



**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN BENCANA BANJIR
BERDASARKAN PEMODELAN SIG
PADA WILAYAH KOTA JEMBER**

SKRIPSI

Oleh

**Vika Aurely Nalurita
NIM 180210303003**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN GEOGRAFI
JURUSAN PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN SOSIAL
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2022



**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN BENCANA BANJIR
BERDASARKAN PEMODELAN SIG
PADA WILAYAH KOTA JEMBER**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Geografi (S1) dan mencapai gelar sarjana

Oleh

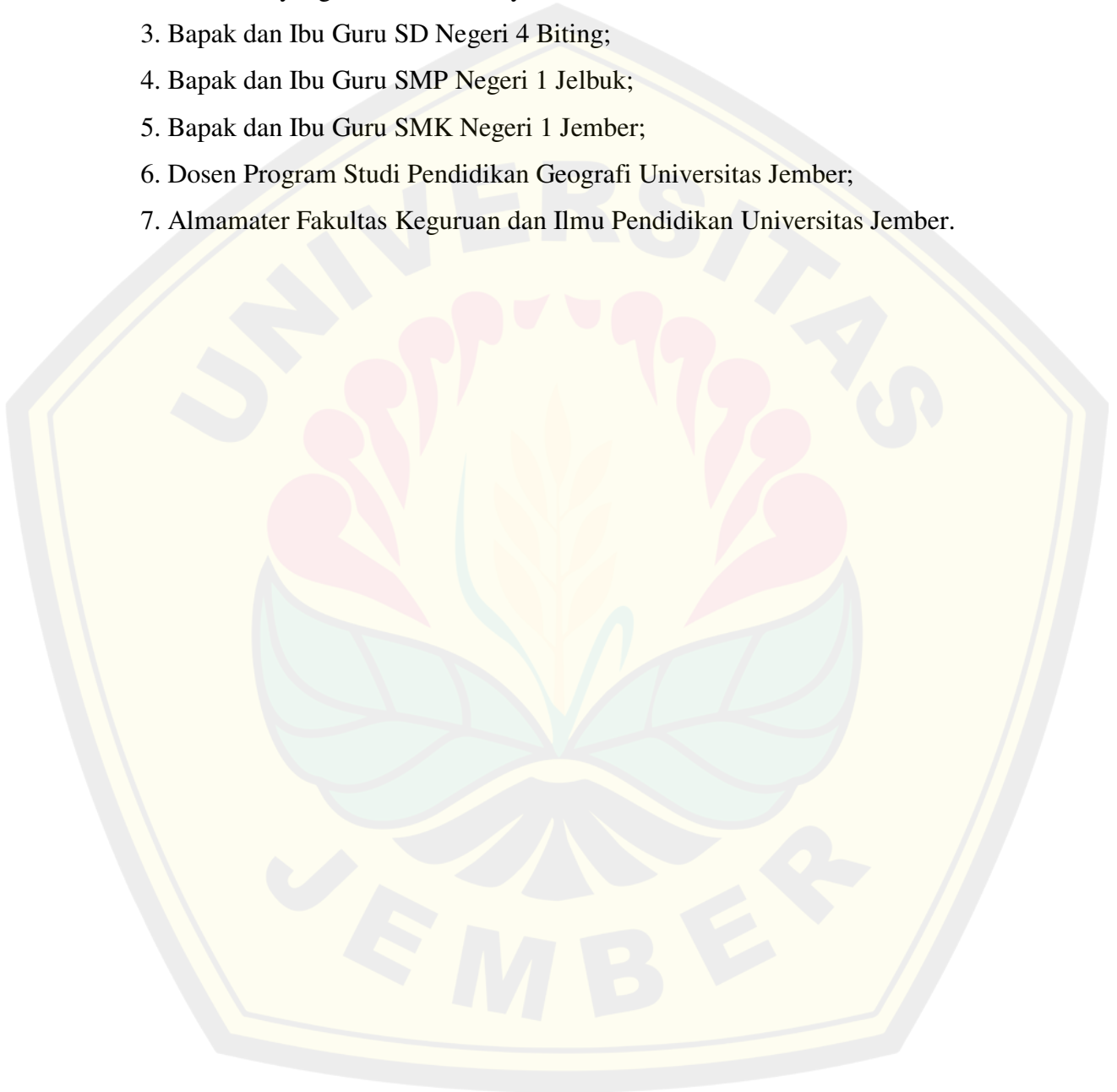
Vika Aurely Nalurita
NIM 180210303003

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN GEOGRAFI
JURUSAN PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN SOSIAL
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2022**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Dwi Devi Aprilina dan ayahanda Sugianto yang tercinta;
2. Adik tersayang Muhammad Felyx Afnan Atma Purnama;
3. Bapak dan Ibu Guru SD Negeri 4 Biting;
4. Bapak dan Ibu Guru SMP Negeri 1 Jelbuk;
5. Bapak dan Ibu Guru SMK Negeri 1 Jember;
6. Dosen Program Studi Pendidikan Geografi Universitas Jember;
7. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.



MOTO

Ingatlah bahwa sebuah musibah yang membawamu semakin dekat kepada Allah itu lebih baik dari pada nikmat yang membuatmu semakin menjauh dari Allah.*)

Kita tidak bisa menghentikan bencana alam, akan tetapi kita dapat mempersenjatai diri dengan ilmu pengetahuan.**)



*) Dr.Abu Ameenah Bilal Philips. 1996. *Islamic Studies*. Kanada: Relx Group.

**) Petra Nemcova. 2005. *A Story of Courage and the Discovery of Life*. Karvina: Rajagrafindo

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vika Aurely Nalurita

NIM : 180210303003

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Berdasarkan Pemodelan SIG pada wilayah Kota Jember" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 13 Juni 2022

Yang menyatakan,

Vika Aurely Nalurita
NIM 180210303003

SKRIPSI

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN BENCANA BANJIR
BERDASARKAN PEMODELAN SIG
PADA WILAYAH KOTA JEMBER**

Oleh

Vika Aurely Nalurita
NIM 180210303003

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Sri Astutik, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Era Iswara Pangastuti, S.Pd. M.Sc.

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN GEOGRAFI
JURUSAN PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN SOSIAL
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2022**

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Berdasarkan Pemodelan SIG pada wilayah Kota Jember" karya Vika Aurely Nalurita telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Senin, 20 Juni 2022

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris

Prof. Dr. Sri Astutik, M.Si.
NIP 196706101992032002

Era Iswara Pangastuti, S.Pd., M.Sc
NIP 199010182019032018

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Yushardi, S.Si., M.Si.
NIP 196504201995121001

Muhammad Asyroful Mujib, S.Pd., M.Sc
NIP 198708192019031007

Mengesahkan
Dekan,

Prof. Bambang Soepeno, M. Pd
NIP 196006121987021001

RINGKASAN

Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Berdasarkan Pemodelan SIG pada wilayah Kota Jember; Vika Aurely Nalurita, 180210303003; 2022: 109 halaman; Jurusan Ilmu Pengetahuan Sosial Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi di berbagai daerah yang dipengaruhi oleh faktor alam dan juga non alam. Faktor alam meliputi intensitas curah hujan, topografi, tanah, erosi, sedimentasi, kapasitas sungai, dan kapasitas drainase, sedangkan faktor non alam yaitu peningkatan jumlah penduduk, pembangunan dibantaran sungai, degradasi hutan, dan alih fungsi lahan. Dampak yang ditimbulkan oleh bencana banjir yaitu adanya korban jiwa, hilangnya harta benda, dan adanya penyakit kulit. Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Jember Tahun 2021, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pembangunan pada wilayah Kota Jember mengakibatkan kejadian bencana banjir meningkat, yaitu dengan adanya tren peningkatan kejadian bencana banjir selama lima tahun terakhir dimulai dari Tahun 2017 hingga 2021. Pada Tahun 2017 tercatat sebanyak 9 kali kejadian banjir, dan pada Tahun 2021 meningkat menjadi 32 kejadian banjir di wilayah Kota Jember. Semakin intensnya kejadian bencana banjir maka peneliti tertarik untuk mengkaji daerah rawan bencana banjir pada wilayah Kota Jember. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember dan menganalisis tren tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember guna untuk meminimalisir kerugian dan kerusakan di berbagai bidang serta menjadi wilayah yang tangguh bencana.

Jenis penelitian dalam penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Metode kuantitatif sendiri yaitu diadakan pengukuran secara langsung pada lokasi penelitian menggunakan metode *Composite Mapping Analysis* (CMA) yang dikombinasikan dengan parameter *Topographic Wetness Index* (TWI). Metode CMA terdiri dari enam parameter yaitu curah hujan, jenis tanah, kerapatan aliran sungai, tutupan lahan, ketinggian, dan kemiringan lereng. Keenam parameter ini

kemudian dikombinasikan dengan parameter TWI dengan cara penentuan pembobotan yang dilakukan secara kuantitatif.

Hasil Pemetaan daerah rawan bencana banjir pada wilayah Kota Jember terdiri dari 3 kelas tingkat kerawanan bencana banjir yaitu kelas tidak rawan, rawan, dan sangat rawan. Tahun 2018 kelas tidak rawan 54% seluas 5461,8 Ha, kelas rawan 34% seluas 2986,6 Ha, dan kelas sangat rawan 16% seluas 1664,7 Ha. Tahun 2022 tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan 48% seluas 4891,1 Ha, Kelas rawan 34% seluas 3452,3 Ha, dan kelas sangat rawan 18% seluas 1769,6 Ha.

Pemetaan terhadap daerah dengan kelas tidak rawan banjir banyak dijumpai pada Kecamatan Patrang dikarenakan pada daerah ini masih banyak ditemukan lahan vegetasi yang cukup serta memiliki tingkat kemiringan lereng agak tinggi. Kelas rawan banyak dijumpai pada Kecamatan Sumbersari dikarenakan sebagian besar merupakan lahan terbangun, minimnya lahan perkebunan, dan memiliki kemiringan lereng yang dominan datar. Kelas sangat rawan didominasi pada Kecamatan Kaliwates dikarenakan sebagian besar merupakan lahan terbangun, memiliki intensitas curah hujan cukup tinggi, dan kerapatan aliran sungai yang tinggi.

Kesimpulan pada wilayah Kota Jember tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan banyak dijumpai pada Kecamatan Patrang, kelas rawan banyak dijumpai pada Kecamatan Sumbersari, dan kelas sangat rawan banyak dijumpai pada Kecamatan Kaliwates. Selain itu terjadi tren tingkat kerawanan bencana banjir selama 5 tahun mulai dari Tahun 2018 hingga 2022 yaitu terdapat peningkatan sebesar 2% untuk kelas sangat rawan, terjadi peningkatan terhadap kelas rawan sebesar 4%, namun terjadi penurunan terhadap tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan sebesar 6%. Diketuainya tren tingkat kerawanan bencana banjir selama 5 tahun sebelumnya maka dapat dilakukan proyeksi untuk 5 tahun selanjutnya pada Tahun 2027 yaitu tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan sebesar 42%, kelas rawan sebesar 38% dan kelas sangat rawan sebesar 20%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Berdasarkan Pemodelan SIG pada wilayah Kota Jember". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Ilmu Pengetahuan Sosial Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Bambang Soepeno, M. Pd selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Prof. Dr. Sri Astutik, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Geografi Sekaligus Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Era Iswara Pangastuti, S.Pd., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Dr. Yushardi, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji I, dan Muhammad Asyroful Mujib, S.Pd., M.Sc selaku Dosen Penguji II yang banyak memberikan masukan dalam penulisan skripsi ini;
5. Ibu Dwi Devi Aprilina dan Bapak Sugianto sekeluarga yang telah memberikan semangat dan doanya hingga terselesaikannya skripsi ini;
6. Adikku Muhammad Felyx Afnan Atma Purnama yang telah memberikan semangat dalam penulisan skripsi ini;
7. Ahmad Farhan Alfani yang selalu menjadi *support system* dan memberikan semangat serta dukungan dalam mengerjakan hingga terselesaikannya skripsi ini;
8. Sahabatku Siti Ismiatul Maulah yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam penulisan skripsi ini;
9. Adikku Doli, Dalka, dan Dora yang telah setia menemani serta menjadi penyemangat hingga terselesaikannya skripsi ini;

10. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Jember yang telah memberikan data dan juga informasi yang dibutuhkan dalam pembuatan skripsi ini;
11. Dinas Pekerjaan Umum dan Sumber Daya Air Kabupaten Jember yang telah memberikan data dan juga informasi yang dibutuhkan dalam pembuatan skripsi ini;
12. Teman-teman Prodi Pendidikan Geografi Universitas Jember yang telah memberikan semangat dan dukungan;
13. Semua pihak yang telah berkontribusi dalam penulisan hingga terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 20 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Banjir	5
2.1.1 Jenis Banjir.....	6
2.1.2 Faktor-Faktor Banjir	9
2.1.3 Dampak Banjir.....	11
2.1.4 Jenis Bencana Banjir pada wilayah Kota Jember	12
2.2 Tingkat Kerawanan Bencana Banjir	14
2.3 Curah Hujan.....	15
2.4 Kemiringan Lereng.....	16
2.5 Ketinggian.....	17
2.6 Tutupan Lahan.....	17
2.7 Kerapatan Aliran Sungai	19

2.8 Jenis Tanah	20
2.9 Topographic Wetness Index (TWI)	22
2.10 Composite Mapping Analysis (CMA)	23
2.11 Penelitian Yang Relevan	23
BAB 3. METODE PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian	26
3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian	26
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	28
3.3.1 Alat Penelitian.....	28
3.3.2 Bahan Penelitian	28
3.4 Variabel Penelitian	28
3.5 Definisi Operasional Variabel	28
3.5.1 Variabel Bebas	28
3.5.2 Variabel Terikat	29
3.6 Tahapan Penelitian	29
3.6.1 Tahap Pengumpulan Data	29
3.6.2 Tahap Pengolahan Data	31
3.6.3 Tahap Analisis Data	35
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil	41
4.1.1 Deskripsi Umum Daerah Penelitian.....	41
4.1.2 Titik Bencana Banjir wilayah Kota Jember	42
4.1.3 Pembobotan Parameter Bencana Banjir.....	43
4.1.4 Faktor-Faktor Pembentuk Kerawanan Banjir	44
4.1.5 Tingkat Kerawan Banjir pada wilayah Kota Jember	61
4.1.6 Tren Tingkat Kerawanan Bencana Banjir.....	64
4.2 Pembahasan	67
4.2.1 Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir	67
4.2.2 Tren Tingkat Kerawanan Bencana Banjir.....	70
BAB 5. PENUTUP	72
5.1 Kesimpulan	72

