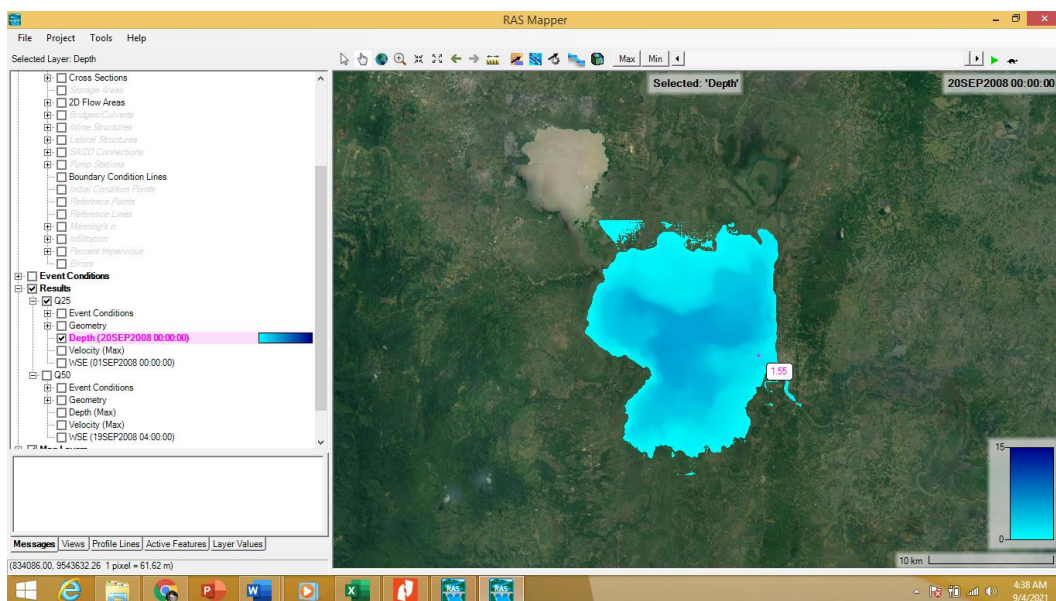
Optimalisasi operasi Bendung Gerak Tempe dilakukan dengan cara mensimulasikan beberapa alternatif tinggi bukaan pintu pada bendung gerak. Proses simulasi yang dilakukan merupakan alternatif tinggi bukaan pintu pada bendung gerak yang dilakukan pada pemodelan HEC-HMS. Terdapat beberapa alternatif elevasi bukaan pintu yang memiliki dampak kaitan terhadap tinggi muka air pada Danau Tempe. Semakin tinggi bukaan pintu pada bendung gerak akan mengakibatkan tinggi muka air pada danau semakin turun, yang mana hal itu sangat berpengaruh terhadap genangan yang terjadi di sekitar Danau Tempe. Adapun hasil optimalisasi tinggi muka air pada Bendung Gerak Tempe untuk setiap tinggi bukaan pintu dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Optimalisasi Tinggi Muka Air pada Bendung Gerak Tempe Berdasarkan Tinggi bukaan Pintu

Tinggi Bukaan Pintu (m)	Tinggi Muka Air pada Bendung Gerak Tempe (m)					
	TR 2	TR 5	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
1	6,93	7,52	7,88	8,12	8,62	8,90
2	6,62	7,23	7,61	7,86	8,36	8,65
3	6,34	6,98	7,36	7,62	8,14	8,43
4	6,30	6,89	7,26	7,53	8,03	8,31
5	6,20	6,79	7,25	7,48	7,95	8,22

