Naskah Jurnal Ilmiah

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

Kajian Penanganan Banjir di Kawasan Mamminasata

R. Karamma[1], R. T. Lopa[1], I Ridwan[1], M. R. Mustamin[2], A. L. Sinrang[1], S. P. Manda, H. Djufri[2], N.I Sari[1], A. M. Daude[1], D. Arsal[3], A. F. Yahya[3], Amirullah[3], and M. Arsani[3]

[1]Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Jl. Poros Malino Km.6, Gowa, 92171

[2]Prodi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Km. 10 Tamalanrea, Makassar, 90245

[3]Prodi Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah Prov. Sulawesi Selatan, JL. Jend Urip Sumoharjo No.269, Sinrijala, Panakkukang, Makassar, 90232

[1]riswalk@unhas.ac.id*, [2]rifaldi.mustamin@poliupg.ac.id,[3]dermayana@yahoo.com,

Abstract:

Kawasan Mamminasata merupakan salah satu wilayah dengan tingkat kerawanan banjir tinggi di Sulawesi Selatan akibat kombinasi faktor alam dan aktivitas manusia, seperti curah hujan ekstrem, keterbatasan kapasitas sungai, perubahan tata guna lahan, serta perkembangan kawasan perkotaan yang pesat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi daerah rawan banjir, menganalisis penyebab utama banjir, serta merumuskan strategi penanggulangan dan pengendalian banjir yang terpadu berbasis Daerah Aliran Sungai (DAS). Kajian dilakukan pada empat DAS utama, yaitu DAS Maros, DAS Pappa, DAS Jeneberang, dan DAS Tallo, menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis meliputi pemodelan hidrologi dengan metode HSS-SCS menggunakan HEC-HMS, pemodelan hidraulika dua dimensi menggunakan HEC-RAS 2D, serta analisis potensi erosi dengan metode USLE. Hasil simulasi menunjukkan bahwa banjir umumnya dipicu oleh keterbatasan kapasitas sungai dalam menampung debit banjir rencana, kontribusi signifikan dari anak sungai, sedimentasi alur sungai, dan penyempitan penampang akibat aktivitas manusia. Zonasi daerah rawan banjir terbagi ke dalam tiga kelas, yaitu rendah, sedang, dan tinggi, dengan kerawanan tertinggi terkonsentrasi di wilayah hilir dan kawasan perkotaan. Berdasarkan hasil kajian, dirumuskan strategi penanganan banjir terpadu yang mencakup upaya struktural dan non-struktural, seperti normalisasi sungai, pembangunan tanggul dan kolam retensi, konservasi lahan hulu, pengendalian pemanfaatan ruang, serta penguatan sistem peringatan dini dan kesiapsiagaan masyarakat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar perencanaan pengendalian banjir yang berkelanjutan di Kawasan Mamminasata.

Keywords*: banjir, Mamminasata, DAS, HEC-RAS 2D, SIG, pengendalian banjir.*

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

I. INTRODUCTION

Permasalahan banjir merupakan salah satu masalah klasik yang sering melanda Indonesia, khususnya di kawasan kota yang disebabkan oleh faktor alam dan faktor manusia, sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis dan di luar kemampuan masyarakat dengan segala sumber dayanya [1][2].

Berbagai kerusakan dan kehilangan tersebut akan menyebabkan angka kemiskinan di suatu wilayah yang terkena banjir akan meningkat. Oleh karena itu, penanggulangan banjir tidak hanya bersifat reaktif atau melakukan penanggulangan setelah terjadi banjir. Tetapi penanggulangan banjir juga bisa bersifat antisipatif, yakni melakukan pengkajian dan tindakan pencegahan untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya banjir[3][4]. Bencana banjir merupakan sesuatu yang bisa diprediksi waktu dan tempat kejadiannya. Hal tersebut didukung dengan adanya kemajuan teknologi saat ini yang telah mengarah pada upaya-upaya penanganan prabencana banjir dengan melihat data kejadian sebelumnya. Selain itu, upaya peringatan dini menjadi hal yang sangat vital untuk mengurangi dampak risiko akibat banjir yang dapat terjadi sewaktu-waktu [5][6].

Fenomena banjir yang terjadi di kawasan Mamminasata dalam beberapa tahun terakhir, seperti banjir besar di Makassar dan Gowa (Januari 2019), menjadi peringatan akan perlunya upaya sistematis dalam pengelolaan kawasan rawan banjir. Selain faktor curah hujan ekstrem, persoalan daya tampung sistem drainase perkotaan, keberadaan permukiman di sempadan sungai, serta lemahnya pengendalian pemanfaatan ruang menjadi penyebab utama banjir yang terus berulang.Data kejadian banjir di Mamminasata menunjukkan urgensi penanganan terpadu. BNPB (2024) mencatat dalam 10 tahun terakhir telah terjadi banjir di Kota Makassar (14 kejadian), Gowa (9 kejadian), Maros (8 kejadian), serta Takalar (6 kejadian) [7].

Bencana banjir dapat ditanggulangi secara komprehensif melalui pendekatan pengurangan risiko bencana (PRB). Penanggulangan bencana (PB) melalui pendekatan PRB mempertimbangkan tiga komponen, yaitu ancaman, kerentanan, dan kapasitas. Upaya mengurangi risiko bencana berarti upaya mengurangi ancaman mengurangi kerentanan, dan/atau meningkatkan kapasitas [8].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas, diperlukan studi komprehensif penanggulangan dan pengendalian banjir yaitu melakukan identifikasi daerah-darah yang berpotensi terjadinya banjir beserta penyebab terjadinya bencana, pola pemanfaatan sumber daya alam yang bersangkutan, kegiatan pengendalian bencana yang telah dan sedang diusahakan hingga penetapan pola pengendalian bencana dan penetapan infrastruktur pokok penunjang mitigasi bencana yang dibutuhan melalui Kajian Penanganan Banjir di Kawasan Mamminasata.

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

II. MATERIALS AND METHODOLOGY

2.1. Lokasi Kajian

Kegiatan studi ini berbasis pada pendekatan Daerah Aliran Sungai (DAS), sehingga lokasi kajian difokuskan pada empat DAS utama yang memiliki tingkat kerawanan banjir tinggi dan memberikan dampak signifikan terhadap wilayah Mamminasata, yaitu DAS Tallo, DAS Jeneberang, DAS Maros, dan DAS Pappa.

Pemilihan lokasi ini didasarkan pada pertimbangan bahwa strategi dan kebijakan penanganan banjir yang komprehensif dan terpadu memerlukan pendekatan pengelolaan sumber daya air dari hulu ke hilir secara menyeluruh. Pendekatan ini tidak dibatasi oleh batasan administratif wilayah, namun mengikuti satuan hidrologis DAS sebagai unit perencanaan. Terutama, DAS Jeneberang dan DAS Maros melintasi beberapa kabupaten/kota di kawasan Mamminasata, sehingga diperlukan integrasi lintas wilayah dalam penanganannya.Lokasi kajian/studi dapat dilihat Gambar 1.

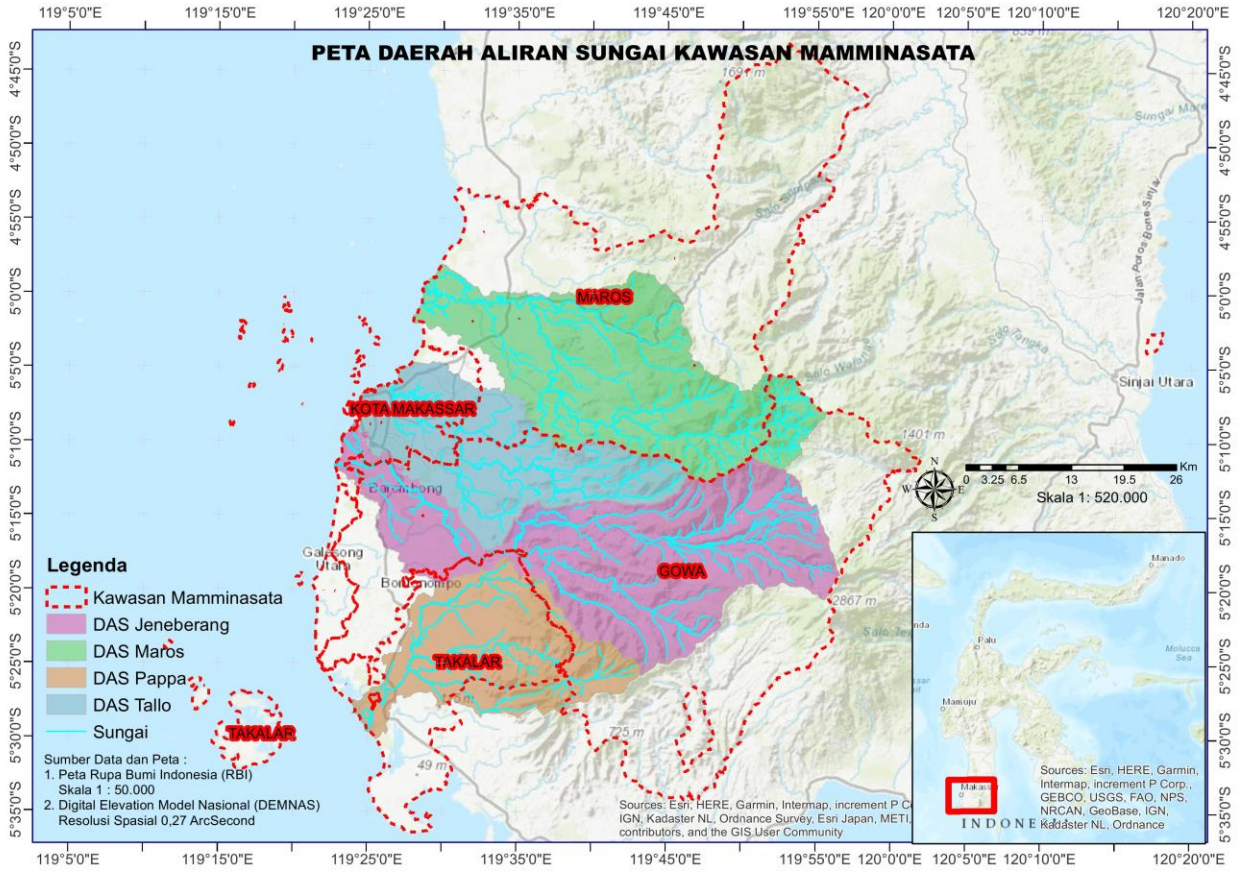


Fig 1. Lokasi Studi

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang (BBWS-PJ), Badan Informasi

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

Geospasial (BIG)dan data relevan yang dipublikasikan di website. Data yang dikumpulkan dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional adalah curah hujan satelit yaitu TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission). Data yang dikumpulkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang adalah data jenis tanah. Data yang dikumpulkan dari Badan Informasi Geospasial adalah data topografi DEMNAS dan data spasial pola guna lahan. Sedangkan data primer yang digunakan yaitu data topografi pada palung sungai dan data kondisi eksiting lokasi penelitian.

Untuk mencapai tujuan penelitian maka pendekatan kajian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Metode analisis kuantitatif digunakan dengan menggunakan pendekatan analisis superimpose/overlay dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) yaitu untuk menganalisis pola ruang pada kawasan rawan bencana banjir. Penetapan pola ruang pada kawasasan rawan banjir ini sangat erat kaitannya dengan kejadian banjir yang pernah terjadi di lokasi penelitian. Sehingga validasi dari pola ruang kawasan rawan banjir didasarkan pada hasil wawancanara dan penyebaran kuesioner terkait kejadian banjir historis yang pernah terjadi salama 10 tahun terakhir/kejadian banjir terparah.