5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	83



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Banjir Sungai.....	7
Gambar 2.2 Banjir Bandang.....	8
Gambar 2.3 Banjir Rob	9
Gambar 3.1 Peta Tingkat Kerawanan Bencana Banjir.....	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4.1 Peta Administrasi wilayah Kota Jember	42
Gambar 4.2 Peta Titik Bencana Banjir wilayah Kota Jember	43
Gambar 4.3 Peta Curah Hujan Tahun 2018 pada wilayah Kota Jember.....	45
Gambar 4.4 Peta Curah Hujan Tahun 2022 pada wilayah Kota Jember.....	46
Gambar 4.5 Peta Uji Akurasi Tutupan Lahan pada wilayah Kota Jember	48
Gambar 4.6 Peta Tutupan Lahan Tahun 2018 wilayah Kota Jember	50
Gambar 4.7 Peta Tutupan Lahan Tahun 2022 wilayah Kota Jember	52
Gambar 4.8 Peta <i>Topographic Wetness Index</i> (TWI) wilayah Kota Jember	54
Gambar 4.9 Peta Kemiringan Lereng wilayah Kota Jember.....	56
Gambar 4.10 Peta Jenis Tanah wilayah Kota Jember	57
Gambar 4.11 Peta Ketinggian pada wilayah Kota Jember.....	59
Gambar 4.12 Peta Kerapatan Aliran Sungai wilayah Kota Jember	60
Gambar 4.13 Peta Kerawanan Banjir pada wilayah Kota Jember Tahun 2018..	62
Gambar 4.14 Peta Kerawanan Banjir pada wilayah Kota Jember Tahun 2022..	63
Gambar 4.15 Diagram Tingkat Kerawanan Bencanan Banjir Tahun 2018	65
Gambar 4.16 Diagram Tingkat Kerawanan Bencanan Banjir Tahun 2022	66
Gambar 4.17 Diagram Tren Tingkat Kerawanan Bencanan Banjir.....	67

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Klasifikasi Parameter Curah Hujan.....	35
Tabel 3.2 Klasifikasi Parameter Kemiringan Lereng.....	36
Tabel 3.3 Klasifikasi Parameter Ketinggian	36
Tabel 3.4 Klasifikasi Parameter Tutupan Lahan.....	37
Tabel 3.5 Klasifikasi Parameter Kerapatan Aliran Sungai	37
Tabel 3.6 Klasifikasi Parameter Jenis Tanah	38
Tabel 3.7 Klasifikasi Parameter <i>Topographic Wetness Index</i> (TWI)	39
Tabel 3.8 Kelas Kerawanan Bencana Banjir.....	40
Tabel 4.1 <i>Mean Spatial</i> Parameter Banjir	43
Tabel 4.2 Pembobotan Parameter Bencana Banjir.....	44
Tabel 4.3 Kelas Curah Hujan Tahun 2018 pada wilayah Kota Jember	45
Tabel 4.4 Kelas Curah Hujan Tahun 2022 pada wilayah Kota Jember	46
Tabel 4.5 Kelas Curah Hujan Tahun 2018 dan 2022 wilayah Kota Jember	47
Tabel 4.6 Luas Tutupan Lahan Tahun 2022	47
Tabel 4.7 <i>User`s Accuracy</i>	49
Tabel 4.8 Ketelitian Pemetaan	49
Tabel 4.9 Kelas Tutupan Lahan Tahun 2018 pada wilayah Kota Jember	51
Tabel 4.10 Kelas Tutupan Lahan Tahun 2022 pada wilayah Kota Jember	53
Tabel 4.11 Kelas Tutupan Lahan Tahun 2018 dan 2022 wilayah Kota Jember	53
Tabel 4.12 Kelas TWI pada wilayah Kota Jember	55
Tabel 4.13 Kelas Kemiringan Lereng pada wilayah Kota Jember.....	57
Tabel 4.14 Kelas Jenis Tanah pada wilayah Kota Jember.....	58
Tabel 4.15 Kelas Ketinggian pada wilayah Kota Jember	59
Tabel 4.16 Kelas Kerapatan Aliran Sungai pada wilayah Kota Jember	61
Tabel 4.17 Pembobotan Parameter Bencana Banjir.....	61
Tabel 4.18 Kerawanan Bencana Banjir Tahun 2018 wilayah Kota Jember	63
Tabel 4.19 Tingkat Kerawanan Banjir Tahun 2022 wilayah Kota Jember.....	64
Tabel 4.20 Tingkat Kerawanan Banjir Tahun 2018 wilayah Kota Jember.....	65

Tabel 4.21 Tingkat Kerawanan Banjir Tahun 2022 wilayah Kota Jember..... 66



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kejadian bencana banjir mengalami peningkatan dalam beberapa dekade terakhir, hal ini didukung dengan perubahan iklim serta meningkatnya daerah kedap air akibat pembangunan pada daerah perkotaan (Fasihi dkk., 2021; Luu dkk., 2021; Martínez dkk., 2021; Zare dkk., 2021; Zhao dkk., 2021). Perubahan iklim di permukaan bumi yang tidak menentu menjadi faktor pemicu utama terjadinya bencana banjir (Stagg dkk., 2021). Selain itu seiring dengan bertambahnya populasi manusia, tutupan lahan yang dikonversi dari vegetasi menjadi bangunan perkotaan akan menyebabkan peningkatan limpasan yang lebih intens. Perubahan limpasan permukaan (*overlandflow*) dan fluktuasi aliran sungai dipicu oleh adanya alih fungsi lahan (Anna, 2018). Alih fungsi lahan pada suatu wilayah juga dapat menimbulkan suatu kawasan yang awalnya mampu untuk menyerap air (*pervious*) menjadi kawasan kedap air (*impervious*) sehingga dapat mengakibatkan ketidak seimbangan hidrologi, menurunnya kondisi daerah aliran sungai, kerusakan lingkungan, berkurangnya sumber daya alam, serta minimnya kemampuan resapan air oleh tanah yang dapat memicu terjadinya bencana banjir (Hoirisky dkk., 2018).

Perpindahan dan penambahan penduduk yang terus meningkat pada daerah kota akan mempercepat perubahan tutupan lahan (Ikhsan dkk., 2019; Cotugno dkk., 2021). Perkembangan kota dapat menimbulkan minimnya ruang terbuka hijau, karena adanya kebutuhan ruang untuk dijadikan permukiman penduduk dan aktivitas lainnya, sehingga ruang terbuka hijau berkurang dan semakin bertambahnya lahan terbangun (Riyanti dkk., 2021). Terlebih lagi pada era modern pembangunan wilayah maupun infrastruktur mengalami perkembangan yang signifikan, sehingga berdampak minimnya daerah resapan air yang dipengaruhi oleh adanya alih fungsi lahan (Raharjo, 2021).

Selain itu adanya perkembangan kota juga akan menimbulkan konversi daerah aliran sungai (DAS) alami menjadi DAS perkotaan yang dapat mengubah

siklus air seperti berkurangnya infiltrasi, evapotranspirasi, dan pengisian air tanah, sehingga mengintensifkan limpasan permukaan yang berdampak pada risiko bencana banjir terjadi (Kachholz dkk., 2021). Fenomena ini menyebabkan masalah banjir pada daerah perkotaan semakin meningkat karena kapasitas aliran sungai atau drainase yang tidak dapat menampung air dengan optimal pada saat curah hujan tinggi. Banjir pada daerah perkotaan dapat menjadi bencana besar, terutama pada daerah sungai padat permukiman yang memiliki risiko kerusakan dan kerugian yang tinggi disaat terjadi bencana banjir (Sabbatini dkk., 2021; Sidek dkk., 2021).

Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Jember Tahun 2021, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk pembangunan pada wilayah Kota Jember semakin intens, kondisi ini mengakibatkan berkurangnya daerah resapan air pada saat musim penghujan yang dapat memicu terjadinya bencana banjir meningkat. Terdapat tren peningkatan kejadian bencana banjir selama lima tahun terakhir dimulai dari Tahun 2017 hingga 2021, tercatat sebanyak 3 kali kejadian banjir di Kecamatan Patrang, 3 kali kejadian banjir di Kecamatan Sumpalsari dan 3 kali kejadian banjir di Kecamatan Kaliwates pada Tahun 2017, dan pada Tahun 2021 tingkat kejadian bencana banjir meningkat menjadi 10 kejadian bencana banjir di Kecamatan Patrang, 7 kejadian bencana banjir di Kecamatan Sumpalsari dan 15 kejadian bencana banjir di Kecamatan Kaliwates.

Berdasarkan data BPBD Kabupaten Jember, pada Tahun 2022 bencana banjir yang melanda wilayah Kota Jember semakin intens, hal tersebut dipengaruhi oleh adanya faktor curah hujan yang tinggi yang diperparah dengan adanya kerusakan sistem drainase pada wilayah tersebut, sehingga pada saat hujan turun dengan durasi waktu yang cukup lama mengakibatkan air sungai cepat meluap kepermukaan yang dapat mengakibatkan bencana banjir terjadi pada wilayah sekitar. Bencana banjir yang terjadi pada tanggal 9 Januari 2022 di Kecamatan Sumpalsari dan Kecamatan Kaliwates menimbulkan berbagai dampak lingkungan dan juga sosial seperti rusaknya bangunan rumah dan infrastruktur, terganggunya aksesibilitas jalan, adanya korban jiwa, hilangnya harta benda dan

timbulnya berbagai macam penyakit kulit.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Darmawan dkk., (2017) selain faktor curah hujan, banjir juga dapat dipicu oleh faktor lainnya seperti kemiringan lereng (*Slope*), ketinggian (*elevation*), jenis tanah, tutupan lahan dan kerapatan aliran sungai. Selain itu terdapat faktor topografi yang merupakan salah satu kontrol penting dalam distribusi spasial kondisi hidrologi. Kejadian banjir berasosiasi dengan topografi tertentu, sebagian besar kejadian banjir terjadi pada topografi datar, landai dan cekungan. *Topographic Wetness Index* (TWI) merupakan kuantifikasi kontrol topografi terhadap proses hidrologi, indeks ini mampu memprediksi daerah yang rentan terhadap permukaan tanah jenuh dan daerah yang membawa potensi untuk menghasilkan aliran darat. Nilai TWI dapat mendeskripsikan kecenderungan akumulasi air pada sebuah daerah serta mampu menggambarkan tingkat kebasahan lahan yang juga dapat mempengaruhi terjadinya banjir pada suatu wilayah (Nucifera dan Putro, 2018).

Identifikasi daerah rawan bencana banjir penting dilakukan guna untuk memperkecil risiko bencana banjir dengan cara dilakukan pemetaan daerah rawan bencana banjir di wilayah Kota Jember, terdapat beberapa parameter penentu, dimana setiap parameter nantinya memiliki kriteria nilai kelas yang berbeda-beda. Parameter tersebut yaitu; curah hujan, tutupan lahan, kemiringan lereng, ketinggian, kerapatan aliran sungai, dan jenis tanah. Cara yang digunakan untuk melakukan analisis adalah menggunakan *Composite Mapping Analiysis* (CMA). Keunggulan dari metode ini yaitu dapat memetakan daerah rawan bencana banjir dengan mencari bobot dari masing-masing variabel yang nantinya akan digunakan sebagai nilai penentu dalam tingkat kerawanan bencana banjir, sehingga dapat memprediksi daerah rawan bencana banjir dengan baik karena besaran bobot yang diberikan sesuai dengan seberapa besar pengaruh setiap parameter terhadap kejadian bencana banjir di wilayah Kota Jember.

Pemetaan daerah rawan bencana banjir penting dilakukan guna untuk meminimalisir kerugian dan kerusakan di berbagai bidang, maka penulis tertarik untuk mengkaji permasalahan bencana banjir di wilayah Kota Jember dengan cara memetakan daerah rawan bencana banjir pada wilayah Kota Jember. Peta daerah

rawan banjir disusun menggunakan metode CMA yang dikombinasikan dengan parameter TWI. dengan judul penelitian “**Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Berdasarkan Pemodelan SIG pada wilayah Kota Jember**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat di rumuskan permasalahan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana Analisis tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember berdasarkan Metode CMA yang dikombinasikan *Topographic Wetness Index* (TWI) pada Tahun 2018 dan 2022?
- 2) Bagaimana tren tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember berdasarkan Metode CMA yang dikombinasikan *Topographic Wetness Index* (TWI) pada Tahun 2018, 2022 dan 2027?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penyusunan proposal ini, yaitu:

- 1) Menganalisis tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember berdasarkan Metode CMA yang dikombinasikan dengan *Topographic Wetness Index* (TWI) pada Tahun 2018 dan 2022;
- 2) Menganalisis tren tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember berdasarkan Metode CMA yang dikombinasikan dengan *Topographic Wetness Index* (TWI) pada Tahun 2018, 2022 dan 2027.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat kerawanan dan tren bencana banjir di wilayah Kota Jember Tahun 2018, 2022, dan 2027. Peta hasil penelitian dapat dijadikan sebagai bahan bagi Pemerintah, instansi seperti BPBD, BNPB dan yang lainnya dalam membuat kebijakan terkait dengan permukiman penduduk, serta menjadi wilayah yang tangguh terhadap bencana banjir.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Banjir

Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi diberbagai daerah yang diakibatkan oleh intensitas curah hujan tinggi, yang didukung dengan meningkatnya daerah kedap air akibat pembangunan pada daerah perkotaan. Bencana banjir dapat menyebabkan tanah yang biasanya kering berubah menjadi tergenang air. Intensitas curah hujan yang tinggi, topografi wilayah yang rendah hingga cekung, serta rendahnya kemampuan infiltrasi tanah merupakan salah satu faktor pemicu bencana banjir karena menyebabkan tanah tidak mampu lagi menyerap air. Bencana banjir mengakibatkan terbawanya material sedimen yang diendapkan pada tempat-tempat tertentu, sehingga memunculkan lahan-lahan baru yang terbentuk akibat banjir. Bentuk lahan yang terbentuk akibat banjir seperti tanggul alam, dataran banjir, rawa-rawa dan bekas sungai (Cahyono dkk., 2021).