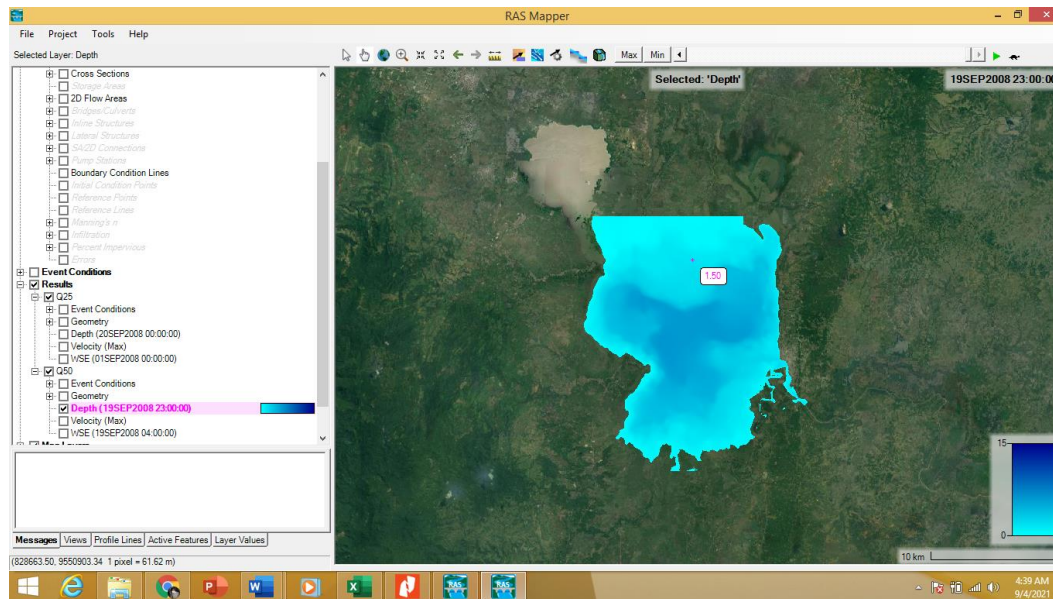
Pemodelan Hidrodinamika 2D

Pemodelan hidrodinamika 2D dilakukan dengan bantuan perangkat lunak HEC-RAS. Hasil pemodelan hidrodinamika 2D berupa luas genangan banjir di sekitar Danau Tempe untuk TMA debit banjir periode ulang 25 tahun (Q_{25}) dan periode ulang 50 tahun (Q_{50}) yang dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Luas Genangan untuk TMA Q_{25}

Kajian Optimasi Kapasitas Danau Tempe untuk Mengurangi Banjir di Kabupaten Sidrap, Kabupaten Soppeng, dan Kabupaten Wajo - Provinsi Sulawesi Selatan



Gambar 9. Luas Genangan untuk TMA Q₅₀

Analisis Luas Genangan Banjir

Berdasarkan permodelan yang dilakukan menggunakan HEC-HMS dan HEC-RAS didapatkan tinggi muka air pada Danau Tempe sehingga akan dapat mempengaruhi luas genangan banjir di sekitar Danau Tempe. Adapun luas daerah tergenang yang terdampak dari luapan danau dilakukan analisis berbasis spasial analisis menggunakan perangkat lunak Arc-GIS. Analisis luas daerah tergenang ditinjau berdasarkan debit banjir Q₂₅ dan Q₅₀ untuk setiap tinggi bukaan pintu.

Tabel 11. Rekapitulasi Luas Daerah Tergenang Q₂₅ untuk Setiap Tinggi Bukaan Pintu

Kabupaten	Luas Daerah Tergenang untuk Setiap Tinggi Bukaan Pintu (Ha)				
	1 Meter	2 Meter	3 Meter	4 Meter	5 Meter
Wajo	8321,5	6128,7	5429,6	5143,2	4931,9
Sidrap	362,8	295,8	228,2	195,9	169,3
Soppeng	1173,7	899,0	718,5	651,0	591,4
Total	9857,9	7323,5	6376,3	5990,1	5692,6

Tabel 12. Rekapitulasi Luas Daerah Tergenang Q₅₀ untuk Setiap Tinggi Bukaan Pintu

Kabupaten	Luas Daerah Tergenang untuk Setiap Tinggi Bukaan Pintu (Ha)				
	1 Meter	2 Meter	3 Meter	4 Meter	5 Meter
Wajo	9661,233	9198,184	8463,55	7507,089	6478,821
Sidrap	684,505	441,6342	366,1661	344,4191	319,1312
Soppeng	1546,261	1304,081	1183,43	1111,568	985,6751
Total	11892	10943,9	10013,15	8963,076	7783,627

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pemodelan yang dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan hal-hal sebagian berikut:

1. *Inflow* yang masuk ke Danau Tempe berdasarkan hasil pemodelan menggunakan HEC-HMS dengan kedua skenario tutupan lahan yaitu sesuai kondisi saat ini didapatkan debit puncak sebesar 11.825,83 m³/s dan kondisi sesuai RTRW Provinsi Sulawesi Selatan sebesar 11.606,62 m³/s;
2. Luas genangan yang terjadi berdasarkan hasil analisis spasial dengan debit banjir Q₂₅ didapatkan luasan total terbesar daerah tergenang sebesar 9857,9 ha dan terkecil sebesar 5692,6 ha. Sedangkan hasil analisis spasial luas daerah tergenang dengan debit banjir Q₅₀ didapatkan luasan total terbesar daerah tergenang sebesar 11892 ha dan terkecil sebesar 7783,62 ha;
3. Semakin besar tinggi bukaan pintu pada Bendung Gerak Tempe akan mengakibatkan penurunan volume pada Danau Tempe dikarenakan meningkatnya *outflow* yang keluar melalui bendung gerak. Maka semakin besar tinggi bukaan pintu dapat mereduksi luas genangan yang terjadi di sekitar danau.

4. Kapasitas Danau Tempe yang optimal untuk mengurangi genangan banjir yang terjadi yaitu dengan mempertahankan Tinggi Muka Air (TMA) pada elevasi +7,53 m dengan membuka tinggi bukaan pintu Bendung Gerak Tempe 4 m.

Daftar Notasi

- n = Koefisien *manning*
 Q_{25} = Debit aliran periode ulang 25 tahun
 Q_{50} = Debit aliran periode ulang 50 tahun
 R = Intensitas hujan selama t jam
 R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam

Daftar Pustaka

- Anonim, 2008, "HEC-RAS River Analysis System : User's Manual, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Centre. ASCE", Hydrology Handbook, ASCE, USA. 1986
- Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pompengan – Jeneberang., 2018, Dokumen Detail Desain Revitalisasi Danau Tempe.
- Brunner, G.W. (2016) HEC-RAS River Analysis System. 2D Modeling User's Manual. US Army Corps of Engineers, USA.
- Daru, T., Andawayanti, U., & Limantara, L. M. (2016). Analisis Perubahan bilangan kurva aliran permukaan (runoff curve number) terhadap debit banjir pada DAS Brantas Hulu. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 7(1), 150-159.
- Hadisusanto, S., 2015. Kontribusi Biologi dalam Pengelolaan dan Pengembangan Danau di Indonesia. In Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar. Yogyakarta: Universitas Gajahmada.
- Hajibayov, F., Ozkul, B. D. dan Terzi, F. (2017) 'Floodplain Modeling and Mapping Using The Geographical Information Systems (GIS) and HecRAS/Hec-GeoRAS Applications. Case of Edirne, Turkey.', in *GISRUK 2017*. Manchester, UK.
- Indarto. (2012). Hidrologi – Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Jakarta : Bumi Aksara.
- Istiarto. 2014. Modul Pelatihan Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS. Universitas Gadjah Mada
- Panjaitan, A., Sudarsono, B., & Bashit, N. (2019). Analisis Kesesuaian Penggunaan Lahan Terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Di Kabupaten Cianjur Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 248-257.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2009. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau Dan/Atau Waduk.
- Quiroga, V. M., Kure, S., Udo, K. dan Mano, A. (2016) 'Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5', *RIBAGUA – Revista Iberoamericana del Agu. IAHR y WCCE*, 3(1), pp. 25–33. doi: 10.1016/j.riba.2015.12.001.
- Rahman, M. M. dan Ali, M. M. (2016) 'Flood Inundation Mapping of Floodplain of the Jamuna River Using HECRAS and HEC-GeoRAS', *Journal of PU*, 3(2), pp. 24–32.
- Rante, N. R., Sumarawu, J. S., & Wuisan, E. M. (2016). Analisis Debit Banjir Anak Sungai Tikala Pada Titik Tinjauan Kelurahan Banjer Link. V Kecamatan Tikala Dengan Menggunakan HEC-HMS Dan HEC-RAS. *TEKNO*, 14(65).
- SNI 2415:2016. (2016). Tata cara perhitungan debit banjir rencana. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Soewarno. 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data. Bandung: Nova
- Triatmodjo, B. (2010). *Hidrologi terapan*. Beta Offset.