Selain itu, penelitian ini juga dilakukan dengan pendekatan obeservasi lapangan / wilayah penelitian dengan maksud untuk mengetahui parameter-parameter dan karakteristik DAS yang akan menjadi bahan masukan dalam menyusun model baik model hidrologi maupun model hidraulik untuk menganalisis terkait daerah rawan banjir. Observasi lapangan juga difokuskan mencari faktor penyebab banjir baik karan faktor alam maupun faktor non alam (ulah manusia/aktivitas masyarakat). Hasil dari analisis ini bisa memudahkan cara identifikasi sumber bencana secara sistematis sehingga diperoleh suatu strategi penanganan banjir dengan teknik mitigasi bencana yang efektif dan efisien untuk diterapkan pada kawasan rawan bencana banjir di Kawasan Mamminasata.

2.2. Analisis Survey Foto Udara

Tahapan dalam pemetaan lansekap sungai menggunakan teknologi UAV terbagi atas 5 yaitu survei awal lokasi yang akan dipetakan (map site), pre-flight field work untuk pemasangan GCP dan uji wahana UAV, misi penerbangan UAV, quality check dan pemrosesan data dan ekstraksi data. Hasil analisis ini akan diperoleh data topografi pada palung sungai yang kemudian di kombinasikan dengan DEMNAS menjadi bahan inputan terrain dalam HEC-RAS.

2.3. Analisi Erosi Metode USLE (Universal Soil Loss Equation)

Dalam USLE, kehilangan tanah tahunan rata-rata dinyatakan sebagai fungsi dari enam faktor erosi:

$$E = R \times K \times LS \times CP \quad \text{..... (1)}$$

Dimana E adalah jumlah tanah yang hilang rata – rata setiap tahun (ton/ha/tahun), R adalah indeks daya erosi curah hujan/erosivitas hujan (Kj/ha), K adalah indeks kepekaan tanah terhadap

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

erosi/erodibilitas tanah (ton/kj), L adalah faktor panjang, S adalah faktor kemiringan, C adalah faktor pengelolaan tanaman dan P adalah faktor pengolahan lahan [9].

2.4. Analisis Hidrologi Metode SCS-SUH (Soil Conservation Service Synthetic Unit Hydrograph)

Analisis ini menggunakan data-data yang diambil dari instansi terkait berupa data curah hujan dan data topografi. Dari data-data tersebut akan dianalisis sampai memperoleh debit banjir rancangan. Analisis hidrologi disini juga secara tidak langsung menafsirkan pengaruh intensitas hujan, relief/topografi, infiltrasi tanah dan penggunaan lahan [9][10][11].

HSS SCS merupakan hidrograf satuan tak berdimensi, dimana metode ini memperhitungkan pengaruh jenis tanah dan pola guna lahan dan dapat dihitung menggunakan bantuan aplikasi HEC-HMS. Berikut merupakan persamaan yang digunakan dalam metode HSS-SCS [12] :

$$U_p = C\frac{A}{T_p} \quad \text{..... (2)}$$

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \quad \text{..... (3)}$$

$$t_p = 0.6 \cdot t_c \quad \text{..... (4)}$$

$$t_c = \left(\frac{0.87 \times L^2}{1000 \times S}\right)^{0,385} \quad \text{..... (1)}$$

Dimana Up adalah debit puncak, A adalah luas DAS, Tp adalah waktu puncak, C adalah konstanta (2,08), Δt adalah jangka waktu kelebihan hujan, tp adalah time lag (jam), tc adalah waktu kosentrasi, L adakah panjang sungai (km), dan S adalah kemiringan sungai (m/m).

2.5. Analisis Hidrolika dan Rambat Banjir Menggunakan Aplikasi HEC-RAS

Data yang diperukan pada analisis ini yaitu data penampang topografi hasil kombinasi pengukuran penampang sungai dan DEMNAS serta data debit banjir dengan periode ulang 20 tahun. Setelah data penampang sungai dan debit banjir rencana sudah didapatkan, maka data tersebut di input ke dalam aplikasi HEC-RAS kemudian di running. Hasil dari running tersebut kita dapat mengetahui sebaran banjir yang terjadi dan tingga muka air banjir sebagai acuan dalam penyusunan strategi dan kebijakan penanggulangan banjir.

2.6. Penyusunan Model Spasial Daerah Rawan Banjir

Penyusunan model spasial Daerah Rawan Banjir disusun berdasarkan kedalaman banjir yang terjadi pada Sungai di Kawasan Mamminasata. Kasifikasi zonasi daerah rawan banjir dapat dilihat pada Tabel 1 [13].

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

Table 1. Komponen Indeks Ancaman Bencana Banjir

Komponen Indikator	Kedalaman (m)	Kelas
Peta zonasi daerah rawan banjir (divalidasi dengan data kejadian	<0,76	Rendah
	0,76 - 1,5	Sedang
	>1,5	Tinggi

2.7. Rumusan Strategi Penangulangan dan Pengendalian Banjir

Apabila telah diketahui daerah-daerah rawan banjir hasil dari pemodelan, maka langkah selanjutnya untuk meminimalkan dampak banjir di Kawasan Mamminasata yaitu dilakukan penanggulangan dan pengendalian banjir untuk melindungi dan meminimalkan dampak banjir akibat luapan Sungai. Untuk lebih jelasnya proses penyusunan strategi dan kebijakan dapat dilihat pada Gambar 2.

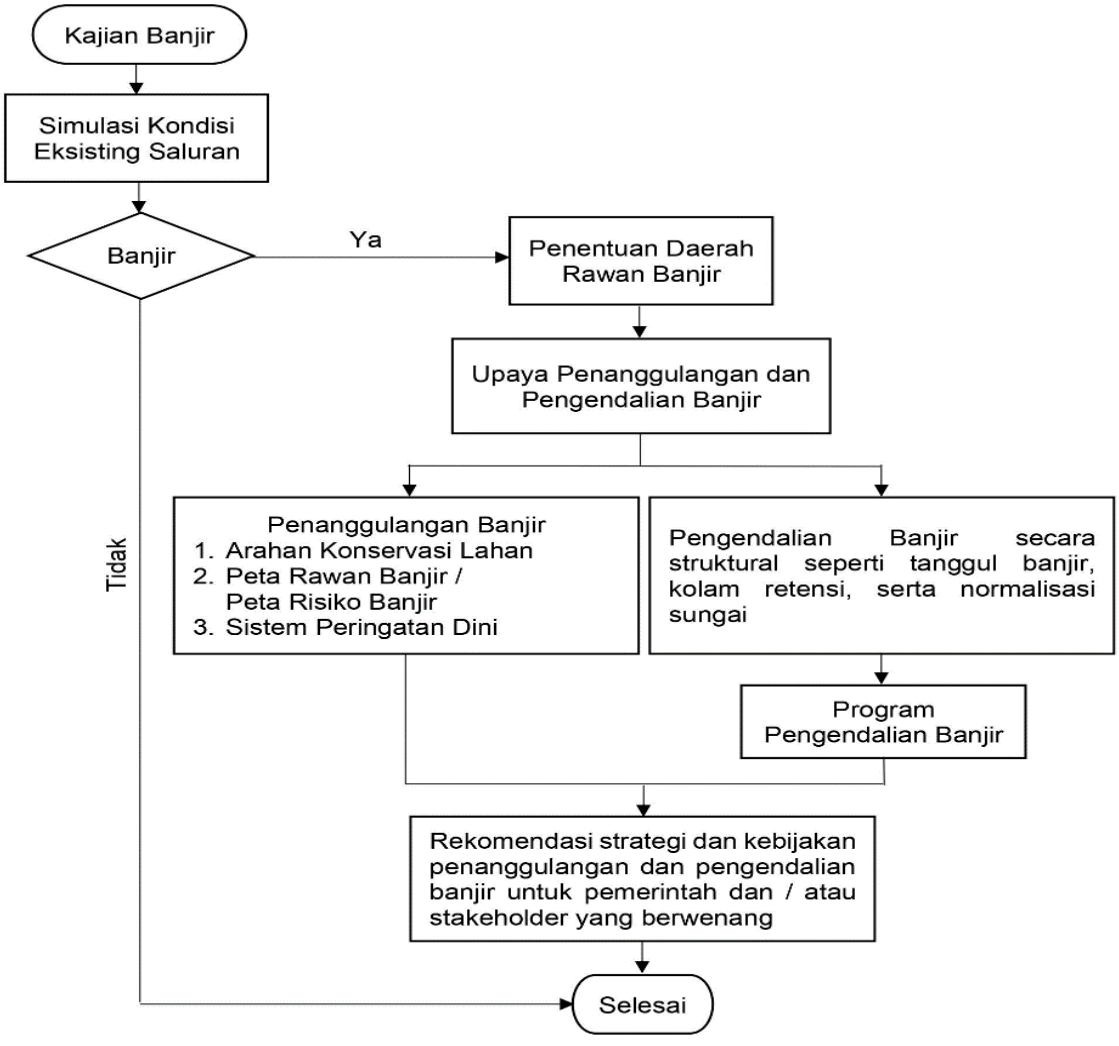


Fig 2. Proses Penyusunan Strategi Penanggulangan dan Pengendalian banjir

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

III. RESULT AND DISCUSSION

3.1. Analisis Topografi

Kegiatan survey topografi menggunakan teknologi pesawat tanpa awak/drone merupakan salah satu bagian dari kegiatan kajian penanggulangan dan pengendalian banjir dan merupakan bagian utama dari proses simulasi model numerik 2D yang nantinya sangat menentukan daerah – daerah terdampak banjir dan langkah – langkah penanggulangan dan pengendalian banjir.

Pemrosesan data dan quality check dilakukan menggunakan software Agisoft Photo Scan Professional Version 1.4.1. Pemrosesan data diawali dengan rekonstruksi jalur terbang, penyusunan foto, input GCP, pembangunan dense point cloud, pembangunan DEM dan ortofoto. Data yang diekstraksi dari hasil pemrosesan data terdiiri atas data raster (foto udara dalam format tif dan DEM) dan data vektor berupa point, line, and polygon dan object. Untuk memperluas jangkauan wilayah topografi, maka selain data dari hasil pengukuran drone maka akan dikombinasikan dengan DEMNAS yang telah dikoreksi sesuai dengan hasil olahan topografi drone (DSM). Hasil analisi topogtafi dapat dilihat pada Gambar 3.