Perubahan lingkungan yang intens dapat meningkatkan intensitas dan frekuensi banjir terjadi, seperti perubahan penggunaan lahan, penggundulan hutan, pemindahan lahan basah, perubahan jalur aliran air dan masalah lingkungan yang lebih besar seperti perubahan iklim dan permukaan laut (Ai dkk., 2018). Selain itu peningkatan curah hujan dan peristiwa cuaca ekstrim akibat perubahan iklim juga dapat meningkatkan bencana banjir terjadi. Luapan air dari badan air seperti sungai, danau, atau laut merupakan faktor pemicu banjir dimana sebagian air meluap keluar yang diperparah dengan adanya akumulasi air hujan di tanah yang sudah jenuh, sehingga tidak dapat menampung air dengan optimal sehingga akan terjadi luapan air yang berlebih dan dapat merusak benda-benda yang dilaluinya (Stamellou dkk., 2021).

Selain itu adanya debit aliran yang melebihi kapasitas saluran sungai, terutama pada tikungan atau liku-liku di saluran air juga dapat memicu bencana banjir terjadi. Banjir sering menyebabkan kerusakan pada lingkungan dan benda-benda yang dilalui dan berada di sekitarnya (Loveridge dan Rahman, 2021). Selain itu bencana banjir juga dapat menyebabkan adanya konsekuensi sekunder

selain kerusakan harta benda, seperti perpindahan penduduk dalam jangka panjang dan menciptakan peningkatan penyebaran penyakit yang dapat ditularkan melalui air dan benda-benda lainnya (Dung dkk., 2021).

2.1.1 Jenis Banjir

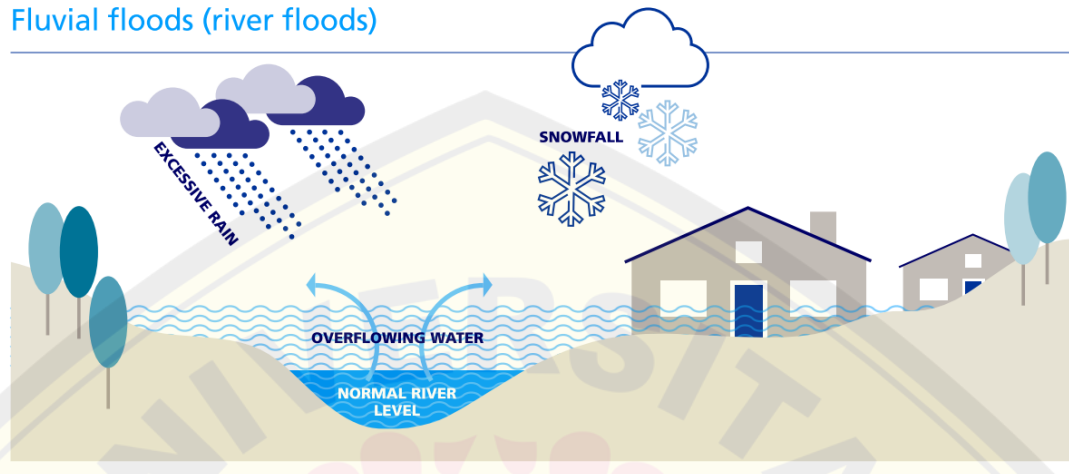
Adanya bencana banjir berdampak pada tanah yang biasanya kering berubah menjadi tergenang oleh air (Ryka dan Adha, 2021). Pemahaman tentang jenis-jenis banjir diperlukan agar dapat menganalisis dan mempelajari karakteristik serta akibat yang ditimbulkan dari setiap jenis banjir. Ada beberapa jenis banjir yang berbeda, dan masing-masing memiliki dampak yang berbeda pula baik dalam proses terjadinya banjir, kerusakan yang ditimbulkan, dan jenis mitigasi bencana yang sesuai. Berikut merupakan jenis-jenis banjir yaitu sebagai berikut (Jonkman, 2018; Leal dkk., 2018).

a. Banjir Sungai

Banjir sungai sering terjadi pada wilayah yang memiliki iklim basah. Banjir sungai terjadi ketika permukaan air di sungai, danau, atau aliran sungai naik dan meluap ke tepian tanah yang ada di sekitarnya, yaitu ketika alirannya tidak dapat lagi ditampung di dalam salurannya (Winsemius dkk., 2016). Banjir sungai cenderung disebabkan oleh hujan lebat, semakin cepat air hujan mencapai saluran sungai, semakin besar kemungkinan terjadinya banjir. Sifat bentang alam di sekitar sungai akan mempengaruhi seberapa cepat air hujan mencapai saluran. Kerusakan akibat banjir sungai dapat meluas karena luapan mempengaruhi sungai-sungai kecil di hilir, yang dapat menyebabkan bendungan dan tanggul jebol dan membanjiri daerah sekitarnya (Xia dan Chen, 2021; Yang dkk., 2021). Tingkat keparahan banjir sungai ditentukan oleh durasi dan intensitas curah hujan di daerah tangkapan air sungai. Faktor lain termasuk kejenuhan air tanah karena curah hujan sebelumnya, dan medan di sekitar sistem sungai. Di daerah yang lebih datar, air banjir cenderung naik lebih lambat dan lebih dangkal, dan sering bertahan selama berhari-hari (Maddox, 2019). Di daerah perbukitan atau pegunungan, banjir dapat terjadi dalam beberapa menit setelah hujan lebat mengalir dengan sangat cepat yang menyebabkan kerusakan akibat aliran puing-puing. Untuk menentukan kemungkinan banjir sungai terjadi dapat dilakukan

dengan model mempertimbangkan curah hujan masa lalu, curah hujan yang diperkirakan, ketinggian sungai saat ini, dan juga kondisi tanah dan medan (Arnell dan Gosling, 2016; Campolo dkk., 2017; Mester dkk., 2021).

Fluvial floods (river floods)



Gambar 2.1 Banjir Sungai (Maddox, 2019)

b. Banjir Fluvial

Banjir fluvial terjadi ketika peristiwa curah hujan ekstrem menciptakan banjir yang tidak bergantung pada badan air yang meluap (Mourato dkk., 2021). Kesalah pahaman umum tentang banjir adalah resiko bencana banjir tinggi berada di dekat badan air, namun banjir fluvial dapat terjadi di setiap lokasi, perkotaan atau pedesaan bahkan di daerah tanpa badan air di sekitarnya (Muthusamy dkk., 2021). Ada dua jenis banjir fluvial yang umum:

- 1) Banjir air permukaan terjadi ketika sistem drainase pada suatu wilayah telah mencapai titik jenuh sehingga air mengalir ke jalan dan bangunan di sekitarnya. Hal itu terjadi secara bertahap, yang memberi orang waktu untuk pindah ke lokasi yang aman, dan ketinggian air biasanya dangkal (< 1 meter). Hal ini tidak menciptakan ancaman langsung terhadap kehidupan akan tetapi dapat menyebabkan kerusakan ekonomi yang signifikan.
- 2) Banjir bandang dicirikan oleh aliran air yang deras dan berkecepatan tinggi yang dipicu oleh intensitas curah hujan tinggi yang turun dalam waktu relatif singkat di sekitar dataran tinggi. Mereka juga dapat terjadi melalui pelepasan air secara tiba-tiba dari tanggul hulu atau bendungan. Banjir bandang sangat

berbahaya dan merusak, bukan hanya karena kekuatan air akan tetapi juga puing-puing yang sering terbawa arus (Band dkk., 2020).

Pluvial floods (flash floods and surface water)



Gambar 2.2 Banjir Bandang (Maddox, 2019)

c. Banjir Rob

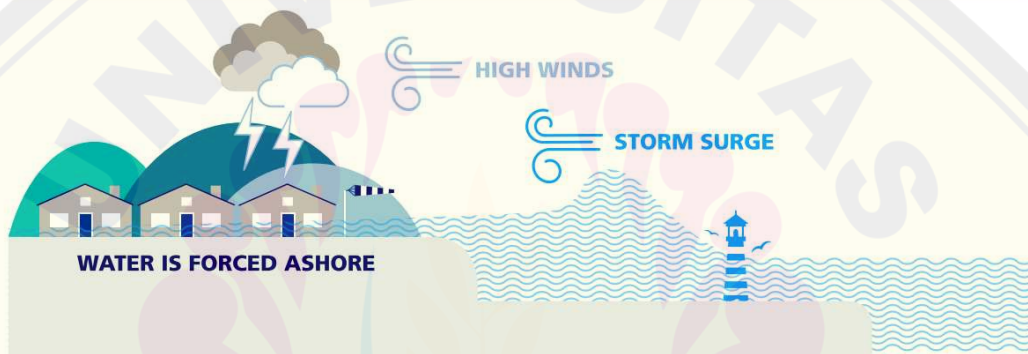
Banjir rob merupakan peristiwa dimana air laut naik dan menggenangi tanah di sekitarnya yang mengakibatkan masalah lingkungan. Minimnya penanganan dan pengamanan pantai menjadikan kondisi kawasan rawan bencana alam. Keadaan pasang surut air laut yang menggenangi daerah yang lebih rendah dari rata-rata permukaan air laut (*mean sea level*) dapat memicu terjadinya bencana banjir rob. Genangan pasang surut dapat berlangsung selama sehari-hari, bahkan terus menerus dengan ketinggian genangan yang bervariasi yang dipengaruhi oleh adanya gaya gravitasi dimana air akan mengalir ke daerah yang paling rendah dan mengisi seluruh ruang di bagian bawah. Fenomena alam ini menyebabkan air laut menggenangi beberapa tempat yang lebih rendah dari permukaan air laut (Saraswati dkk., 2021)

Penyebab umum banjir rob yaitu peristiwa badai angin kencang yang terjadi pada saat yang sama dengan air pasang (gelombang badai), dan tsunami. Gelombang badai tercipta ketika angin kencang dari badai angin yang menyebabkan air ke darat merupakan penyebab utama banjir pesisir dan seringkali merupakan ancaman terbesar yang terkait dengan badai angin. Efeknya meningkat tergantung pada air pasang badai angin yang terjadi saat air pasang

mengakibatkan banjir gelombang badai yang menghancurkan (Septian dkk., 2020).

Banjir rob dapat menyebabkan air membanjiri dataran rendah dan sering menyebabkan hilangnya nyawa dan harta benda. Tingkat keparahan banjir pesisir ditentukan oleh beberapa faktor yaitu kekuatan, ukuran, kecepatan, dan arah badai angin. Topografi darat dan lepas pantai juga memainkan peran penting. Probabilitas dan besarnya gelombang badai dapat ditentukan dengan mempertimbangkan informasi ini selain data dari badai historis yang telah mempengaruhi daerah tersebut.

Coastal flood (storm surge)



Gambar 2.3 Banjir Rob (Maddox, 2019)

2.1.2 Faktor Banjir

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Becker (2018) bencana banjir dipicu oleh faktor yang kompleks, dimana bencana banjir terjadi akibat kombinasi dari berbagai proses siklus hidrologi. Selain itu banjir juga dapat berkaitan dengan faktor meteorologi, topografi, penggunaan lahan, dan tipe tanah (Agbola dkk., 2017; Youssef dkk., 2018). Bencana banjir dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor alam dan juga non alam, faktor alam meliputi intensitas curah hujan, topografi, tanah, erosi, sedimentasi, kapasitas sungai, dan kapasitas drainase. Sedangkan faktor non alam dapat dipicu oleh manusia yaitu adanya peningkatan jumlah penduduk, pembangunan dibantaran sungai, degradasi hutan, dan alih fungsi lahan yang tidak mentaati peraturan dapat mempercepat terjadinya banjir (Yu dkk., 2019). Seiring bertambahnya populasi manusia, tutupan lahan yang

dikonversi dari vegetasi menjadi bangunan perkotaan, akan menimbulkan peningkatan limpasan saat hujan tiba, sehingga menyebabkan bencana banjir lebih lama dan intens (Cotugno dkk., 2021).

Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) terdapat tiga faktor utama pemicu terjadinya bencana banjir seperti hilangnya tutupan vegetasi, tutupan vegetasi memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan hidrologi daerah aliran sungai (DAS), memungkinkan tanah untuk terus menyerap air (Hagg dkk., 2021). Kandungan bahan organik yang tinggi membuat tanah tetap porous (tanah yang mudah atau cepat membuat air meresap) sedangkan keberadaan akar memudahkan penyerapan air ke dalam tanah. Menurunnya tutupan pohon akan mengganggu keseimbangan hidrologi setempat. Dimana akan meminimalkan penyerapan air hujan ke dalam tanah, sehingga air terperangkap di permukaan. Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Stagg dkk., (2021) dengan menggunakan analisis *Global Forest Watch* (GFW) menunjukkan hilangnya 887 Ha tutupan vegetasi di Pegunungan *Cyclops*, Papua, pada Tahun 2001 hingga Tahun 2018, yang mengakibatkan banjir di Distrik Waibu, Sentani dan Sentani Timur. Faktor yang selanjutnya yaitu cuaca ekstrim diperparah dengan adanya intensitas curah hujan yang tinggi (umumnya lebih dari 100 mm/hari) dalam waktu yang lama sering menjadi penyebab banjir di Indonesia.

Selain itu faktor topografi juga dapat mempengaruhi terjadinya bencana banjir, topografi lokal atau kemiringan sudut. Semakin curam suatu lereng, semakin cepat aliran airnya, dan banjir bandang akan semakin merusak. Ketika topografi didominasi oleh lereng yang sangat curam, maka akan terbentuk tanggul-tanggul alam. Mereka terbentuk ketika seluncuran menembus celah antara dua bukit. Ini akan menghalangi aliran air hingga volume tertentu. Ketika sebuah tanggul alam tidak mampu lagi menahan air, maka air tersebut akan dilepaskan, membawa material yang dilaluinya, seperti tanah, pepohonan dan bebatuan. Sama halnya pada daerah dengan topografi rendah juga memiliki potensi tinggi terjadinya bencana banjir, dikarenakan air akan slalu mengalir ke tempat yang lebih rendah sehingga pada saat hujan tiba dengan intensitas yang tinggi dan

durasi yang lama juga dapat memicu terjadinya bencana banjir (Prybutok dkk., 2021).

2.1.3 Dampak Banjir

Di antara bencana alam yang paling parah dampaknya terhadap kehidupan yaitu banjir. Banjir di suatu wilayah akan menimbulkan berbagai dampak negatif, besarnya dampak yang ditimbulkan oleh bencana banjir tergantung pada frekuensi, intensitas dan luasnya banjir (Swain dkk., 2020; Stamellou dkk., 2021). Berikut merupakan dampak yang ditimbulkan oleh bencana banjir seperti adanya korban jiwa dan hilangnya harta benda, dampak langsung dari banjir meliputi hilangnya nyawa manusia, kerusakan harta benda, kerusakan tanaman, hilangnya ternak, tidak berfungsinya fasilitas infrastruktur dan memburuknya kondisi kesehatan karena penyakit yang ditularkan melalui air (Kusumo dan Nursari, 2016; Mungok dkk., 2017; Utami dkk., 2018; Wibowo dkk., 2018; Ginting, 2021).

Hilangnya mata pencaharian karena jaringan komunikasi dan infrastruktur seperti pembangkit listrik, jalan dan jembatan rusak dan terganggu, kegiatan ekonomi terhenti, mengakibatkan dislokasi dan disfungsi kehidupan normal untuk jangka waktu yang jauh lebih lama dari durasi banjir (Darmawan dkk., 2017; Syafirina dan Jusfarida, 2018; Wisnawa dkk., 2021). Demikian pula, efek langsung pada aset produksi, baik di pertanian atau industri, dapat menghambat aktivitas secara teratur dan menyebabkan hilangnya mata pencaharian. Dampak tumpahan dari hilangnya mata pencaharian dapat dirasakan dalam kegiatan bisnis dan komersial bahkan di daerah-daerah non-banjir yang berdekatan (Wibowo dkk., 2019; Raharjo, 2021).

Penurunan daya beli dan produksi, kerusakan infrastruktur juga menimbulkan dampak jangka panjang, seperti gangguan terhadap air bersih dan listrik, transportasi, komunikasi, pendidikan dan kesehatan (Setiawan dkk., 2020). Hilangnya mata pencaharian, berkurangnya daya beli dan hilangnya nilai tanah di dataran banjir menyebabkan meningkatnya kerentanan masyarakat yang tinggal di daerah tersebut. Biaya tambahan untuk rehabilitasi, relokasi orang dan

pemindahan properti dari daerah yang terkena banjir dapat mengalihkan modal yang dibutuhkan untuk mempertahankan produksi (Eldi, 2021).

Efek Psikososial, dampak psikososial yang sangat besar pada korban banjir dan keluarganya dapat membuat mereka trauma dalam jangka waktu yang lama (Bertan dkk., 2021; Kurniawan dkk., 2021). Kehilangan orang yang dicintai dapat menimbulkan dampak yang mendalam, terutama pada anak-anak. Pemindahan dari rumah, kehilangan harta benda dan mata pencaharian serta gangguan terhadap bisnis dan urusan sosial dapat menyebabkan stres yang berkelanjutan. Tekanan untuk mengatasi kerugian ini bisa sangat besar dan menghasilkan dampak psikologis yang bertahan lama (Aisyah, 2021).

Menghambat pertumbuhan dan pembangunan ekonomi, tingginya biaya bantuan dan pemulihan dapat berdampak buruk pada investasi di bidang infrastruktur dan kegiatan pembangunan lainnya di daerah tersebut dan dalam kasus tertentu dapat melumpuhkan ekonomi lemah di wilayah tersebut (Pryastuti, 2021). Banjir yang berulang di suatu wilayah dapat menghambat investasi jangka panjang oleh pemerintah dan sektor swasta. Kurangnya mata pencaharian, bertambahnya jumlah pengangguran yang dikombinasikan dengan migrasi tenaga kerja terampil dan inflasi dapat berdampak negatif pada pertumbuhan ekonomi pada suatu wilayah. Hilangnya sumber daya dapat menyebabkan tingginya biaya barang dan jasa, serta dapat menunda program pengembangannya (Nurdiawan dan Putri, 2018; Utama dkk., 2018).

2.1.4 Bencana Banjir pada wilayah Kota Jember

Jenis bencana banjir yang ada di wilayah Kota Jember termasuk dalam jenis banjir sungai dikarenakan banjir yang ada di wilayah Kota Jember terjadi akibat dari luapan air sungai yang sudah tidak mampu lagi untuk menampung air lebih intens. Banjir sungai yang ada di wilayah Kota Jember dipicu oleh adanya intensitas curah hujan yang tinggi. Tingkat keparahan banjir sungai ditentukan oleh durasi dan intensitas curah hujan di daerah tangkapan air sungai. Faktor lain termasuk kejenuhan air tanah karena curah hujan sebelumnya, dan medan di sekitar sistem sungai (Xia dan Chen, 2021; Yang dkk., 2021).

Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Jember, wilayah Kota Jember merupakan daerah rawan bencana banjir karena terdapat *track record* bencana banjir yang selalu meningkat setiap tahunnya. Wilayah Kecamatan Patrang terdapat enam kelurahan yang pernah mengalami bencana banjir yang tersebar di Kelurahan Gebang, Jember Lor, Patrang, Baratan, Jumerto, dan Kelurahan Slawu. Wilayah Kecamatan Sumpstersari terdapat empat kelurahan yang pernah mengalami bencana banjir yang tersebar di Kelurahan Sumpstersari, Wirolegi, Kebonsari, dan Kelurahan Karangrejo. Sedangkan pada wilayah Kecamatan Kaliwates semua kelurahan pernah mengalami bencana banjir, seperti pada Kelurahan Kaliwates, Jember Kidul, Kebon Agung, Kepatihan, Mangli, Tegal Besar dan Kelurahan Sempusari. Terdapat banyak dampak yang ditimbulkan dari kejadian bencana banjir di wilayah Kota Jember seperti terganggunya aksesibilitas jalan, kerusakan bangunan, terhambatnya ekonomi, dan timbulnya berbagai macam penyakit kulit.

Bencana banjir yang ada di wilayah Kota Jember dipicu oleh adanya intensitas curah hujan yang tinggi dengan durasi waktu yang cukup lama sehingga mengakibatkan air sungai meluap ke permukaan dan mengakibatkan banjir sungai terjadi pada daerah sekitar. Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Jember, bencana banjir terjadi Pada tanggal 29 Januari 2021 yang menerjang wilayah Kota Jember Kecamatan Kaliwates, banjir pada wilayah ini dipicu oleh adanya hujan lebat dengan durasi waktu yang cukup lama sehingga mengakibatkan air di Sungai Bedadung meluap dengan cepat yang menimbulkan Kelurahan Mangli dan daerah sekitarnya tergenang oleh air. Selain itu, juga terdapat bangunan sekolah Institut Agama Islam Negeri Jember (IAIN) yang rusak akibat deri genangan air yang relatif tinggi. Tanggal 9 Januari 2022 bencana banjir kembali terjadi di Kecamatan Sumpstersari dan Kecamatan Kaliwates, bencana banjir juga dipicu oleh hujan lebat yang mengakibatkan sungai pada wilayah tersebut meluap ke permukaan dan mengakibatkan bencana banjir pada wilayah tersebut, terdapat banyak dampak yang ditimbulkan oleh bencana banjir seperti adanya 3 korban jiwa, kerusakan bangunan rumah dan infrastruktur, hilangnya harta benda dan adanya penyakit kulit.

2.2 Tingkat Kerawanan Bencana Banjir

Tingkat kerawanan bencana banjir dilihat sebagai predisposisi suatu wilayah yang ditentukan oleh konfigurasi fisiknya yang dapat menentukan kecenderungan terjadinya bencana banjir. Klasifikasi tingkat kerawanan bencana banjir dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu; tidak rawan, rawan, dan sangat rawan. Tingkat bahaya banjir ini dirancang untuk mengetahui sebaran kawasan rawan bencana banjir, yang kemudian digunakan untuk mencegah adanya kerugian yang timbul akibat adanya bencana banjir, untuk klasifikasi pertama dengan kategori tidak rawan, dimana klasifikasi ini bencana banjir tidak berdampak pada kehidupan manusia. Klasifikasi kedua yaitu dengan kategori rawan, dimana kategori rawan mengidentifikasi bencana banjir yang berdampak pada kehidupan masyarakat. Kategori terakhir yaitu sangat rawan, yang menggambarkan sering terjadinya bencana banjir pada suatu wilayah yang akan menimbulkan banyak kerusakan lingkungan (Harfadli dan Ulimaz, 2021).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Band dkk., (2020) menyatakan bahwa bencana banjir yang terjadi di DAS Kalvan Provinsi Markazi, Iran, menimbulkan banyak kerugian material dan juga lingkungan. Dimana kerusakan lingkungan yang sangat tinggi berada di wilayah dengan kategori sangat rawan seluas 582,56 km² (28,33%). Kerusakan lingkungan pada kategori rawan seluas 345,20 km² (14,15%), dan tidak ditemukan kerusakan lingkungan pada wilayah dengan kategori tidak rawan. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Luu dkk., (2021) dimana bencana banjir yang terjadi di Provinsi Quang Binh, Vietnam menimbulkan banyak kerusakan lingkungan dan juga bangunan. Tingkat kerawanan bencana banjir pada Provinsi Quang Binh, Vietnam dibagi menjadi tiga kategori tingkat kerawanan yaitu wilayah tidak rawan seluas, 224 km² (2,8%) dimana pada wilayah dengan kategori tidak rawan tidak ditemukan kerusakan lingkungan. Tingkat kerawanan bencana banjir dengan kategori rawan seluas 243 km² (3,1%) menimbulkan kerusakan pada lingkungan dan pada wilayah dengan kategori sangat rawan seluas 829 km² (10,4%) pada wilayah ini bencana banjir sangat sering terjadi sehingga menimbulkan kerusakan lingkungan, dan bangunan yang cukup signifikan.

2.3 Curah Hujan

Perubahan iklim di permukaan bumi yang tidak menentu menjadi faktor pemicu utama terjadinya bencana banjir (Stagg dkk., 2021). Karena curah hujan mampu mempengaruhi debit aliran air sungai (Aziza dkk., 2021). Bencana banjir sering terjadi pada wilayah yang memiliki topografi datar seperti pada daerah perkotaan yang padat penduduk (Aisyah, 2021). Saat hujan tiba tidak semua air dapat terinfiltrasi dengan optimal, sebagian air akan ditangkap oleh tanah dan juga vegetasi, namun sisanya akan menjadi aliran permukaan yang diakibatkan oleh adanya bangunan ataupun lahan yang kedap air sehingga akan memicu ketidakseimbangan antara jumlah air yang turun dengan kapasitas kawasan resapan, yang menyebabkan air tidak terinfiltrasi dan mengalir ke bagian yang lebih rendah. Intensitas curah hujan pada setiap wilayah bervariasi mulai dari <20 hingga >150 mm/bulan. Fenomena banjir akan intensif terjadi pada daerah yang memiliki intensitas curah hujan yang tinggi, dimana curah hujan yang tinggi akan menimbulkan volume air meningkat sehingga potensi terjadinya bencana banjir semakin intens (Nugroho, 2018; Idati dkk., 2020; Pakpahan dkk., 2020; Ginting, 2021; Kharimah dkk., 2021).

Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) pada tanggal 22 Januari 2021 telah terjadi hujan deras dengan durasi tiga jam yang mengakibatkan terjadinya bencana banjir yang tersebar di tiga kelurahan Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember, yaitu Kelurahan Mangli, Kelurahan Sempusari, dan Kelurahan Kaliwates. Kerusakan yang paling tinggi akibat banjir terjadi di Kecamatan Kaliwates karena terdapat bangunan Universitas Islam Jember yang terdampak cukup parah akibat banjir. Adanya intensitas curah hujan yang cukup tinggi mengakibatkan debit air saluran irigasi di wilayah setempat meluap dengan cepat, sehingga mengakibatkan banyak rumah warga yang terendam banjir, rusaknya sarana dan prasarana, terganggunya aksesibilitas jalan, pemrosotan ekonomi dan timbulnya berbagai macam penyakit kulit. Hal serupa kembali terjadi Pada tanggal 29 Januari 2021 bencana banjir kembali menerjang wilayah Kota Jember yang berada di Kecamatan Kaliwates, banjir pada wilayah ini juga dipicu oleh adanya hujan lebat dengan durasi waktu yang cukup lama

sehingga mengakibatkan air di Sungai Bedadung meluap dengan cepat yang menimbulkan Kelurahan Mangli dan daerah sekitarnya tergenang oleh air. Selain itu, juga terdapat bangunan sekolah Institut Agama Islam Negeri Jember (IAIN) yang rusak akibat dari genangan air yang relatif tinggi.

2.4 Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan faktor penting untuk menggambarkan pengaruh topografi terhadap hidrologi dan erosi tanah yang terjadi karena kemiringan lereng mampu mempengaruhi arah aliran air, sehingga mampu memicu terjadinya bencana banjir terjadi (Lei dkk., 2021). Kemiringan dan panjang lereng didefinisikan sebagai jarak dari titik asal aliran permukaan ke titik di mana kemiringan menurun sejauh titik limpasan memasuki saluran yang ditentukan. Faktor ini dikenal sebagai salah satu faktor kunci yang mempengaruhi volume aliran dan kecepatan limpasan. Pengaruh panjang lereng terhadap erosi terjadi melalui peningkatan volume dan kecepatan limpasan, sehingga meningkatkan kapasitas limpasan untuk memisahkan dan mengangkut sedimen. Semakin panjang lereng, semakin tinggi kecepatan aliran dan semakin besar volume limpasan. Hal ini menyebabkan panjang lereng juga berpengaruh signifikan terhadap formasi banjir.

Kemiringan lereng pada suatu wilayah bervariasi mulai dari 0 hingga >45%, Potensi bencana banjir akan lebih intens pada daerah dengan tingkat kemiringan lereng yang landai, dan semakin tinggi tingkat kemiringan lerengnya akan meminimalisir terjadinya bencana banjir terjadi pada suatu wilayah (Taufik dan Rahman, 2020). wilayah Kota Jember merupakan wilayah yang teridri dari tiga kecamatan yang letaknya berada di tengah Kabupaten Jember, dimana pada wilayah Kota Jember didominasi oleh dataran rendah dan juga cekungan yang dikarena pada daerah timur dan barat wilayah Kota Jember merupakan dataran tinggi, dimana pada wilayah bagian barat termasuk dari kaki Gunung Argopuro dan sebelah timur merupakan bagian dari kaki Gunung Raung sehingga dengan adanya kondisi fisik yang relatif rendah yang didukung dengan kondisi sekitarnya yang tinggi dapat memicu terjadinya bencana banjir karena pada

dasarnya air selalu mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah sehingga apabila hujan tiba akan memicu terjadinya banjir.

2.5 Ketinggian

Ketinggian lahan merupakan ukuran ketinggian lokasi di atas permukaan laut. Didasarkan pada sifat air yang mengalir mengikuti gaya gravitasi yaitu mengalir dari daerah tinggi ke daerah rendah sehingga ketinggian suatu wilayah mempunyai pengaruh terhadap terjadinya banjir. Lahan yang berada pada ketinggian berpotensi kecil untuk terjadi banjir. Sedangkan daerah dengan ketinggian rendah berpotensi besar untuk terjadinya banjir. Ketinggian tempat pada suatu wilayah berbeda mulai dari 0-25 m hingga >100 m. Semakin rendah suatu daerah maka semakin berpotensi terjadi banjir, begitu pula sebaliknya. Semakin tinggi suatu daerah, maka semakin aman akan bencana banjir (Kuswadi dan Zulkarnain, 2014).

Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Jember, wilayah Kota Jember merupakan kota yang sering terjadi bencana banjir disaat musim penghujan tiba. Karakteristik wilayah banjir memiliki kondisi topografi yang berbeda, mulai dari ketinggian >45 mdpl hingga <85 mdpl. wilayah yang didominasi oleh dataran rendah mengakibatkan wilayah Kota Jember rawan akan bencana banjir, yang diperparah dengan adanya alih fungsi lahan akibat dari penambahan jumlah penduduk yang semakin meningkat, sehingga banyak lahan bervegetasi berubah menjadi lahan terbangun. Demikian pula semakin banyaknya lahan terbangun akan meningkatkan limpasan permukaan yang dapat memicu terjadinya banjir di wilayah Kota Jember.

2.6 Tutupan Lahan

Tutupan lahan merupakan hamparan obyek yang menutupi permukaan bumi sehingga dapat mempengaruhi limpasan air hujan di bumi. Tutupan lahan yang didominasi oleh vegetasi akan mendukung adanya infiltrasi air kedalam tanah, sedangkan semakin minimnya lahan vegetasi pada suatu lahan akan menyebabkan adanya aliran permukaan yang dapat memicu terjadinya banjir.

Tutupan lahan pada suatu wilayah bervariasi mulai dari lahan terbangun, sawah, semak, perkebunan dan hutan (Wardhana dkk., 2018). Vegetasi yang nampak di permukaan tanah mencerminkan besarnya penutupan lahan oleh tajuk tanaman. Semakin banyak lahan yang tertutup, kerusakan tanah akan semakin kecil dan sebaliknya lahan yang semakin terbuka akan menyebabkan tanah memiliki potensi banjir yang besar (Kusumo dan Nursari, 2016).

Wilayah Kota Jember memiliki jenis tutupan lahan yang bervariasi mulai dari lahan terbangun, sawah, kebun, dan badan air. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk yang terus meningkat pada daerah kota akan mempercepat perubahan tutupan lahan (Cotugno dkk., 2021). Seiring dengan perkembangan zaman, jumlah pembangunan kota semakin bertambah yang mengakibatkan minimnya ruang terbuka hijau, karena adanya kebutuhan ruang untuk dijadikan sebagai lahan pemukiman penduduk dan aktivitas lainnya (Riyanti dkk., 2021). Pembangunan wilayah maupun infrastruktur mengalami perkembangan yang cukup signifikan pada era modern sehingga mengakibatkan semakin minimnya ruang terbuka hijau dan dapat mengurangi daerah resapan air yang diakibatkan oleh adanya alih fungsi lahan (Raharjo, 2021).

Pada Kecamatan Patrang tutupan lahan didominasi oleh lahan terbangun seperti permukiman warga, sekolah negeri dan swasta, paprik dan lahan perumahan. Selain itu pada kecamatan patrang juga terdapat lahan sawah, perkebunan dan juga dilalui oleh daerah aliran sungai Bedadung. Wilayah Kecamatan Sumpi juga didominasi oleh lahan terbangun seperti permukiman penduduk, paprik, tempat sekolah negeri dan swasta, dan juga lahan perumahan, pada daerah ini juga dapat ditemukan lahan sawah, perkebunan dan daerah aliran sungai Bedadung. Wilayah Kecamatan Kaliwates didominasi oleh lahan terbangun seperti permukiman penduduk, paprik, sekolah, dan perumahan. Wilayah Kecamatan Kaliwates juga dapat ditemukan lahan sawah dan juga daerah aliran sungai Bedadung.

Pada penelitian ini tutupan lahan wilayah Kota Jember akan diklasifikasikan menjadi 5 kelas tutupan lahan yaitu lahan terbangun untuk kelas tinggi, sawah untuk kelas agak tinggi, semak untuk kelas sedang, perkebunan

untuk kelas agak rendah dan hutan untuk kelas rendah. Data tutupan lahan diperoleh dari citra Sentinel-2 perekaman 2018 dan 2022 yang diolah menggunakan *software* ArcMap 10.4.1 dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Classification*. Penggunaan klasifikasi ini akan mempermudah menganalisis perbedaan tutupan lahan yang ada di Tahun 2018 dan tutupan lahan pada Tahun 2022. Dimana seiring dengan pertambahan jumlah penduduk lahan terbangun semakin bertambah seiring dengan kebutuhan penduduk yang selalu bertambah dan kompleks. Akibat dari banyaknya lahan terbangun mengakibatkan alih fungsi lahan pada suatu daerah ditunjukkan dengan semakin berkurangnya lahan terbuka hijau yang diakibatkan oleh adanya pembangunan.

2.7 Kerapatan Aliran Sungai

Kerapatan aliran sungai merupakan suatu angka indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai di dalam suatu Daerah aliran sungai (DAS). Indeks kerapatan drainase menggambarkan kerapatan aliran sungai pada suatu DAS. Semakin tinggi angka kerapatan aliran sungai maka resiko bencana banjir semakin besar. Kecepatan aliran sungai dipengaruhi pada tingkat kecuraman sungai. Semakin besar kecuraman sungai, semakin tinggi kecepatan aliran demikian sebaliknya. Tinggi rendahnya kecepatan aliran sungai mempengaruhi kejadian banjir, apalagi bila dipengaruhi oleh debit air sungai yang besar (Utama dkk., 2018). Selain itu kerapatan aliran sungai juga dapat menggambarkan kapasitas penyimpanan air permukaan dalam cekungan seperti danau, rawa dan badan sungai yang mengalir di suatu daerah aliran sungai (Saidi dkk., 2018; Septian dkk., 2020).

Kerapatan aliran sungai termasuk rendah apabila alur sungai melewati batuan dengan resistensi keras, maka angkutan sedimen yang terangkut apada aliran sungai lebih kecil jika dibandingkan pada alur sungai yang melewati bantuan dengan resistensi yang lebih lunak, apabila kondisi lain yang mempengaruhinya sama (Tawil dkk., 2019). Kerapatan aliran sungai termasuk sedang apabila alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak, sehingga angkutan sedimen yang terangkut aliran akan lebih besar. Kerapatan

aliran sungai termasuk tinggi apabila alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lunak sehingga angkutan sedimen yang terangkut aliran akan lebih besar. Kerapatan aliran sungai termasuk sangat tinggi apabila alur sungai melewati batuan yang kedap air, keadaan ini akan menunjukkan bahwa air hujan yang menjadikan aliran akan lebih besar jika dibandingkan suatu daerah dengan kerapatan aliran rendah yang melewati batuan yang permeabilitas besar (Utama dkk., 2018).

Sungai Bedadung merupakan sungai terbesar yang ada di wilayah Kota Jember, sungai ini memiliki panjang sekitar 161 Km yang mengalir dari lereng Pegunungan Iyang melintasi pusat wilayah Kota Jember dan bermuara ke Teluk Dampa, Samudera Hindia dekat Puger. Sungai Bedadung memiliki sejumlah anak sungai yang cukup besar yaitu; Sungai Biting, Sungai Arjasa, Sungai Baratan, Sungai Jompo, Sungai Putih, Sungai Petung dan Sungai Besini. Disepanjang bantaran Sungai Bedadung terdapat permukiman penduduk yang berjejer mengikuti panjang sungai, dimana dengan adanya pembangunan tersebut dapat mengganggu fungsi utama sungai. Selain itu adanya perkembangan kota juga akan menimbulkan konversi daerah aliran sungai (DAS) alami menjadi DAS perkotaan yang dapat mengubah siklus air seperti berkurangnya infiltrasi, evapotranspirasi, dan pengisian air tanah, sehingga mengintensifkan limpasan permukaan yang berdampak pada risiko bencana banjir terjadi (Kachholz dkk., 2021). Fenomena ini menyebabkan masalah banjir pada daerah perkotaan semakin meningkat karena kapasitas aliran sungai atau drainase yang tidak dapat menampung air dengan optimal pada saat curah hujan tinggi. Banjir pada daerah perkotaan dapat menjadi bencana besar. Terutama pada daerah sungai padat permukiman yang memiliki risiko kerusakan dan kerugian yang tinggi disaat terjadi banjir (Sabbatini dkk., 2021; Sidek dkk., 2021).

2.8 Jenis Tanah

Jenis tanah sangat berpengaruh terhadap proses infiltrasi. Infiltrasi yang rendah akan menimbulkan adanya aliran permukaan (*run off*) meningkat, hal ini terjadi pada tanah yang memiliki tekstur halus. Sehingga peluang kejadian banjir

lebih tinggi pada daerah yang memiliki tanah dengan tekstur sangat halus, sedangkan tekstur tanah yang kasar memiliki peluang kejadian banjir yang rendah. Karena semakin halus tekstur tanah menyebabkan air aliran permukaan yang berasal dari hujan maupun luapan sungai sulit untuk meresap ke dalam tanah, sehingga terjadi penggenangan. Berdasarkan hal tersebut, jenis tanah yang memiliki tekstur sangat halus yaitu jenis tanah vertisol dan oksisol sedangkan tanah yang memiliki tekstur kasar seperti spodosol dan andisol (Kusumo dan Nursari, 2016).

Terdapat faktor yang mempengaruhi proses penyerapan air kedalam tanah (Infiltrasi) seperti jenis tanah yang ada pada suatu daerah. Selain itu penyerapan air kedalam tanah juga bisa dipicu oleh tingkat kepadatan tanah, kelembaban tanah dan jenis tanaman di atasnya. Laju infiltrasi pada tanah lambat laun akan semakin kecil karena kelembaban tanah yang mengalami peningkatan. Semakin besar daya serap atau infiltrasinya terhadap air maka tingkat kerawanan banjirnya akan semakin kecil. Begitu pula sebaliknya, semakin kecil daya serap atau infiltrasinya terhadap air maka semakin besar potensi kerawanan banjirnya (Putra dan Djurdjani, 2018).

Wilayah Kota Jember didominasi oleh jenis tanah andosol dan terdapat juga sedikit jenis tanah flufisol, tanah andosol merupakan jenis tanah yang sangat berpori, berwarna gelap, mempunyai tekstur yang sangat bervariasi dari lempung berpasir sampai liat berpasir, hal ini tergantung dari jenis dan ukuran partikel tephra yang dikeluarkan saat terjadinya erupsi dan tingkat pelapukan. Tanah andosol memiliki struktur tanah yang mencerminkan tingginya bahan tanah berbentuk mineral non kristalin dan tingginya bahan organik tanah. Kedua bahan tersebut sangat berperan dalam menentukan rendahnya berat isi (*bulk density*). Horison permukaan dari tanah Andosol umumnya mempunyai struktur berbutir (*granular*) dan struktur gumpal (*blocky*) atau membulat (*subangular*). Ukuran dan kelas struktur tanah Andosol cukup bervariasi, hal tersebut mencerminkan pengaruh dari jenis material tanah, budidaya, dan iklim (pengeringan dan pembasahan). Jenis tanah andosol yang ada di wilayah Kota Jember memiliki tekstur pasir berlempung sehingga mudah jenuh terhadap air. Apabila tanah sudah

sampai pada titik jenuh maka air tidak dapat terserap lagi oleh tanah dan menjadi aliran permukaan. Semakin bertambahnya jumlah aliran permukaan pada suatu wilayah akan semakin memicu terjadinya bencana banjir pada suatu wilayah (Budiarti dkk., 2018).

2.9 Topographic Wetness Index (TWI)

Topografi merupakan salah satu kontrol penting dalam distribusi spasial kondisi hidrologi. Perbedaan kondisi topografi akan mempengaruhi respon terhadap hujan yang jatuh di suatu daerah. Kejadian banjir berasosiasi dengan topografi tertentu, sebagian besar kejadian banjir terjadi pada topografi datar, landai dan cekungan (Pourali dkk., 2016; Zhu, 2016; Das, 2018; Riadi dkk., 2018; Pourghasemi, 2019; Das, 2020; Sepehri dkk., 2020). *Topographic Wetness Index* (TWI) merupakan kuantifikasi kontrol topografi terhadap proses hidrologi, indeks ini mampu memprediksi daerah yang rentan terhadap permukaan tanah jenuh dan daerah yang membawa potensi untuk menghasilkan aliran darat (Tauhid dkk., 2017). Nilai TWI dapat mendeskripsikan kecenderungan akumulasi air pada sebuah daerah berdasarkan gaya gravitasi yang mengontrol aliran air serta mampu menggambarkan tingkat kebasahan lahan yang juga dapat mempengaruhi terjadinya banjir pada suatu wilayah (Nucifera dan Putro, 2018).

Topographic Wetness Index (TWI) merupakan salah satu parameter terpenting yang menyampaikan informasi penting tentang pengendalian hidro-geomorfologi pada bentang alam. TWI juga merupakan proksi yang baik dari pola erosi dan kelembaban tanah. Korelasi yang kuat antara TWI dan pengembangan dataran banjir (Das, 2020). Selain itu TWI merupakan kriteria yang dapat menggambarkan peran topografi pada tingkat saturasi. Kriteria yang merupakan fungsi dari arah aliran dan akumulatif aliran ini memiliki peran utama dalam kerawanan banjir. Menurut kriteria ini, daerah dengan nilai TWI tinggi lebih rentan terhadap banjir (Sepehri dkk., 2020).

2.10 Composite Mapping Analysis (CMA)

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Haryani dkk., (2012) adanya pemetaan daerah rawan banjir penting dilakukan guna untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan oleh bencana banjir. Pemetaan banjir menggunakan sistem informasi geografis dapat mempermudah dalam pemetaan daerah rawan banjir dengan estimasi pembuatan yang lebih efisien (Abdolmanafi dkk., 2021). Proses pemetaan kerawanan banjir dibuat berdasarkan beberapa parameter dengan pembobotan dan *scoring*. Bobot masing-masing parameter banjir ditentukan dengan menggunakan cara komposit dari masing-masing parameter banjir, yang sering disebut dengan istilah CMA (*Composite Mapping Analysis*). Peta kerawanan banjir diperoleh dengan *scoring* dan *overlay* dari parameter kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, ketinggian tempat, penggunaan lahan, jarak dari sungai (Salamiah dan Kumalawati, 2016; Sukowati dan Kusratmoko, 2019; Sari dan Dananjaya, 2020; Taufik dan Rahman, 2020; Cahyono dkk., 2021).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pahlevy (2018) pada musim penghujan tiba bencana banjir sering melanda Kota Sampang dimana dampak yang ditimbulkan dari bencana banjir ini cukup besar sehingga dilakukan Pemetaan daerah rawan banjir di Kota Sampang menggunakan metode *Composite Mapping Analysis* (CMA) guna untuk meminimalisir dari adanya dampak banjir dan mempermudah dalam pengambilan kebijakan. Terdapat dua faktor utama yang menjadi pemicu banjir di Kota Sampang yaitu adanya intensitas curah hujan yang tinggi dan juga kondisi topografi relatif datar. Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Taufik (2020) yang melakukan pemetaan bencana banjir di Pacitan dengan metode *Composite Mapping Analysis* (CMA) yang diperoleh hasil luas daerah dengan kategori tidak rawan seluas 61.879 ha (44%), kelas rawan dengan luas daerah 67.885 ha (48%) dan kelas sangat rawan seluas 11.144 ha (8%).