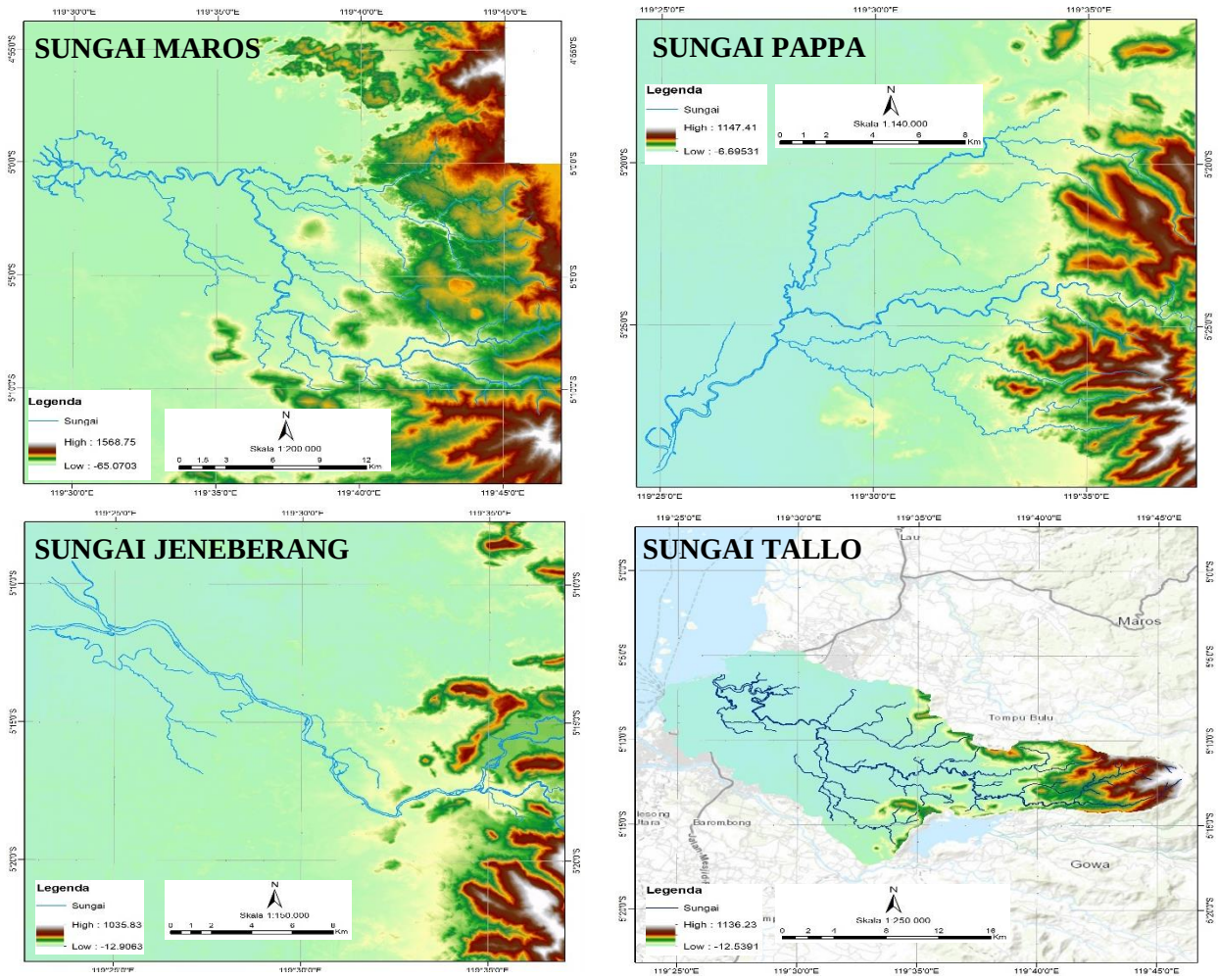


Fig 3. Digital Terrain Model Hasil Pengukuran dan Kombinasi DEMNAS

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

Data topografi ini akan digunakan sebagai data dasar/inputan untuk simulasi numerik 2D dalam aplikas HEC-RAS.

3.2. Analisis Potensi Bahaya Erosi

Berdasarkan formula USLE yang digunakan, maka diperlukan empat jenis data sebagai dasar perhitungan potensi bahaya erosi, yaitu data curah hujan untuk perhitungan indeks erosivitas hujan, peta jenis tanah, kemiringan, dan peta penutupan lahan.

Nilai laju erosi yang didapat dari analisis dengan metode USLE dan dibantu dengan software GIS, yang kemudian diklasifikasikan menjadi 5 Tingkat Bahaya Erosi yaitu very low (<15ton/ha/tahun), low (16 – 60 ton/ha/tahun), medium (60 – 180 ton/ha/tahun), high (180 – 480 ton/ha/tahun), dan very high (> 480 ton/ha/tahun) [14]–[16]. Pemetaan Tingkat Bahaya Erosi pada wilyah Mamminasata dapat dilihat pada Gambar 4.

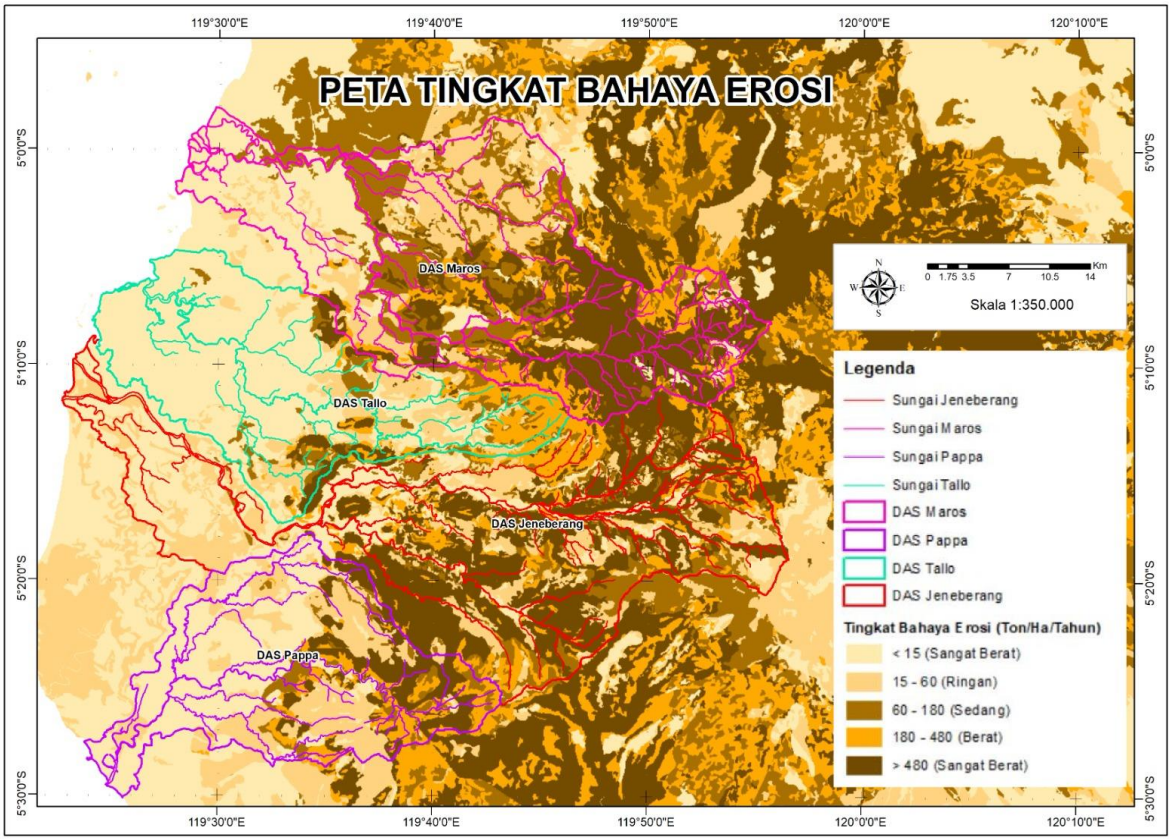


Fig 4. Peta Zona Tingkat Bahaya Erosi

Dari peta tingkat bahaya erosi (Gambar 4) secara visual dapat dilihat bahwa sebagaian besar Tingkat Bahaya Erosi berat tersebar di bagian tengah dan ke arah hilir DAS, sedangkan Tingkat Bahaya Erosi sedang dan ringat tersebar di bagian tengah DAS dan bagian Hulu DAS.

Hasil analisis spasial diperoleh gambaran bahwa sebagian besar DAS di Kawasan Mamminasata dikategorikan memiliki tingkat bahaya erosi berat. Hal ini sejalan dengan hasil

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

inventarisasi yang menujukkan bahwa terdapat beberapa titik sedimentasi pada Sungai Utama yang menyebabkan berkurangnya kapasitas tampung dalam mengalirkan debit banjir sehingga terjadi luapan di beberapa titik tertentu.

3.3. Analisis Debit Banjir Rancangan

Pada analisis debit banjir rancangan dengan metode HSS SCS menggunakan bantuan aplikasi HEC-HMS 4.8, dimana parameter – parameter yang dibutuhkan yaitu karakteristik DAS yang lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2 dan data curah hujan efektif hasil analisis mononobe yang dapat dilihat pada Tabel 3 - 6.

Table 2. Parameter Bahan Inputan HEC HMS

No	Parameter Fisik	Daerah Aliran Sungai			
		Jeneberang	Tallo	Maros	Pappa
1	Luas DAS (km^2)	782.85	437.01	676.54	400.59
2	Panjang Sungai (km)	76.90	74.21	76.34	56,96
3	Elevasi Hulu (mdpl)	+1680	+785.00	+1085	+668.00
4	Elevasi Hilir (mdpl)	+0	+0	+0	+0
5	Kemiringan Sungai	0.024	0.012	0.015	0.013

Table 3. Hasil Perhitungan Distrubusi Hujan Jam – Jaman Metode Mononobe di DAS Maros

t	Rt	Hujan Netto (Rn, mm) dengan Kala Ulang (Tahun)							
		2	5	10	20	25	50	100	1000
		167.9	219.53	253.67	286.42	296.81	328.81	360.57	465.53
(Jam)	(%)	Hujan Netto Jam-jaman = Rn x Rt							
1	55.03%	92.43	120.81	139.60	157.62	163.34	180.95	198.43	256.19
2	14.30%	24.03	31.40	36.28	40.97	42.46	47.03	51.58	66.59
3	10.03%	16.85	22.03	25.45	28.74	29.78	32.99	36.18	46.71
4	7.99%	13.42	17.54	20.26	22.88	23.71	26.27	28.80	37.19
5	6.75%	11.33	14.81	17.11	19.32	20.02	22.18	24.32	31.40
6	5.90%	9.90	12.94	14.96	16.89	17.50	19.39	21.26	27.45

Table 4. Hasil Perhitungan Distrubusi Hujan Jam – Jaman Metode Mononobe di DAS Pappa

t	Rt	Hujan Netto (Rn, mm) dengan Kala Ulang (Tahun)							
		2	5	10	20	25	50	100	1000
		153.7	182.15	199.06	214.06	217.03	232.52	246.03	286.81
(Jam)	(%)	Hujan Netto Jam-jaman = Rn x Rt							
1	55.03%	84.61	100.24	109.55	117.80	119.44	127.96	135.40	157.84
2	14.30%	21.99	26.05	28.47	30.62	31.04	33.26	35.19	41.02
3	10.03%	15.43	18.28	19.97	21.48	21.78	23.33	24.69	28.78
4	7.99%	12.28	14.55	15.90	17.10	17.34	18.57	19.65	22.91
5	6.75%	10.37	12.29	13.43	14.44	14.64	15.68	16.60	19.35
6	5.90%	9.07	10.74	11.74	12.62	12.80	13.71	14.51	16.91

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

Table 5. Hasil Perhitungan Distrubusi Hujan Jam – Jaman Metode Mononobe di DAS Jeneberang

t	Rt	Hujan Netto (Rn, mm) dengan Kala Ulang (Tahun)							
		2	5	10	20	25	50	100	1000
		157.0	230.73	282.24	332.84	343.42	401.60	456.56	646.66
(Jam)	(%)	Hujan Netto Jam-jaman = Rn x Rt							
1	55.03%	86.42	126.97	155.33	183.17	188.99	221.01	251.25	355.87
2	14.30%	22.46	33.00	40.37	47.61	49.12	57.45	65.31	92.50
3	10.03%	15.76	23.15	28.32	33.40	34.46	40.30	45.81	64.89
4	7.99%	12.54	18.43	22.55	26.59	27.43	32.08	36.47	51.66
5	6.75%	10.59	15.56	19.04	22.45	23.17	27.09	30.80	43.62
6	5.90%	9.26	13.60	16.64	19.63	20.25	23.68	26.92	38.13