2.11 Penelitian Yang Relevan

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sukowati dan Kusratmoko (2019) Kabupaten Karawang merupakan daerah yang sering dilanda banjir. Tercatat pada

Tahun 2009 hingga Tahun 2017 terdapat 20 kecamatan di Kabupaten Karawang dilanda banjir yang menimbulkan kerusakan lingkungan, bangunan, infrastruktur dan timbulnya berbagai penyakit kulit. Deteksi daerah banjir dilakukan dengan menggunakan citra multitemporal SAR Sentinel 1A dengan menggunakan metode *Composite Mapping Analysis* (CMA) yang terdiri dari enam parameter yaitu curah hujan, ketinggian, kemiringan lereng, tutupan lahan, jenis tanah dan kerapatan aliran sungai serta pemanfaatan sistem informasi geografis, guna untuk meminimalisir adanya dampak negatif yang terjadi akibat dari adanya bencana banjir di Kabupaten Karawang.

Penelitian yang dilakukan Khaing dkk., (2019) berpendapat bahwa perkembangan sosial ekonomi yang cepat didukung dengan adanya perubahan iklim yang tidak menentu dapat memicu terjadinya banjir berkekuatan tinggi di Asia Selatan. Tercatat pada Tahun 1974 hingga 2015 Myanmar mengalami banjir paling parah dalam beberapa dekade yang menelan korban 120 orang, lebih dari 1.624.000 orang mengungsi, dan menggenangi lebih dari 500.000 ha lahan pertanian. Citra satelit dari *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) dan *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar-2 onboard Advanced Land Observing Satellite-2* (ALOS-2/PALSAR-2) digunakan untuk memvalidasi model daerah yang berpotensi banjir. Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Sari dan Dananjaya (2020) yang dilakukan di Kota Semarang, dimana Kota Semarang merupakan Ibu Kota Jawa Tengah dimana pembangunan sosial ekonomi berkembang pesat yang berdampak pada permasalahan lingkungan terutama bencana banjir yang setiap tahun terjadi pada Kota Semarang.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pemetaan daerah rawan bencana banjir difokuskan pada beberapa parameter seperti curah hujan, ketinggian, kemiringan lereng, tutupan lahan, jenis tanah dan kerapatan aliran sungai saja. Dan belum ada yang mengkaji *Topographic Wetness Index* (TWI) sebagai indikator penelitian sedangkan parameter TWI merupakan salah satu parameter terpenting yang menyampaikan informasi penting tentang pengendalian hidro-geomorfologi pada bentang alam. TWI juga merupakan proksi yang baik dari pola erosi dan kelembaban tanah. Korelasi yang kuat antara TWI dan

pengembangan dataran banjir (Das, 2020). Selain itu TWI merupakan kriteria yang dapat menggambarkan peran topografi pada tingkat saturasi. Kriteria yang merupakan fungsi dari arah aliran dan akumulatif aliran ini memiliki peran utama dalam kerawanan banjir. Menurut kriteria ini, daerah dengan nilai TWI tinggi lebih rentan terhadap banjir (Sepehri dkk., 2020).

Oleh sebab itu peneliti tertarik mengkaji tentang “Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Berdasarkan Pemodelan SIG pada wilayah Kota Jember” menggunakan metode CMA (*Composite Mapping Analysis*), yang dikombinasikan dengan parameter TWI. Metode ini terdiri dari enam parameter yaitu curah hujan, jenis tanah, kerapatan aliran sungai, tutupan lahan, ketinggian, dan kemiringan lereng. Dari keenam parameter ini kemudian dikombinasikan dengan parameter TWI dengan cara pemberian *scoring* dan penentuan pembobotan yang dilakukan secara kuantitatif, kemudian setelah itu dilakukan *overlay* dengan menggunakan aplikasi ArcMap 10.4.1. Dimana hasil dari *overlay* tersebut akan menghasilkan peta rawan bencana banjir yang kemudian peta tersebut dianalisis dan dideskripsikan.

BAB 3. METODE PENELITIAN

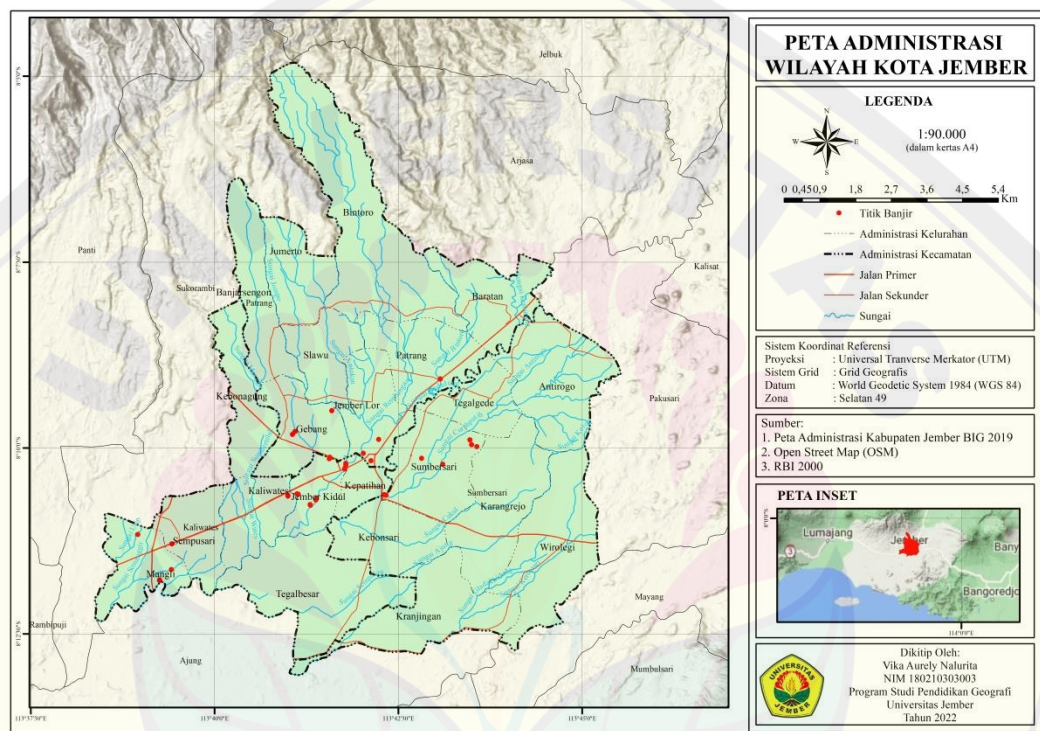
3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan fenomena yang dikaji mengenai analisis tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember, maka digunakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif. Metode kuantitatif sendiri yaitu diadakan pengukuran secara langsung pada lokasi penelitian dengan menggunakan metode CMA (*Composite Mapping Analysis*) yang dikombinasikan dengan parameter *Topographic Wetness Index* (TWI). Metode ini terdiri dari enam parameter yaitu curah hujan, jenis tanah, kerapatan aliran sungai, tutupan lahan, ketinggian, dan kemiringan lereng. Keenam parameter ini kemudian dikombinasikan dengan parameter TWI dengan cara pemberian *scoring* dan penentuan pembobotan yang dilakukan secara kuantitatif, kemudian setelah itu dilakukan *overlay* dengan menggunakan aplikasi ArcMap 10.4.1. Hasil dari *overlay* akan menghasilkan peta rawan bencana banjir yang kemudian peta tersebut dianalisis dan dideskripsikan.

3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian

Berdasarkan Peraturan Daerah Rencana Tata Ruang wilayah (RTRW) Kabupaten Jember Tahun 2015, wilayah Kota Jember memiliki Pusat Kegiatan wilayah (PKW) yang terdiri dari tiga kecamatan yaitu: Kecamatan Sumpalsari, Kecamatan Kaliwates dan Kecamatan Patrang (Gambar 3.1), pengambilan data dilapangan akan dilakukan selama 1 bulan. wilayah Kota Jember berada pada ketinggian 83 mdpl dengan lokasi koordinat 7°59'6"-8°33'56" Lintang Selatan dan 6°27'9"-7°14'33" Bujur Timur. Bagian utara wilayah Kota Jember berbatasan langsung dengan Kecamatan Arjasa, pada sebelah timur berbatasan langsung dengan Kecamatan Pakusari, pada sebelah selatan berbatasan langsung dengan Kecamatan Ajung dan pada sebelah barat berbatasan langsung dengan Kecamatan Sukorambi. Secara umum wilayah Kota Jember didominasi oleh daerah yang datar dan sedikit berlereng pada wilayah utara. Penggunaan lahan di wilayah Kota Jember terdiri dari lahan pertanian yakni dengan luas 5.099,283 Ha, tanah tegalan seluas 1.477,9 Ha, perumahan seluas 2.679,655 Ha. Dataran wilayah Kota Jember

banyak dibentuk oleh jenis tanah andosol dan memiliki iklim tropis. Sungai yang melintasi wilayah Kota Jember adalah Sungai Bedadung, sungai ini memiliki panjang sekitar 161 Km yang mengalir dari lereng Pegunungan Iyang melintasi pusat wilayah Kota Jember dan bermuara ke Teluk Dampa, Samudera Hindia pada Kecamatan Puger. Sungai Bedadung memiliki sejumlah anak sungai yang cukup besar yaitu; Sungai Biting, Sungai Arjasa, Sungai Baratan, Sungai Jompo, Sungai Putih, Sungai Petung dan Sungai Besini.



Gambar 3.1 Peta Administrasi wilayah Kota Jember

Kota Jember memiliki jenis tutupan lahan yang bervariasi mulai dari lahan terbangun, sawah, kebun, dan badan air. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk pada daerah kota akan mempercepat perubahan tutupan lahan, karena kebutuhan setiap manusia yang berbeda-beda sehingga mengakibatkan jumlah akan kebutuhan lahan semakin meningkat yang mengakibatkan persediaan lahan terbuka hijau semakin menurun (Cotugno dkk., 2021).

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat Penelitian

- a. GPS *Garmin e-trex 30*

3.3.2. Bahan Penelitian

- a. Peta Administrasi Kabupaten Jember skala 1:50.000
- b. Peta DAS Kabupaten Jember
- c. Citra Satelit DEM Nasional BIG perekaman 2018
- d. Citra Satelit Sentinel-2 Kabupaten Jember perekaman 2018 dan 2022
- e. *Software ArcMap 10.4*
- f. Lembar Survey Lapangan
- g. Lembar Uji Akurasi

3.4 Variabel Penelitian

Penelitian yang berjudul “Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Berdasarkan Pemodelan SIG pada wilayah Kota Jember” terdapat variabel bebas dan variabel terikat, variabel bebas berupa pemodelan SIG dan variabel terikat dalam penelitian ini berupa analisis tingkat kerawanan bencana banjir. Penelitian bencana banjir terdapat tujuh parameter penelitian yang dapat mempengaruhi bencana banjir di wilayah Kota Jember seperti curah hujan, kemiringan lereng, ketinggian (elevasi), tutupan lahan, kerapatan aliran sungai, jenis tanah dan *Topographic Wetness Index (TWI)*.

3.5 Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional variabel penelitian yaitu suatu nilai dari obyek atau kegiatan yang memiliki variasi tertentu yang telah ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya. Definisi operasional variabel penelitian harus dirumuskan untuk menghindari kesesatan dalam mengumpulkan data. Definisi operasional variabel dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu pemodelan sistem informasi geografis (SIG) yang dapat menjelaskan dan mempresentasikan objek daerah

rawan bencana banjir yang ada di wilayah Kota Jember dalam bentuk digital. Penelitian ini menggunakan metode *Composite Mapping Analysis* (CMA) yang dikombinasikan dengan parameter *Topographic Wetness Index* (TWI). Metode ini terdiri dari enam parameter yaitu curah hujan, jenis tanah, kerapatan aliran sungai, tutupan lahan, ketinggian, dan kemiringan lereng. Dari keenam parameter ini kemudian dikombinasikan dengan parameter TWI dengan cara pemberian *scoring* dan penentuan pembobotan yang dilakukan secara kuantitatif, kemudian setelah itu dilakukan *overlay* dengan menggunakan aplikasi ArcMap 10.4.1. Dimana hasil dari *overlay* tersebut akan menghasilkan peta rawan bencana banjir yang ada di wilayah Kota Jember.

3.5.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu analisis tingkat kerawanan bencana banjir yang dilakukan dengan cara menganalisis kecenderungan terjadinya bencana banjir di wilayah Kota Jember yang terdiri dari tiga kecamatan yaitu Kecamatan Patrang, Kecamatan Sumbersari dan Kecamatan Kaliwates. Klasifikasi tingkat kerawanan bencana banjir dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu; tidak rawan, rawan, dan sangat rawan. Tingkat bahaya banjir ini dirancang untuk mengetahui sebaran kawasan rawan bencana banjir, yang digunakan untuk meminimalisir adanya kerugian yang timbul dari bencana banjir, klasifikasi pertama dengan kategori tidak rawan mengindikasikan wilayah aman dari kejadian bencana banjir. Klasifikasi kedua dengan kategori rawan mengindikasikan adanya resiko terjadinya bencana banjir pada suatu wilayah. Kategori terakhir yaitu sangat rawan mengindikasikan gambaran sering terjadinya bencana banjir pada suatu wilayah (Harfadli dan Ulimaz, 2021).

3.6 Tahapan Penelitian

3.6.1. Tahap Pengumpulan Data

Terdapat dua jenis pengumpulan data pada penelitian tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember yaitu pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari data yang telah dihasilkan oleh peneliti sendiri, survei, wawancara, eksperimen, yang dirancang khusus untuk memahami

dan memecahkan masalah penelitian yang dihadapi. Data sekunder sendiri menggunakan data yang ada dan dihasilkan oleh Institusi pemerintah yang besar, fasilitas kesehatan, dll. Sebagai bagian dari pencatatan organisasi, data tersebut kemudian diekstraksi dari file data yang lebih bervariasi.

Data primer pada penelitian ini diadakan survey uji akurasi penggunaan lahan, sedangkan untuk data sekunder pada penelitian ini yaitu data curah hujan diperoleh dari dinas pekerjaan umum (PU) dan sumber daya air (SDA) Kabupaten Jember, data tutupan lahan diperoleh dari citra Sentinel-2, data jenis tanah diperoleh dari *Food and Agriculture Organization* (FAO), data kemiringan lereng, ketinggian, dan *Topographic Wetness Index* (TWI) diperoleh dari pengolahan *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) 2018, dan data kerapatan aliran sungai diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Setelah data kerawanan banjir diperoleh kemudian diklasifikasikan dan dilakukan pembobotan pada setiap parameter yang kemudian dilakukan *overlay* (teknik tumpang susun) dan akan menghasilkan peta kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember dan hasil dari peta tersebut kemudian di deskripsikan.

Pengambilan data tutupan lahan dilakukan dengan cara survey lapangan, teknik pengambilan sampel yang digunakan yaitu *purposive sampling*, dengan cara melakukan interpretasi awal terhadap citra Sentinel-2. Interpretasi ini dilakukan untuk mendapatkan peta tutupan lahan sementara (tentatif). Setelah peta tutupan lahan sementara diperoleh, dilakukan validasi lapangan untuk menguji hasil kebenaran interpretasi dan menambah unsur-unsur yang tidak dapat disadap secara langsung oleh peta tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Russell dan Green (2019) peta tentatif yang diperoleh dari hasil citra harus dilakukan uji akurasi sebesar 80% untuk mencapai akurasi tersebut harus dilakukan survei lapangan minimal 30 titik. Validasi lapangan akan dilakukan di 30 titik survey yang tersebar di tiga kecamatan yaitu, Kecamatan Patrang, Kecamatan Summersari dan Kecamatan Kaliwates. Titik survey pada Kecamatan Patrang tersebar di Kelurahan Jumerto, Kelurahan Gebang, Kelurahan Jember Lor, Kelurahan Baratan, Kelurahan Slawu, Kelurahan Patrang, Kelurahan Banjarsengon, dan Kelurahan Bintoro. Titik survey pada Kecamatan Summersari

tersebar di Kelurahan Sumbersari, Kelurahan Karangrejo, Kelurahan Tegalgede, Kelurahan Kranjingan, Kelurahan Wirolegi, Kelurahan Antirogo, Kelurahan Kebonsari. Titik survey pada Kecamatan Kaliwates tersebar di Kelurahan Sempusari, Kelurahan Tegalbesar, Kelurahan Jember Kidul, Kelurahan Kepatihan, Kelurahan Kaliwates, Kelurahan Kebonagung, dan Kelurahan Mangli.

3.6.2. Tahap Pengolahan Data

Proses pengolahan data pada kemiringan lereng yaitu diperoleh dari *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) 2018 yang diolah menggunakan *software* ArcMap 10.4.1 dengan analisis *slope* yang kemudian hasil dari *slope* diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu <8% untuk kelas rendah, 8-15% untuk kelas agak rendah, 16-25% untuk kelas sedang, 26-45% untuk kelas agak tinggi, dan >45% untuk kelas tinggi. Proses pengolahan data pada ketinggian diperoleh dari *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) 2018 yang diolah menggunakan *software* ArcMap 10.4.1 kemudian diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu 0-25 m untuk kelas rendah, 26-50 m untuk kelas agak rendah, 51-75 m untuk kelas sedang, 76-100 m untuk kelas agak tinggi, dan >100 m untuk kelas tinggi. Proses pengolahan data pada *Topographic Wetness Index* (TWI) diperoleh dari *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) 2018 yang diolah menggunakan *software* ArcMap 10.4.1 yang kemudian dilakukan proses proyeksi DEM, *fill* DEM, *Flow Direction*, *Flow Accumulation*, *Slope in Degree*, *Slope in Radians*, *Tan Slope*, dan *Flow Accumulation Berskala*. Kemudian hasil tersebut diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu >14,56 untuk kelas tinggi, 11,16 hingga 14,56 untuk kelas agak tinggi, 8,57 hingga 11,15 untuk kelas sedang, 6,6 hingga 8,56 untuk kelas agak rendah, dan -2 hingga 6,5 untuk kelas rendah.

Proses pengolahan jenis tanah diperoleh dari *Food and Agriculture Organization* (FAO) yang kemudian diolah menggunakan *software* ArcMap 10.4.1 kemudian diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu kelas tidak peka yang terdapat pada jenis tanah aluvial, planosol, dan hidromorf. Kelas agak peka yang terdapat pada jenis tanah latoso, kelas kepekaan sedang yang terdapat pada jenis tanah hutan coklat dan tanah mediteran, kelas peka yang terdapat pada jenis tanah

andosol, laterik, grumosol, podsol, dan podsolic. Kelas sangat peka untuk jenis tanah regosol, litosol, organosol, dan renzina.

Proses pengolahan data tutupan lahan diperoleh dari citra Sentinel-2 perekaman 2018 dan 2022 yang diolah menggunakan *software* ArcMap 10.4.1 dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Classification* untuk memperoleh peta tutupan lahan sementara (tentatif) yang kemudian hasil tersebut diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu lahan terbangun untuk kelas tinggi, sawah untuk kelas agak tinggi, semak untuk kelas sedang, perkebunan untuk kelas agak rendah dan hutan untuk kelas rendah. Hasil dari peta tentatif kemudian akan dilakukan uji akurasi lapangan untuk memperoleh peta tutupan lahan pada wilayah Kota Jember. Perhitungan uji akurasi mempertimbangkan sisi penghasil peta (*producer's accuracy*) dan sisi pengguna peta (*user's accuracy*). Akurasi penghasil diperoleh dari hasil bagi jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar untuk tiap kategori dengan jumlah piksel pada tiap training set. Akurasi pengguna dihitung dengan membagi jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar untuk tiap kategori dengan jumlah keseluruhan piksel yang diklasifikasi pada kategori tersebut (Lillesand dkk., 2015).

$$\text{Rumus } \textit{Producer's Accuracy} : \frac{JB}{JS} \times 100$$

Keterangan:

JB : Jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar

JS : Jumlah piksel pada training set

$$\text{Rumus } \textit{User's Accuracy} : \frac{JB}{JK} \times 100$$

Keterangan:

JB : Jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar

JK : Jumlah keseluruhan piksel yang diklasifikasi

$$\text{Rumus Uji Akurasi Keseluruhan} : \frac{\text{Total JB}}{\text{Total JK}} \times 100$$

Keterangan:

Total JB : Total Jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar

Total JK : Total Jumlah keseluruhan piksel yang diklasifikasi

Proses pengolahan data curah hujan diperoleh dari dinas pekerjaan umum (PU) dan sumber daya air (SDA) Kabupaten Jember, yang diolah menggunakan *software* ArcMap 10.4.1 kemudian data curah hujan diinterpolasi menggunakan metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) dan diklasifikasikan menjadi 5 kelas >150 mm untuk kelas tinggi, 76-150 mm untuk kelas agak tinggi, 41-75 untuk kelas sedang, 20-40 untuk kelas agak rendah, dan <20 mm untuk kelas rendah.

Proses pengolahan data kerapatan aliran sungai dilakukan dengan cara menghitung panjang aliran sungai per kilometer persegi luas daerah aliran sungai (DAS) dengan menggunakan aplikasi Arcmap dengan menggunakan analisis *line density*. Dengan rumus sebagai berikut;

$$Dd = \sum Ln/A$$

Keterangan:

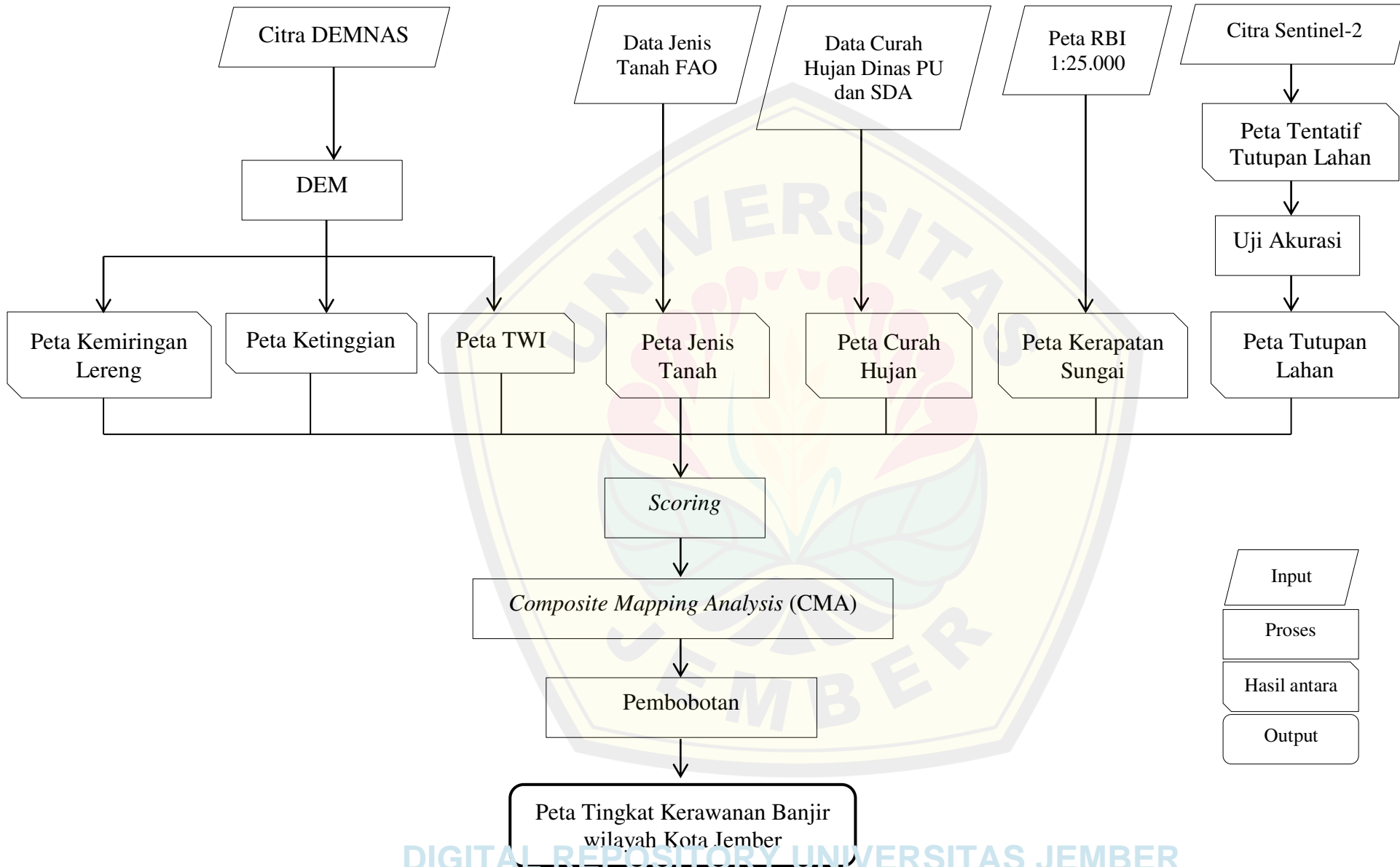
Dd : kerapatan aliran (km/km²)

Ln : panjang sungai (km)

A : luas DAS (km²)

Hasil dari kerapatan aliran sungai kemudian diklasifikasikan menjadi 5 kelas yaitu <345 untuk kelas rendah, 345-766 untuk kelas agak rendah, 767-1.150 untuk kelas sedang, 1.151-1.993 untuk kelas agak tinggi, >1.993 untuk kelas tinggi.

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.6.3. Tahap Analisis Data

a. Analisis tingkat kerawanan bencana banjir dengan metode CMA pada wilayah Kota Jember

Penetapan tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember didasarkan pada metode CMA (*Composite Mapping Analysis*) yang dikombinasikan dengan parameter *Topographic Wetness Index* (TWI) dengan klasifikasi parameter sebagai berikut;

1) Klasifikasi Parameter Curah Hujan

Perubahan iklim di permukaan bumi yang tidak menentu menjadi faktor pemicu utama terjadinya bencana banjir (Stagg dkk., 2021). Bencana banjir sering terjadi pada wilayah yang memiliki topografi datar seperti pada daerah perkotaan yang padat penduduk (Aisyah, 2021). Disaat hujan tiba tidak semua air dapat terinfiltrasi dengan optimal, sebagian air akan ditangkap oleh tanah dan juga vegetasi, namun sisanya akan menjadi aliran permukaan yang diakibatkan oleh adanya bangunan ataupun lahan yang kedap air sehingga akan memicu ketidakseimbangan antara jumlah air yang turun dengan kapasitas kawasan resapan, yang menyebabkan air tidak terinfiltrasi dan mengalir ke bagian yang lebih rendah. Intensitas curah hujan pada setiap wilayah berbeda mulai dari <20 hingga >150 mm/bulan. Data curah hujan diperoleh dari dinas PU dan SDA Kabupaten Jember, yang kemudian data tersebut diolah menggunakan aplikasi ArcMap 10.4.

Tabel 3.1 Klasifikasi Parameter Curah Hujan

No	Klasifikasi mm/bulan	Skor	Kelas
1	> 200	5	Tinggi
2	151-200	4	Agak Tinggi
3	101-150	3	Sedang
4	50-100	2	Agak Rendah
5	<50	1	Rendah

Sumber: (Taufik dan Rahman, 2020)

2) Klasifikasi Parameter Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan faktor penting untuk menggambarkan pengaruh topografi terhadap hidrologi dan erosi tanah karena kemiringan lereng mampu mempengaruhi arah aliran air, sehingga mampu memicu terjadinya

bencana banjir terjadi (Lei dkk., 2021). Kemiringan lereng pada suatu wilayah bervariasi mulai dari 0 hingga > 45%, Semakin landai kemiringan lerengnya maka semakin berpotensi terjadi banjir, begitu pula sebaliknya. Semakin curam kemiringannya, maka semakin aman dari bencana banjir (Tabel 3.2). Data kemiringan lereng diperoleh dari *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) 2018 yang kemudian data ini di olah pada aplikasi ArcMap 10.4.1 (Taufik dan Rahman, 2020).