Table 6. Hasil Perhitungan Distrubusi Hujan Jam – Jaman Metode Mononobe di DAS Tallo

t	Rt	Hujan Netto (Rn, mm) dengan Kala Ulang (Tahun)							
		2	5	10	20	25	50	100	1000
		174.7	215.86	241.14	264.01	268.59	292.71	314.09	380.30
(Jam)	(%)	Hujan Netto Jam-jaman = Rn x Rt							
1	55.03%	96.15	118.79	132.70	145.29	147.81	161.09	172.85	209.29
2	14.30%	24.99	30.88	34.49	37.76	38.42	41.87	44.93	54.40
3	10.03%	17.53	21.66	24.20	26.49	26.95	29.37	31.52	38.16
4	7.99%	13.96	17.24	19.26	21.09	21.46	23.38	25.09	30.38
5	6.75%	11.79	14.56	16.27	17.81	18.12	19.75	21.19	25.65
6	5.90%	10.30	12.73	14.22	15.57	15.84	17.26	18.52	22.42

Data karakteristik masing – masing sub DAS yang diperoleh kemudian di input ke dalam software HEC-HMS untuk mengetahui besaran debit banjir dengan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menujukan hidrograf banjir dari DAS di Kawasan Mamminasata, semuanya memiliki pola yang hampir mirip namun waktu puncak dan debit maksimum yang berbeda akibat perbedaan luas area tangkapan. Hasil ini akan menjadi bahan inputan dalam simulasi/analisis hidrolika.

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

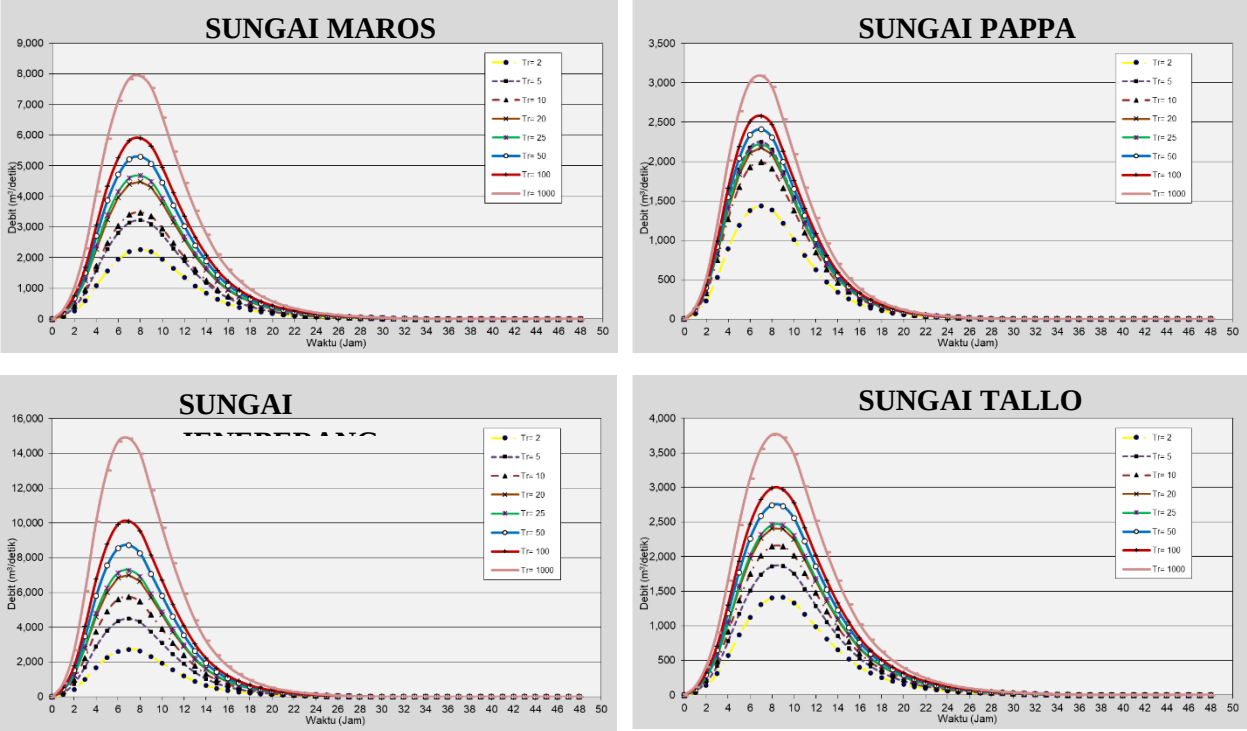


Fig 5. Hidrograf Banjir DAS di Kawasan Mamminasata

3.4. Simulasi Hidrolis Kondisi Eksisting Sungai di Kawasan Mamminsata

Simulasi/pemodelan hidrolis dilakukan untuk Simulasi pada kondisi eksisting sungai untuk mengetahui fenomena – fenomena yang terjadi pada saat banjir terjadi dan sebagai acuan dalam pemilihan pengendalian/penanggulangan banjir di area Kawasan Mamminasata.

Pemilihan debit banjir sungai untuk simulasi dilakukan terhadap beberapa kala ulang banjir berdasarkan hasil analisis hidrologi yang telah dilakukan. Untuk DAS Maros dan DAS Pappa yang termasuk dalam kategori sungai yang berada di ibukota kabupaten/kota harus mampu menampung debit banjir kala ulang 20 tahun, sedangkan untuk .DAS Tallo dan DAS Jeneberang yang melalui Kota Makassar yang merupakan Ibu Kota Provinsi Sulawesi Selatan maka simulai menggunakan kala ulang 50 tahun.[17].

Hasil simulasi memberikan informasi potensi daerah yang terdampak banjir banjir di dalam area kajian berdasarkan data topografi/terrain sehingga diperoleh kedalaman maksimum berdasarkan debit banjir kala ulang. Berdasarkan hasil running HEC-RAS dengan menggunakan data dari analisis hidrologi, maka didapat tinggi banjir dan luas genangan setiap periode ulang yang terjadi pada daerah hulu, pertengahan dan hilir objek kajian. Hasil simulasi banjir menggunakan HEC-RAS 2D dapat dilihat pada Gambar 6.

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

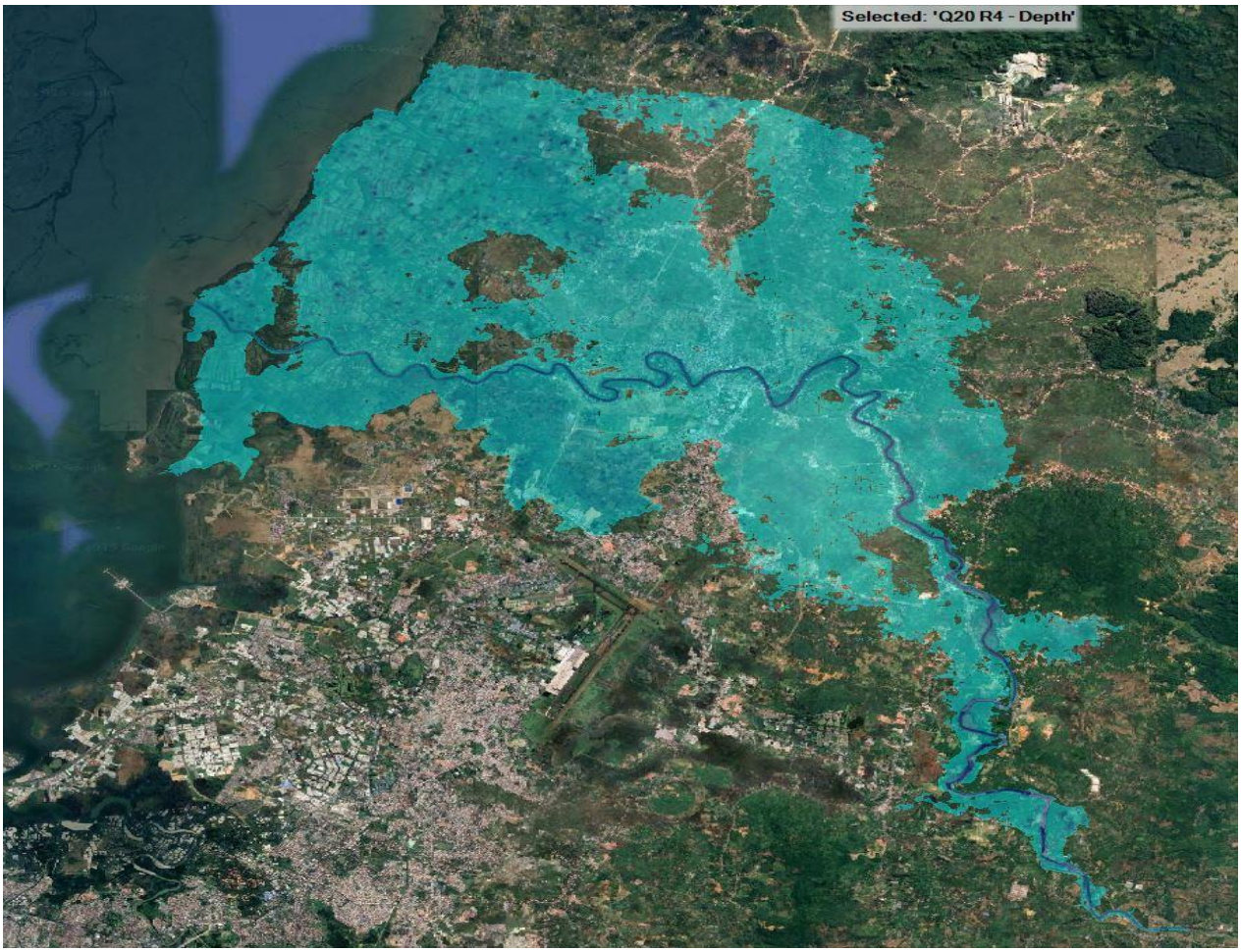


Fig 6. Hasil Simulasi HEC-RAS 2D Sungai Maros

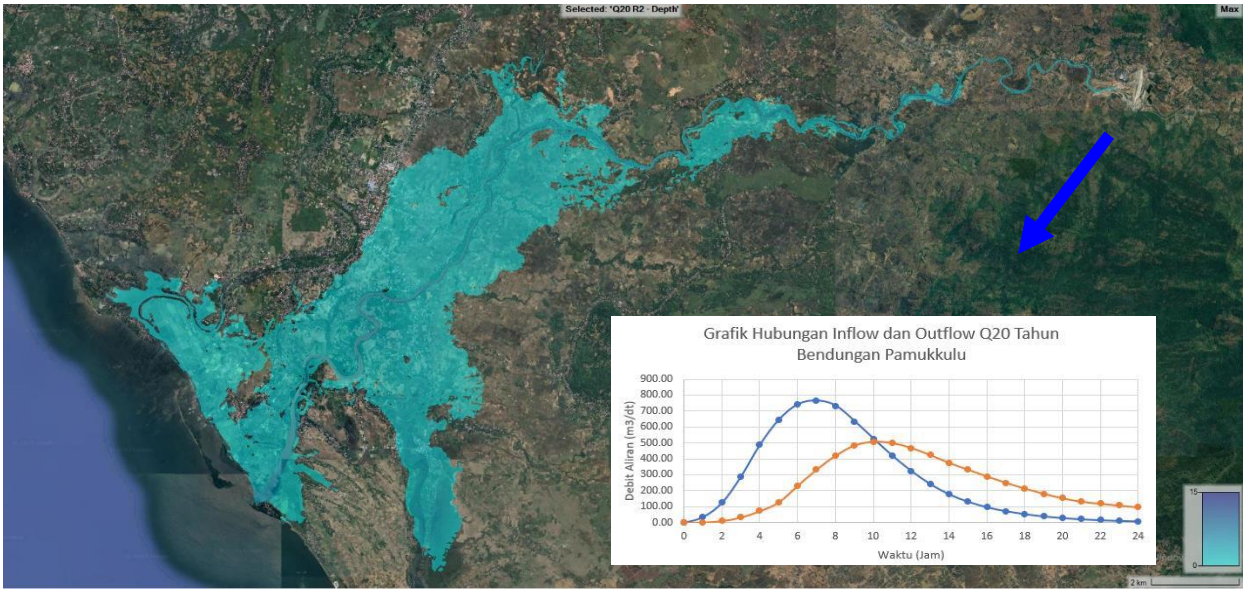


Fig 7. Hasil Simulasi HEC-RAS 2D Sungai Pappa

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

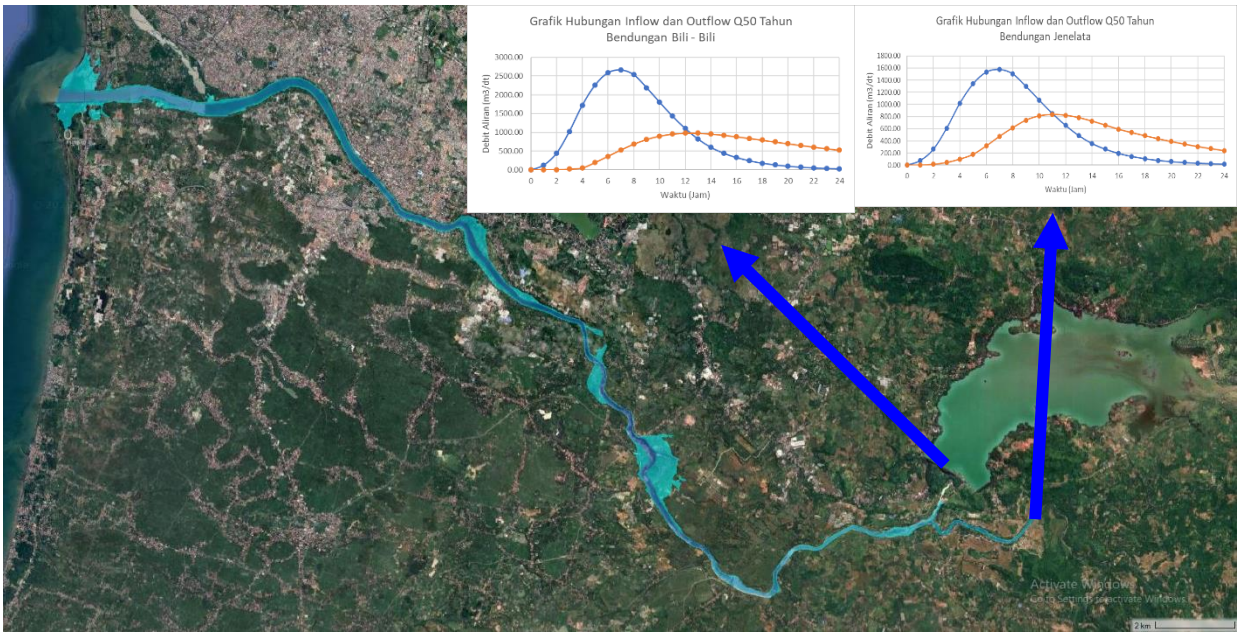


Fig 8. Hasil Simulasi HEC-RAS 2D Sungai Jeneberang

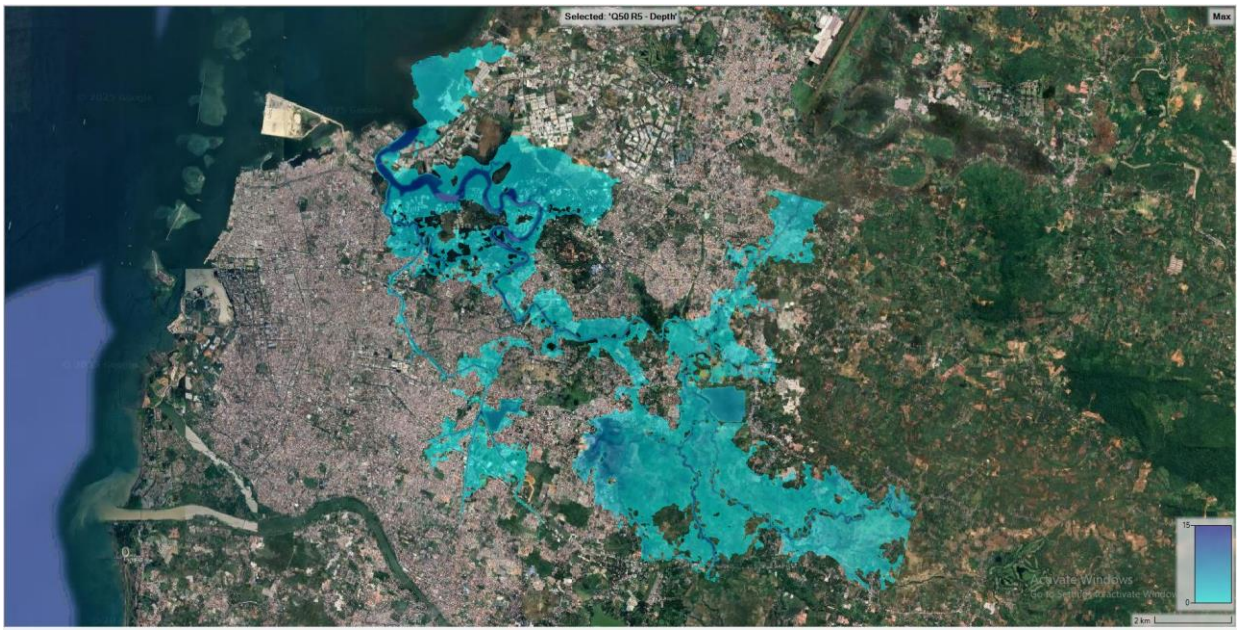


Fig 9. Hasil Simulasi HEC-RAS 2D Sungai Tallo

Hasil simulasi HEC-RAS 2D pada DAS Maros, Pappa, Jeneberang, dan Tallo menunjukkan bahwa banjir umumnya dipicu oleh keterbatasan kapasitas sungai dalam menampung debit banjir rencana serta kontribusi signifikan dari anak sungai. Pada DAS Maros, luapan sungai berdampak langsung pada kawasan perkotaan hingga melumpuhkan akses jalan poros Trans-Sulawesi, sehingga memerlukan penanganan mendesak. Pada DAS Pappa, genangan memanjang dari hulu hingga pesisir meskipun Bendungan Pamukkulu telah berfungsi, yang disebabkan oleh tambahan

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

debit dari anak sungai ber-catchment area luas, khususnya Sungai Palleko. Sebaliknya, pada DAS Jeneberang, keberadaan Bendungan Jenelata dan Bili-bili terbukti efektif dalam mereduksi debit puncak dan luas genangan, meskipun pendangkalan sedimen di Bendungan Bili-bili berpotensi menurunkan kinerja pengendalian banjir. Sementara itu, pada DAS Tallo, sebaran genangan masih luas akibat keterbatasan kapasitas saluran, sedimentasi, serta penyempitan alur sungai dan gangguan jalur aliran, terutama di kawasan permukiman Blok 8 dan Blok 10 Perumnas. Kondisi ini menegaskan perlunya penanganan terpadu melalui normalisasi sungai, peningkatan kapasitas saluran, penambahan ruang retensi, penguatan sistem drainase perkotaan, serta peningkatan kesiapsiagaan pengelolaan bendungan.

3.5. Strategi Penanggulangan Banjir

Penanggulangan banjir merupakan upaya yang meliputi penetapan kebijakan pembangunan yang berisiko timbulnya bencana banjir, kegiatan pencegahan bencana banjir, tanggap darurat, dan rehabilitasi. Ada beberapa upaya penanggulangan banjir yang diusulkan didalam kajian ini yaitu arahan konservasi lahan di beberapa titik – titik kritis, penyusunan peta rawan banjir/resiko banjir, dan sistem peringatan dini banjir.

1. Arahan Konservasi Lahan

   Hasil identifikasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE) DAS di Kawasan Mamminasata secara diperoleh gambaran bahwa TBE sedang dan ringan tersebar di bagian tengah dan hulu DAS, sedangkan TBE berat tersebar di bagian tengah dan ke arah hilir DAS, hal ini disebabkan karena sudah banyaknya pembukaan lahan dan perubahan alih fungsi lahan dari hutan menjadi pekebunan, pertanian dan pemikiman.

   Konservasi secara vegetatif diprioritaskan pada lokasi yang kritis dan sangat kritis pada masing-masing fungsi kawasan dan disesuaikan dengan fungsi kawasan tersebut. Penanganan vegetatif yang dilakukan yaitu dengan menanami tanaman-tanaman keras seperti pohn pinus, jati dan mahoni pada tingkat bahaya erosi sedang, berat dan sangat berat. Dalam hal ini tata guna lahan yang bisa dirubah atau dilakukan penghutanan adalah pada lahan perkebunan/tegalan/semak belukar.

2. Peta Daerah Rawan Banjir

   Penyusunan model spasial Daerah Rawan Banjir yang terbagi menjadi 3 kelas yaitu rendah (<0,76m), sedang (0,76 – 1,5 m) dan tinggi (>1,5 m). Zonasi daerah rawan banjir disusun berdasarkan kedalaman banjir yang terjadi pada Sungai di Kawasan Mamminasata dapat dilihat pada Gambar 10 - 13.

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

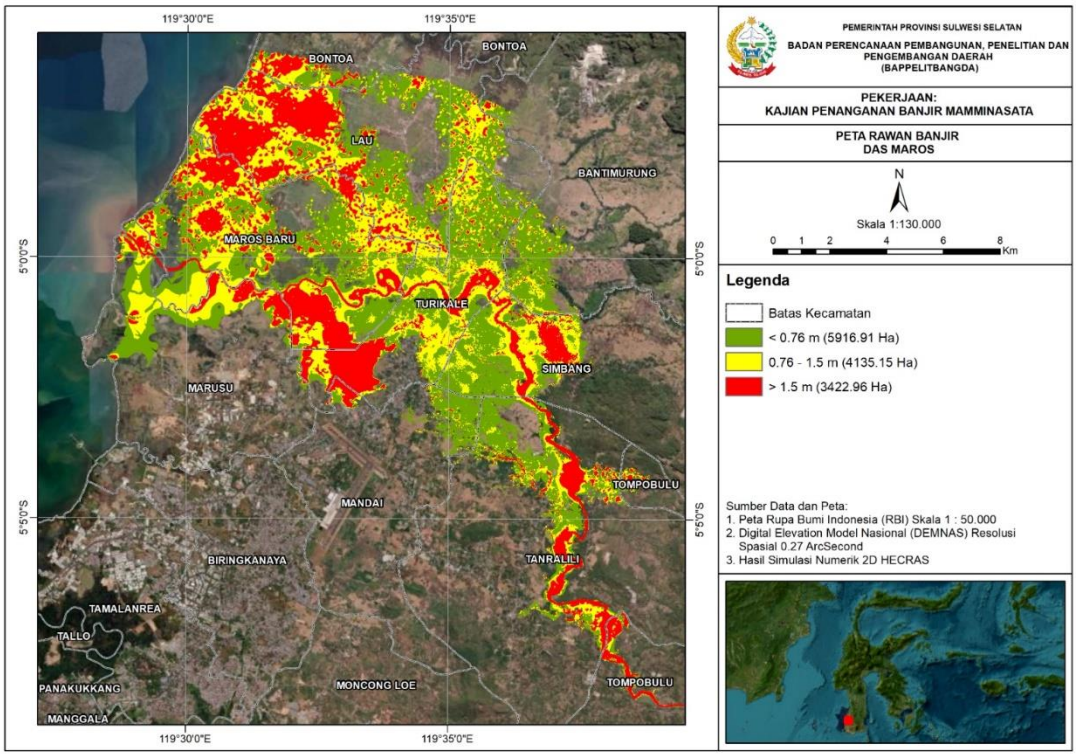


Fig 10. Peta Rawan Sungai Maros

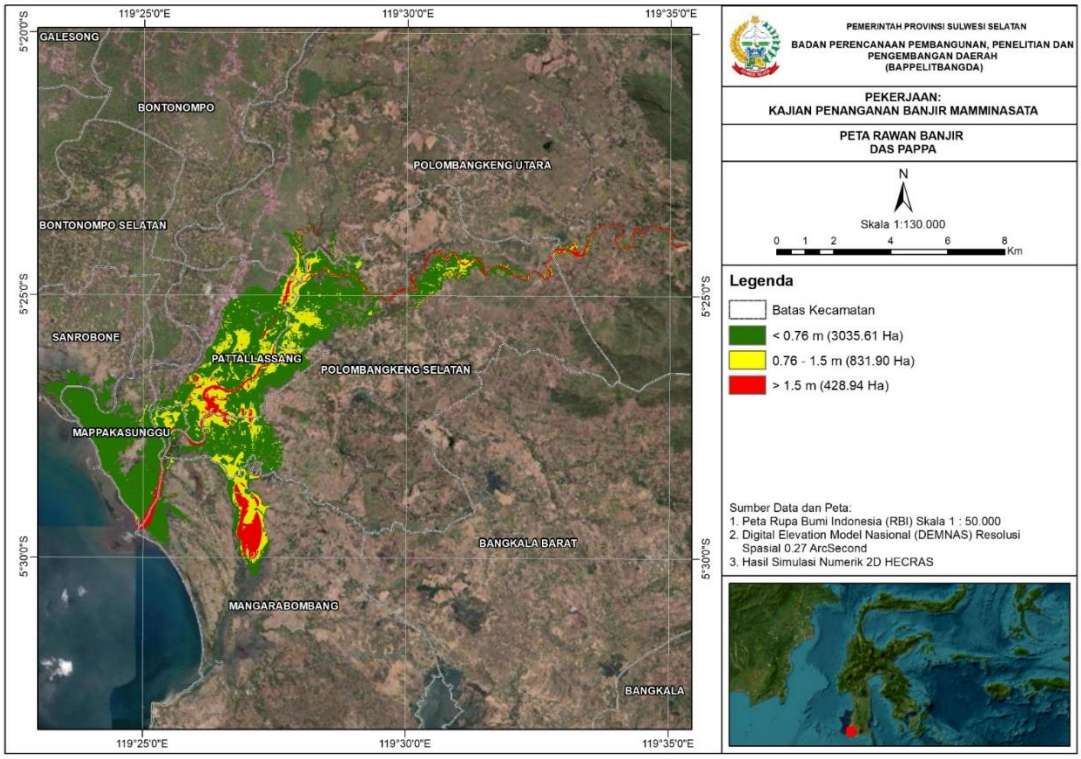


Fig 11. Peta Rawan Sungai Pappa

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

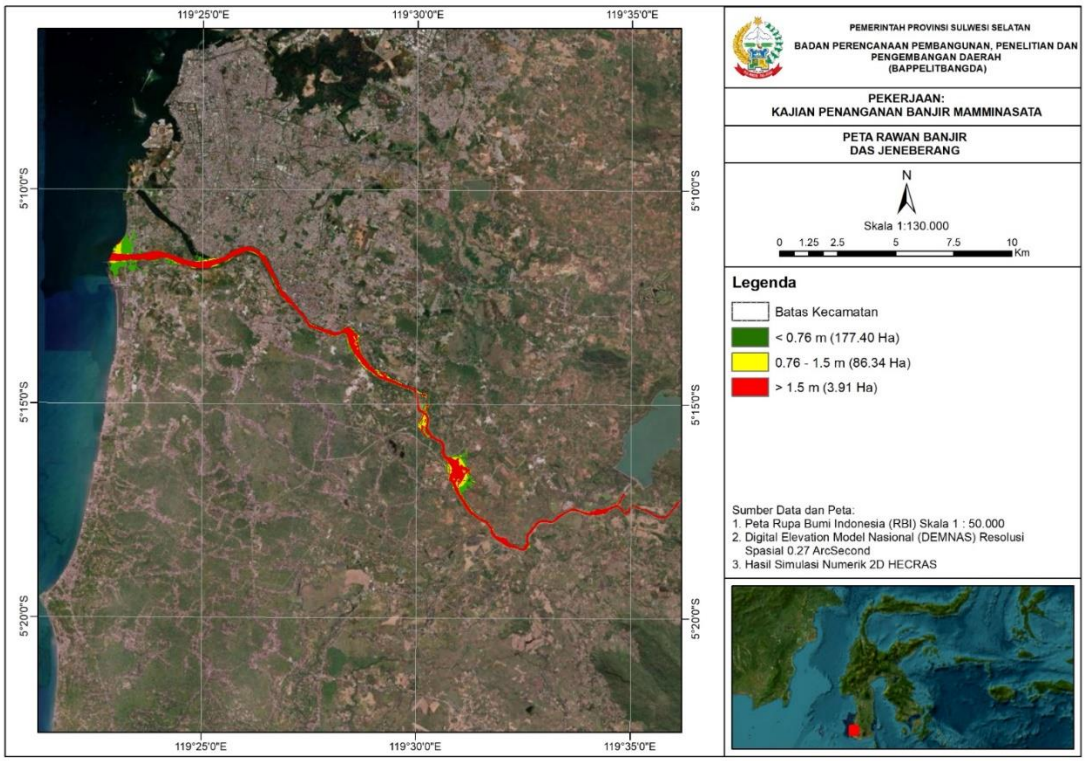


Fig 12. Peta Rawan Sungai Jeneberang

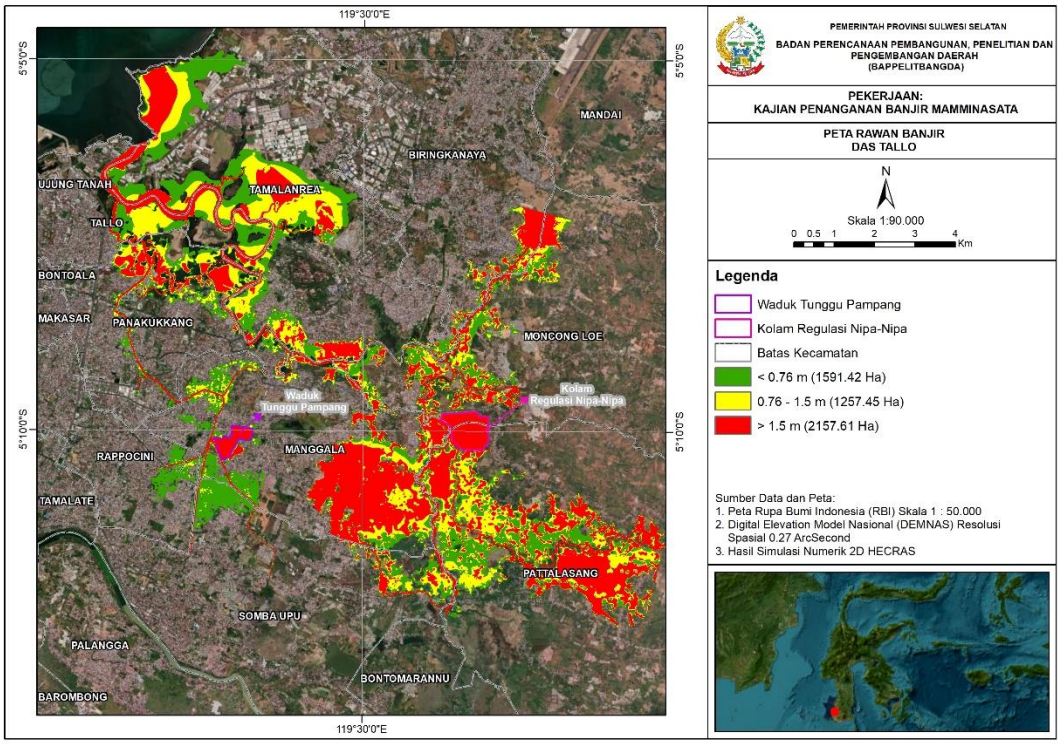


Fig 13. Peta Rawan Sungai Tallo

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa kelas kerawanan rendah umumnya mendominasi luasan genangan pada seluruh DAS, terutama pada dataran banjir dengan topografi relatif landai. Namun demikian, zona kerawanan sedang hingga tinggi terkonsentrasi di sepanjang alur sungai utama dan anak sungainya, khususnya pada segmen dengan kapasitas penampang terbatas, elevasi rendah, serta kawasan hilir dan perkotaan. Pada DAS Maros, genangan dengan kedalaman sedang hingga tinggi tersebar signifikan di Kecamatan Lau, Maros Baru, Turikale, Tanralili, dan Simbang, yang menunjukkan tingginya potensi risiko terhadap permukiman, lahan pertanian, dan infrastruktur strategis.

Pada DAS Pappa, sebaran genangan memanjang dari hulu hingga wilayah hilir dan pesisir, dengan dominasi genangan rendah hingga sedang, namun genangan tinggi teridentifikasi secara lokal di segmen hilir akibat akumulasi aliran dari wilayah hulu dan kontribusi anak sungai ber-catchment area luas. DAS Jeneberang menunjukkan sebaran genangan yang relatif lebih terbatas, dengan dominasi genangan rendah dan sedang, serta genangan tinggi yang bersifat lokal pada segmen sungai tertentu, mencerminkan peran infrastruktur bendungan dalam mereduksi debit puncak. Sebaliknya, pada DAS Tallo, kelas kerawanan tinggi memiliki luasan terbesar dan tersebar luas pada wilayah tengah hingga hilir yang melintasi kawasan perkotaan, yang dipengaruhi oleh keterbatasan kapasitas saluran, sedimentasi, serta tingginya tingkat kedap lahan.

Secara keseluruhan, hasil pemetaan kerawanan banjir ini menunjukkan adanya variasi tingkat risiko antar DAS dan wilayah administrasi, serta menegaskan bahwa kawasan hilir dan perkotaan merupakan area dengan tingkat kerentanan tertinggi. Informasi spasial ini menjadi dasar penting dalam penyusunan strategi penanganan banjir terpadu di Kawasan Mamminasata, baik melalui upaya struktural seperti peningkatan kapasitas sungai, normalisasi, dan penyediaan ruang retensi, maupun upaya non-struktural berupa pengendalian pemanfaatan ruang, penguatan sistem peringatan dini, dan peningkatan kesiapsiagaan masyarakat.

3.6. Strategi Penanggulangan Banjir

Pengendalian banjir merupakan bagian dari pengelolaan sumber daya air yang lebih spesifik untuk mengendalikan debit banjir umumnya melalui dam pengendali banjir, atau peningkatan sistem pembawa (sungai, drainase) dan pencegahan hal –hal yang berpotensi merusak dengan cara mengelola tata guna lahan dan daerah banjir.

Usulan pengendalian Banjir perlu dilakukan pendekatan Teknis dan Sosial untuk mencapai hasil yang tepat manfaat, tepat sasaran dan dapat diterima oleh Masyarakat. Hal ini diperlukan karena aliran Sungai Maros, Pappa dan Tallo melintasi daerah yang padat dengan aktifitas ekonomi dan sosial berkaiatan dengan kegiatan usaha mata pencaharian masyarakat seperti areal tambak, pertanian, perkebunan dan pemukiman yang didirikan di daerah sempadan Sungai.

Peta lokasi pengendalian banjir pada sungai-sungai utama di Kawasan Mamminasata menggambarkan strategi mitigasi struktural yang direncanakan untuk mengurangi dampak luapan

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

banjir, khususnya pada wilayah perkotaan yang memiliki tingkat kerentanan tinggi. Sistem pengendalian banjir disusun secara terpadu pada Sungai Maros, Sungai Pappa, dan Sungai Tallo dengan mengombinasikan pembangunan tanggul sungai, kolam retensi, bendungan, sistem pompa, normalisasi sungai, serta konservasi wilayah hulu sebagai ruang retensi banjir alamiah. Peta lokasi penendalian banjir dapat dilihat pada Gambar 14 - 16.

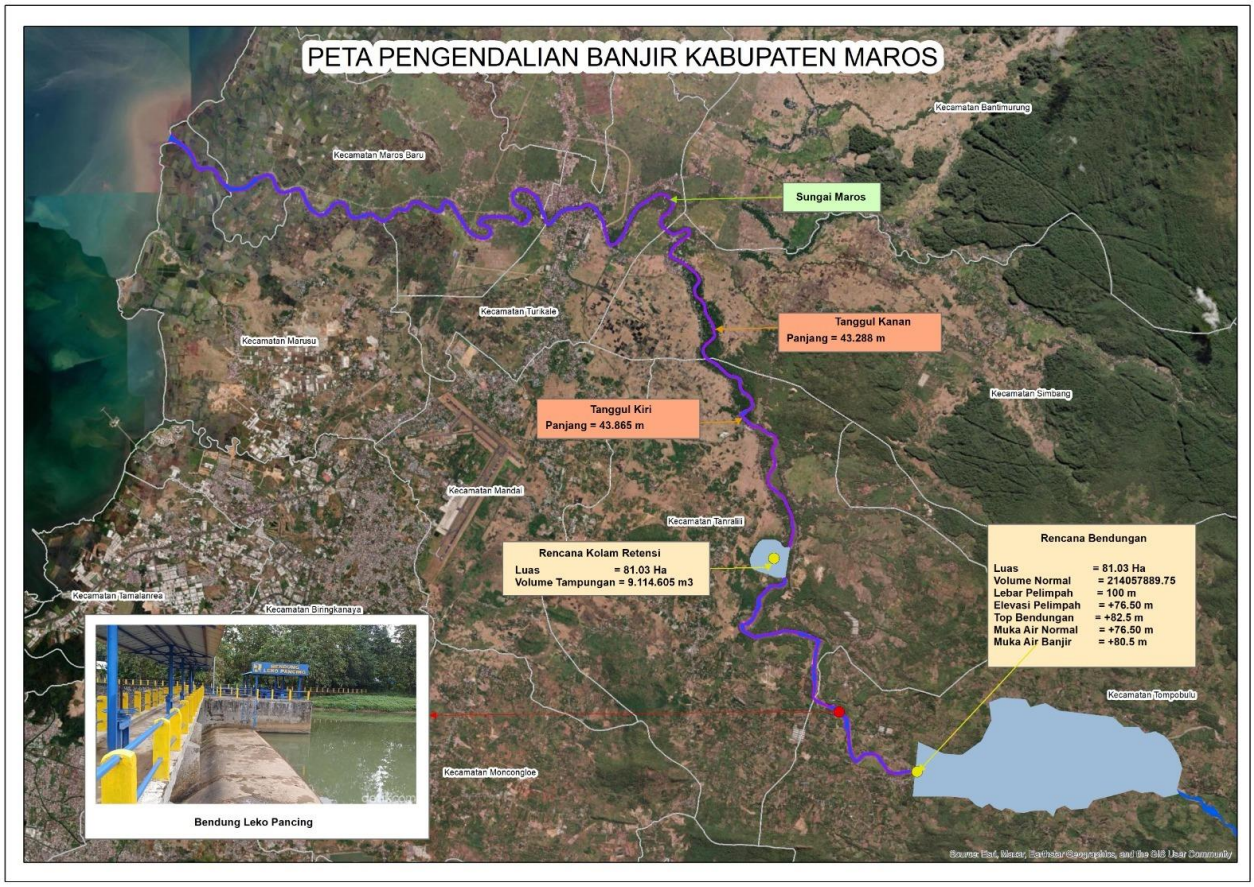


Fig 14. Peta Lokasi Pengendalian Banjir Sungai Maros

Pada Sungai Maros, sistem pengendalian banjir dirancang melalui pembangunan tanggul pada kedua sisi sungai dengan total panjang puluhan kilometer yang tersebar dari hulu hingga hilir, pembangunan kolam retensi seluas ±81,03 ha di sekitar STA 33+000, serta rencana bendungan di bagian hulu DAS. Kombinasi bangunan ini berfungsi menahan limpasan banjir, mereduksi debit puncak, dan meningkatkan kapasitas alur sungai dalam mengalirkan debit banjir rencana, sehingga risiko genangan di wilayah hilir Kabupaten Maros dapat ditekan secara signifikan.

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

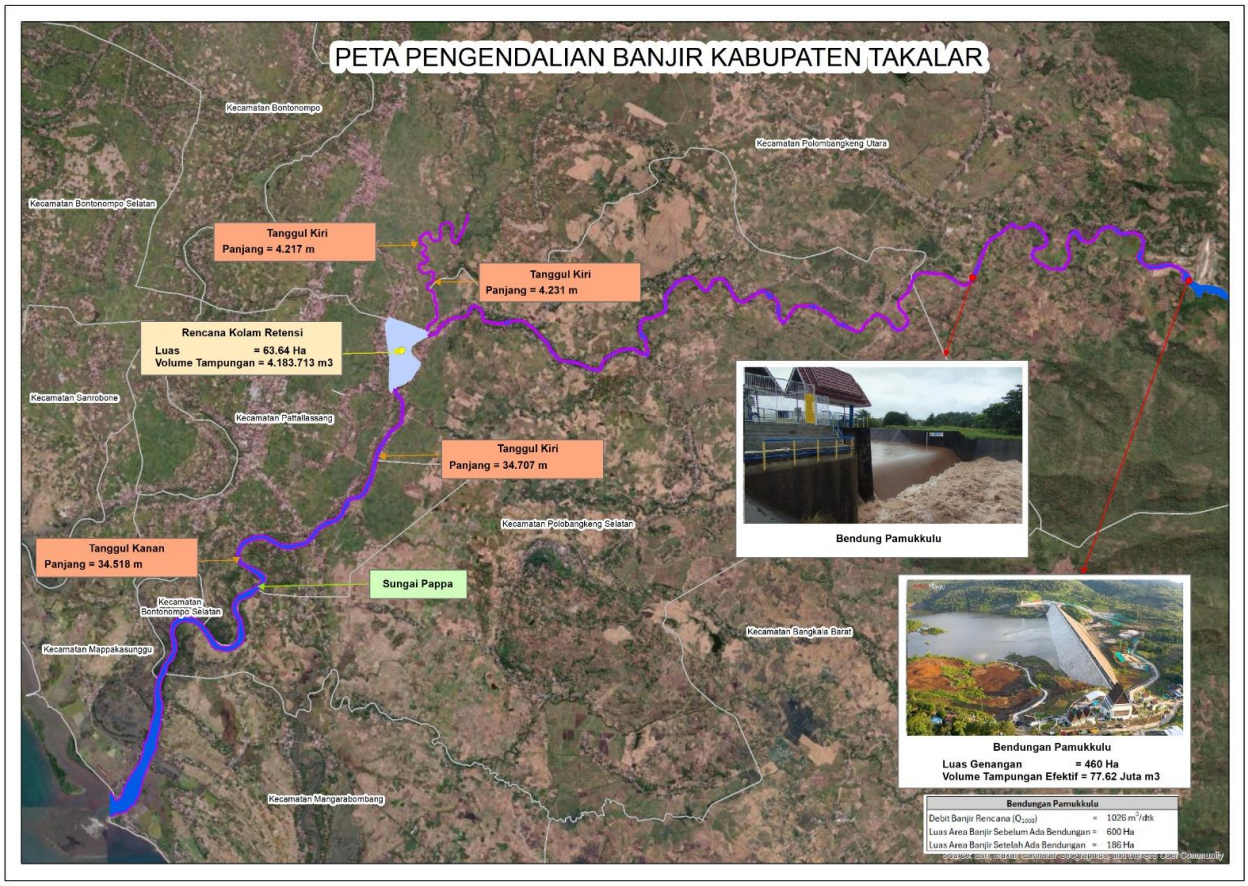


Fig 15. Peta Lokasi Pengendalian Banjir Sungai Pappa

Sungai Pappa dikendalikan melalui sistem tanggul sungai pada segmen-segmen rawan limpasan serta pembangunan kolam retensi seluas ±63,64 ha di Kecamatan Pattallassang. Tanggul berfungsi sebagai pengaman langsung terhadap luapan sungai, sementara kolam retensi berperan menahan sebagian debit banjir saat puncak hujan. Sistem ini dirancang untuk mengurangi tinggi muka air banjir dan memperlambat aliran menuju wilayah hilir Kabupaten Takalar yang selama ini sering terdampak genangan.

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

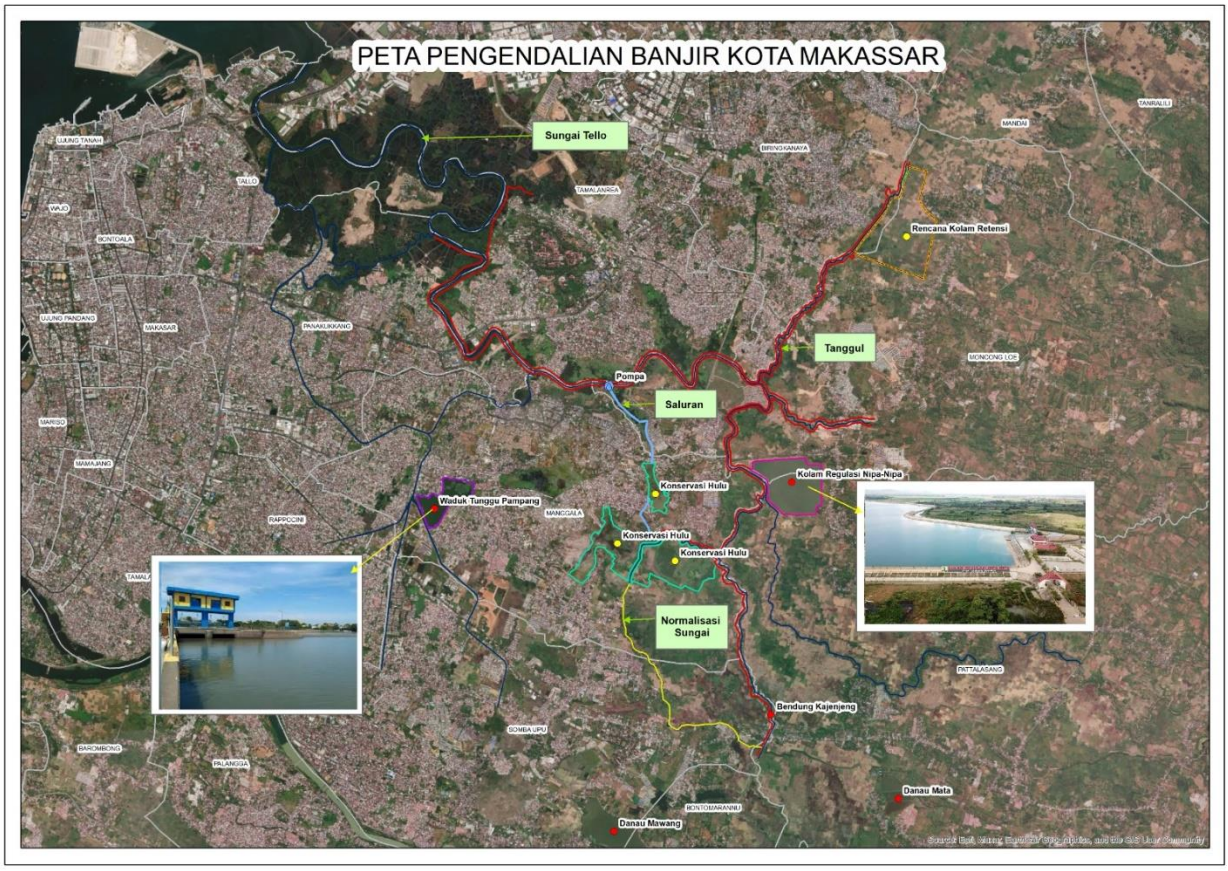


Fig 16. Peta Lokasi Pengendalian Banjir Sungai Tallo

Pada Sungai Tallo, sistem pengendalian banjir dirancang lebih kompleks mengingat karakteristik wilayah perkotaan yang padat. Penanganan mencakup pembangunan tanggul sungai pada berbagai segmen alur, kolam retensi skala lokal, sistem pompa pengendali genangan di wilayah elevasi rendah, normalisasi sungai untuk meningkatkan kapasitas penampang, serta konservasi wilayah hulu seluas ±165,28 ha sebagai ruang retensi banjir alamiah. Integrasi antara bangunan struktural dan pendekatan berbasis alam ini bertujuan menurunkan debit puncak, mengurangi luas dan kedalaman genangan, serta memperpendek durasi banjir di wilayah perkotaan Kota Makassar.

Secara keseluruhan, peta lokasi pengendalian banjir menunjukkan bahwa pendekatan pengendalian banjir di Kawasan Mamminasata diarahkan pada sistem terpadu hulu–hilir yang saling mendukung. Hasil kajian ini menjadi dasar penting bagi perencanaan teknis lanjutan dan pengambilan keputusan dalam upaya mitigasi risiko banjir yang berkelanjutan, khususnya untuk melindungi kawasan perkotaan dan infrastruktur strategis di Mamminasata.

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

IV. CONCLUSION

Berdasarkan hasil analisis dan pemodelan banjir di Kawasan Mamminasata, dapat disimpulkan bahwa permasalahan banjir pada DAS Maros, Pappa, Jeneberang, dan Tallo dipengaruhi oleh kombinasi faktor hidrologi, hidraulika, dan perubahan lingkungan. Keterbatasan kapasitas sungai dalam menampung debit banjir rencana, kontribusi debit dari anak sungai, sedimentasi alur sungai, serta tingginya tingkat alih fungsi lahan dan kawasan terbangun menjadi penyebab utama terjadinya luapan banjir, khususnya di wilayah hilir dan kawasan perkotaan.

Hasil simulasi HEC-RAS 2D menunjukkan bahwa DAS Maros dan DAS Pappa masih mengalami luapan signifikan meskipun telah terdapat infrastruktur pengendali, sedangkan pada DAS Jeneberang keberadaan Bendungan Bili-bili dan Jenelata terbukti mampu mereduksi debit puncak dan luas genangan, meskipun efektivitasnya berpotensi menurun akibat pendangkalan sedimen. Sementara itu, DAS Tallo menunjukkan tingkat kerawanan tertinggi dengan sebaran genangan luas di wilayah perkotaan akibat keterbatasan kapasitas saluran, sedimentasi, dan gangguan jalur aliran.

Pemetaan daerah rawan banjir menghasilkan zonasi kerawanan rendah, sedang, dan tinggi, yang menunjukkan variasi tingkat risiko antar DAS dan wilayah administrasi. Zona kerawanan tinggi umumnya terkonsentrasi di sepanjang alur sungai utama dan anak sungainya, terutama pada kawasan hilir dengan topografi rendah dan tingkat kedap lahan tinggi. Informasi spasial ini menjadi dasar penting dalam perumusan strategi penanggulangan banjir.

Strategi penanggulangan dan pengendalian banjir di Kawasan Mamminasata perlu dilakukan secara terpadu dari hulu hingga hilir melalui kombinasi upaya struktural dan non-struktural. Upaya struktural meliputi normalisasi sungai, pembangunan tanggul, kolam retensi, sistem pompa, serta peningkatan kapasitas dan pemeliharaan bendungan. Sementara itu, upaya non-struktural diarahkan pada konservasi lahan hulu, pengendalian pemanfaatan ruang, penyusunan peta rawan banjir, penguatan sistem peringatan dini, dan peningkatan kesiapsiagaan masyarakat. Pendekatan terpadu ini diharapkan mampu mengurangi risiko banjir secara berkelanjutan dan mendukung pembangunan kawasan Mamminasata yang lebih aman dan tangguh terhadap bencana.

REFERENCES

[1] T. Firman, I. M. Surbakti, I. C. Idroes, and H. A. Simarmata, “Potential Climate-Change Related Vulnerabilities in Jakarta: Challenges and Current Status,” *Habitat Int.*, vol. 35, no. 2, pp. 372–378, Apr. 2011, doi: 10.1016/j.habitatint.2010.11.011.

[2] L. Sasikirana, A. N. M. Syaiim, and F. Al Mubarok, “The Importance of Natural Disaster Insurance in Indonesia,” *Int. Res. Econ. Manag. Educ.*, vol. 1, no. 2, pp. 94–104, 2021.

[3] T. A. R. A. Cunanan, E. F. L. Lagasca, C. J. J. Noriega, and R. Cabauatan, “Damages Caused by Natural Disasters and the Number of Natural Calamities’ Effect on Philippine Government’s Spending on Disaster Management,” *Malaysian J. Soc. Sci. Humanit.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–27, Feb. 2022, doi: 10.47405/mjssh.v7i2.1284.

[4] M. A. Marfai, A. B. Sekaranom, and P. Ward, “Community Responses and Adaptation Strategies Toward Flood Hazard in Jakarta, Indonesia,” *Nat. Hazards*, vol. 75, no. 2, pp. 1127–1144, Jan. 2015,

ISSN: XXXX-YYYY
Issue: Do Not Fill | Pages: XX - YY

doi: 10.1007/s11069-014-1365-3.

[5] M. Kuller, K. Schoenholzer, and J. Lienert, "Creating Effective Flood Warnings: A Framework From a Critical Review," *J. Hydrol.*, vol. 602, p. 126708, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.jhydrol.2021.126708.

[6] S. Samansiri, T. Fernando, and B. Ingirige, "Advanced Technologies for Offering Situational Intelligence in Flood Warning and Response Systems: A Literature Review," *Water*, vol. 14, no. 13, p. 2091, Jun. 2022, doi: 10.3390/w14132091.

[7] "Daftar Informasi Bencana Indonesia (DIBI)," *Badan Nasional Penanggulangan Bencana*, 2025. https://dibi.bnpb.go.id

[8] M. R. Amri *et al.*, *Risiko Bencana Indonesia (Indonesian Disaster Risk)*, First. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2016.

[9] Aflizar, R. Afrizal, and T. Masunaga, "Assessment Erosion 3D Hazard with USLE and Surfer Tool: A Case Study of Sumani Watershed in West Sumatra Indonesia," *J. Trop. Soils*, vol. 18, no. 1, pp. 81–92, Mar. 2013, doi: 10.5400/jts.2013.v18i1.81-92.

[10] R. Karamma, S. Badaruddin, R. Mustamin, and Z. Saing, "Flood Modelling due to Dam Failure Using HEC-RAS 2D with GIS Overlay: Case Study of Karalloe Dam in South Sulawesi Province Indonesia," *Civ. Eng. Archit.*, vol. 10, no. 7, pp. 2833–2846, Dec. 2022, doi: 10.13189/cea.2022.100704.

[11] A. R. Suleman, H. Djufri, M. R. Mustamin, and M. L. Palembangan, "Structural Mitigation of Bila River, Sidrap Regency," *Turkish J. Comput. Math. Educ.*, vol. 12, no. 6, pp. 3573–3577, 2021.

[12] M. R. Mustamin, F. Maricar, and R. Karamma, "Hydrological Analysis In Selecting Flood Discharge Method In Watershed Of Kelara River," *INTEK J. Penelit.*, vol. 8, no. 2, p. 141, Dec. 2021, doi: 10.31963/intek.v8i2.2874.

[13] *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana (Regulation of the Head of the National Disaster Management Agency Number 02 of 2012 concerning General Guidelines for Disaster Risk* . Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2012. [Online]. Available: https://bnpb.go.id/produk-hukum/peraturan-kepala-bnpb/peraturan-kepala-bnpb-no-02-tahun-2012

[14] E. S. Hisyam and F. Fahriani, "Erosion Hazard Classification Analysis in Kantung the Watershed, Bangka District," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 353, no. 1, p. 012030, Oct. 2019, doi: 10.1088/1755-1315/353/1/012030.

[15] S. Senanayake, B. Pradhan, A. Huete, and J. Brennan, "A Review on Assessing and Mapping Soil Erosion Hazard Using Geo-Informatics Technology for Farming System Management," *Remote Sens.*, vol. 12, no. 24, p. 4063, Dec. 2020, doi: 10.3390/rs12244063.

[16] S. S. Wardoyo, H. Purnomo, A. P. B. Santosa, S. Priyanto, and M. Anshori, "Penentuan Tingkat Bahaya Erosi dan Teknik Konservasi Bio-mekanik di Lahan Pasca Erupsi G. Merapi Srumbung, Magelang (Determination of Erosion Hazard Levels and Bio-mechanical Conservation Techniques in Post-Eruption Land of G. Merapi Srumbung, Magelang)," *Forum Geogr.*, vol. 28, no. 1, pp. 57–64, 2014.

[17] *Peraturan Mentri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No.28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau (Regulation of the Minister of Public Works and Public Housing No.28/PRT/M/2015 concerning Establishment of River Bounda*. Jakarta: Mentri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2015. [Online]. Available: https://sda.pu.go.id/assets/files/Permen Nomor 28 Tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai, dan Garis Sempadan Danau.pdf