Tabel 3.2 Klasifikasi Parameter Kemiringan Lereng

No	Klasifikasi	Skor	Kelas
1	<8%	5	Rendah
2	8-15%	4	Agak Rendah
3	16-25%	3	Sedang
4	26-45%	2	Agak Tinggi
5	>45%	1	Tinggi

Sumber: (Taufik dan Rahman, 2020)

3) Klasifikasi Parameter Ketinggian

Ketinggian (elevasi) lahan merupakan ukuran ketinggian lokasi di atas permukaan laut. Ketinggian mempunyai pengaruh terhadap terjadinya banjir. Ketinggian tempat pada suatu wilayah berbeda mulai dari 0-25 m hingga >100 m. Semakin rendah suatu daerah maka semakin berpotensi terjadi banjir, begitu pula sebaliknya. Semakin tinggi suatu daerah, maka semakin aman akan bencana banjir. Data ketinggian diperoleh dari DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*) yang kemudian data ini di olah pada aplikasi ArcMap 10.4.

Tabel 3.3 Klasifikasi Parameter Ketinggian

No	Klasifikasi	Skor	Kelas
1	0-25 m	5	Rendah
2	26-50 m	4	Agak Rendah
3	51-75 m	3	Sedang
4	76-100 m	2	Agak Tinggi
5	> 100 m	1	Tinggi

Sumber: (Taufik dan Rahman, 2020)

4) Klasifikasi Parameter Tutupan Lahan

Tutupan lahan diartikan sebagai hamparan obyek yang menutupi permukaan bumi dan dapat mempengaruhi adanya limpasan air hujan di bumi.

Tutupan lahan yang didominasi oleh vegetasi akan mengintensifkan infiltrasi air ke dalam tanah, dan semakin minimnya lahan vegetasi pada suatu lahan akan meminimalisir infiltrasi dan mengintensifkan adanya aliran permukaan yang dapat memicu terjadinya banjir. Tutupan lahan pada suatu wilayah bervariasi mulai dari lahan terbangun, sawah, semak, perkebunan dan hutan. data tutupan lahan diperoleh dari data citra Sentinel-2.

Tabel 3.4 Klasifikasi Parameter Tutupan Lahan

No	Klasifikasi	Skor	Kelas
1	Lahan Terbangun	5	Tinggi
2	Sawah	4	Agak Tinggi
3	Semak	3	Sedang
4	Perkebunan	2	Agak Rendah
5	Hutan	1	Rendah

Sumber: (Taufik dan Rahman, 2020)

5) Klasifikasi Parameter Kerapatan Aliran Sungai

Kerapatan aliran sungai menggambarkan kapasitas penyimpanan air permukaan dalam cekungan seperti danau, rawa dan badan sungai yang mengalir di suatu daerah aliran sungai (DAS), kerapatan daerah aliran dapat menentukan kecepatan air. Semakin tinggi angka kerapatan aliran, maka resiko banjir semakin besar. Kecepatan aliran sungai dipengaruhi oleh tingkat kecuraman sungai. Tingkat kecuraman sungai (*gradien*) merupakan perbandingan letak ketinggian daerah hulu dengan daerah hilir sungai terhadap panjang sungai. Semakin besar kecuraman sungai, maka semakin tinggi kecepatan aliran sungai.

Tabel 3.5 Klasifikasi Parameter Kerapatan Aliran

No	Klasifikasi	Skor	Kelas
1	<345	1	Rendah
2	345-766	2	Agak Rendah
3	767-1.150	3	Sedang
4	1.151-1.993	4	Agak Tinggi
5	>1.993	5	Tinggi

Sumber: (Darmawan dkk., 2017)

6) Klasifikasi Parameter Jenis Tanah

Jenis tanah sangat berpengaruh terhadap proses infiltrasi. Infiltrasi yang rendah akan menimbulkan adanya aliran permukaan (*run off*) meningkat, hal ini

terjadi pada tanah yang memiliki tekstur halus. Sehingga peluang kejadian banjir lebih tinggi pada daerah yang memiliki tanah dengan tekstur sangat halus, sedangkan tekstur tanah yang kasar memiliki peluang kejadian banjir yang rendah. Karena semakin halus tekstur tanah menyebabkan air aliran permukaan yang berasal dari hujan maupun luapan sungai sulit untuk meresap ke dalam tanah, sehingga terjadi penggenangan.

Tabel 3.6 Klasifikasi Parameter Jenis Tanah

No	Klasifikasi	Skor	Kelas
1	Aluvial, Planosol, Hidromorf	5	Tidak Peka
2	Latosol	4	Agak Peka
3	Tanah Hutan Coklat, Tanah Mediteran	3	Kepekaan Sedang
4	Andosol, Laterik, Grumusol, Podsol, Podsollic	2	Peka
5	Regosol, Litosol, Organosol, Rezina	1	Sangat Peka

Sumber: (Syafirina dan Jusfarida, 2018)

7) Klasifikasi Parameter *Topographic Wetness Index* (TWI)

Topografi merupakan salah satu kontrol penting dalam distribusi spasial kondisi hidrologi. Perbedaan kondisi topografi akan mempengaruhi respon terhadap hujan yang jatuh di suatu daerah. Kejadian banjir berasosiasi dengan topografi tertentu, sebagian besar kejadian banjir terjadi pada topografi datar, landai dan cekungan (Pourghasemi, 2019; Das, 2020). *Topographic Wetness Index* (TWI) merupakan salah satu parameter terpenting yang menyampaikan informasi penting tentang pengendalian hidro-geomorfologi pada bentang alam. TWI juga merupakan proksi yang baik dari pola erosi dan kelembaban tanah. Korelasi yang kuat antara TWI dan pengembangan dataran banjir (Das, 2020). Selain itu TWI merupakan kriteria yang dapat menggambarkan peran topografi pada tingkat saturasi. Kriteria yang merupakan fungsi dari arah aliran dan akumulatif aliran ini memiliki peran utama dalam kerawanan banjir. Menurut kriteria ini, daerah dengan nilai TWI tinggi lebih rentan terhadap banjir. Dalam kriteria ini, yang nilainya bervariasi dari 10 hingga 25 (Sepehri dkk., 2020).

Tabel 3.7 Klasifikasi Parameter *Topographic Wet Index* (TWI)

No	Klasifikasi	Skor	Kelas
1	>14,56	5	Tinggi
2	11,16-14,56	4	Agak Tinggi
3	8,57-11,15	3	Sedang
4	6,6-8,56	2	Agak Rendah
5	-2-6,5	1	Rendah

Sumber: (Tauhid dkk., 2017)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sholahuddin (2018) menyatakan bahwa setiap wilayah memiliki karakteristik wilayah yang berbeda sehingga memiliki tingkat kerawanan bencana yang bervariasi dan faktor pemicu bencana alam yang berbeda pula. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Darmawan dkk., (2017) dimana pemberian bobot pada masing-masing parameter yang berpengaruh terhadap bencana banjir, didasarkan atas pertimbangan seberapa besar kemungkinan terjadi banjir dipengaruhi oleh setiap parameter geografis yang akan digunakan dalam analisis SIG. Semakin besar pengaruh parameter terhadap kejadian banjir maka bobot yang diberikan semakin tinggi (Kurniawati, 2018).

Perhitungan Mean Spasial:

$$\text{Mean Spasial} = \frac{\text{Daerah Potensi Banjir Variabel}}{\text{Luas Variabel}}$$

Perhitungan Bobot:

$$\text{Bobot} = \frac{100}{\text{Keseluruhan Mean Spasial}} \times \text{Mean Spasial (Variabel)}$$

8) Klasifikasi Kerawanan Banjir

Setelah dilakukan *scoring* dan pembobotan kemudian dilakukan teknik *overlay* atau tumpang susun guna untuk menggabungkan hasil dari *scoring* dan juga pembobotan yang sudah dilakukan. Dari hasil *overlay* ini diperoleh hasil tiga jenis tingkatan kerawanan bencana banjir yang ada di wilayah Kota Jember, yaitu tidak rawan, rawan, dan sangat rawan.

Tabel 3.8 Kelas Kerawanan Bencana Banjir

No	Klasifikasi	Bobot
1	Tidak Rawan	<3
2	Rawan	4-<3,4
3	Sangat Rawan	>3,4

Sumber:(Sholahuddin, 2018)

Tingkat bahaya banjir ini dirancang untuk mengetahui sebaran kawasan rawan bencana banjir, yang kemudian digunakan untuk mencegah adanya kerugian yang timbul akibat adanya bencana banjir, untuk klasifikasi pertama dengan kategori tidak rawan, dimana klasifikasi ini bencana banjir tidak berdampak pada kehidupan manusia. Klasifikasi kedua yaitu dengan kategori rawan yang mengidentifikasi bencana banjir yang berdampak pada kehidupan masyarakat. Kategori terakhir yaitu sangat rawan, yang menggambarkan gambaran sering terjadinya bencana banjir pada suatu wilayah yang akan menimbulkan banyak kerusakan lingkungan (Harfadli dan Ulimaz, 2021).

b. Tren tingkat kerawanan bencana banjir

Tren tingkat kerawanan bencana banjir pada wilayah Kota Jember dilakukan dengan cara memetakan wilayah rawan bencana banjir pada Tahun 2018 dan Tahun 2022 menggunakan metode CMA yang di kombinasikan dengan TWI. Parameter yang dapat dimodelkan adalah parameter tutupan lahan dan curah hujan yang setiap tahunnya dapat berubah, dengan mengetahui perbedaan tingkat kerawanan bencana banjir di Tahun 2018 dengan Tahun 2022 maka dapat diketahui tren tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember. Dengan diketahuinya tren tingkat kerawanan bencana banjir selama 5 tahun sebelumnya maka dapat dilakukan proyeksi untuk 5 tahun selanjutnya yaitu pada Tahun 2027.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

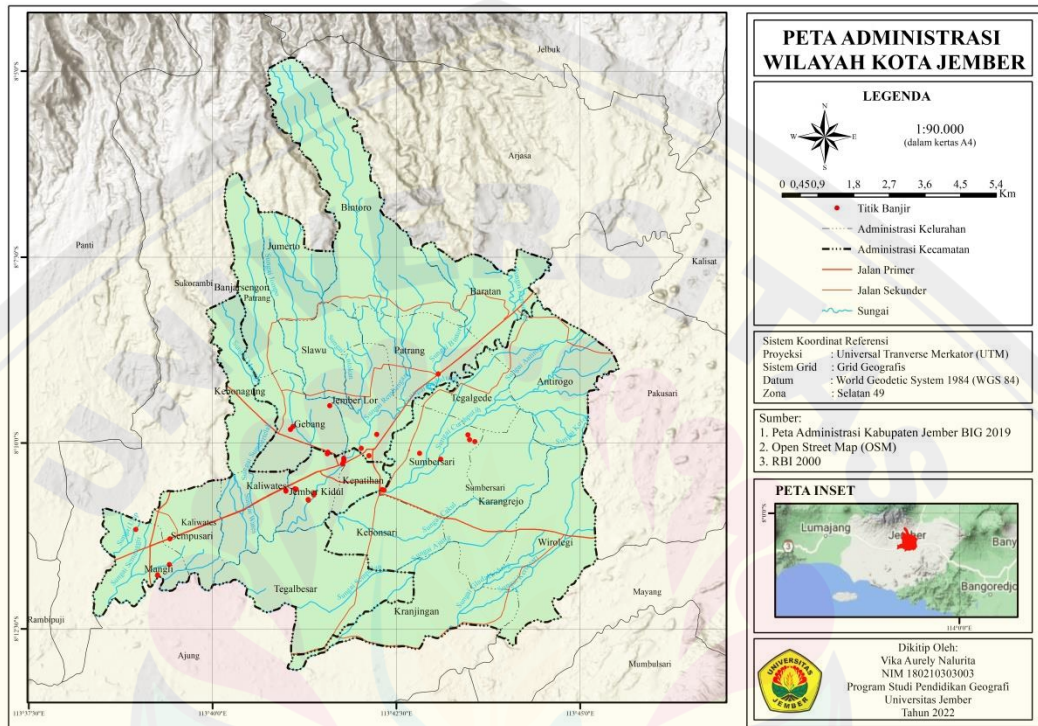
4.1.1 Deskripsi Umum Daerah Penelitian

Berdasarkan Peraturan Daerah Rencana Tata Ruang wilayah (RTRW) Kabupaten Jember Tahun 2015, wilayah Kota Jember merupakan wilayah yang ditetapkan sebagai pusat kegiatan wilayah (PKW) yang terdiri dari tiga kecamatan yaitu; Kecamatan Sumpalsari, Kecamatan Kaliwates dan Kecamatan Patrang (Gambar 4.1). wilayah Kota Jember memiliki luas wilayah 10.113 Ha yang berada pada posisi ketinggian 42 mdpl hingga 641 mdpl dengan lokasi astronomis $7^{\circ}59'6''$ - $8^{\circ}33'56''$ Lintang Selatan dan $6^{\circ}27'9''$ - $7^{\circ}14'33''$ Bujur Timur. Secara geografis wilayah Kota Jember sebelah utara berbatasan langsung dengan Kecamatan Arjasa, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Pakusari, bagian selatan berbatasan dengan Kecamatan Ajung dan pada sebelah barat berbatasan langsung dengan Kecamatan Sukorambi.

Secara umum wilayah Kota Jember didominasi oleh daerah daratan rendah dan cekungan. Tutupan lahan di wilayah Kota Jember terdiri dari lahan terbangun dengan luas 1.825,2 Ha, lahan peruntukan sawah seluas 1.847,6 Ha, lahan semak seluas 5.131,4 Ha, dan lahan perkebunan seluas 1.092,6 Ha. Dataran wilayah Kota Jember banyak dibentuk oleh jenis tanah andosol dan memiliki iklim tropis dengan rata-rata curah hujan yang tinggi mulai dari 182,013 mm/bulan hingga >200 mm/bulan. Sungai yang melintasi wilayah Kota Jember adalah Sungai Bedadung, sungai ini memiliki panjang sekitar 161 Km yang mengalir dari lereng Pegunungan Iyang melintasi pusat wilayah Kota Jember dan bermuara ke Teluk Dampa, Samudera Hindia dekat Kecamatan Puger. Sungai Bedadung memiliki sejumlah anak sungai yang cukup besar yaitu; Sungai Biting, Sungai Arjasa, Sungai Baratan, Sungai Jompo, Sungai Putih, Sungai Petung dan Sungai Besini.

Berdasarkan interpretasi tutupan lahan menggunakan Citra Sentinel-2 diketahui bahwa luasan tutupan lahan pada Wilayah Kota Jember mengalami perubahan tutupan lahan dalam 5 tahun terakhir mulai dari 2018 hingga 2022

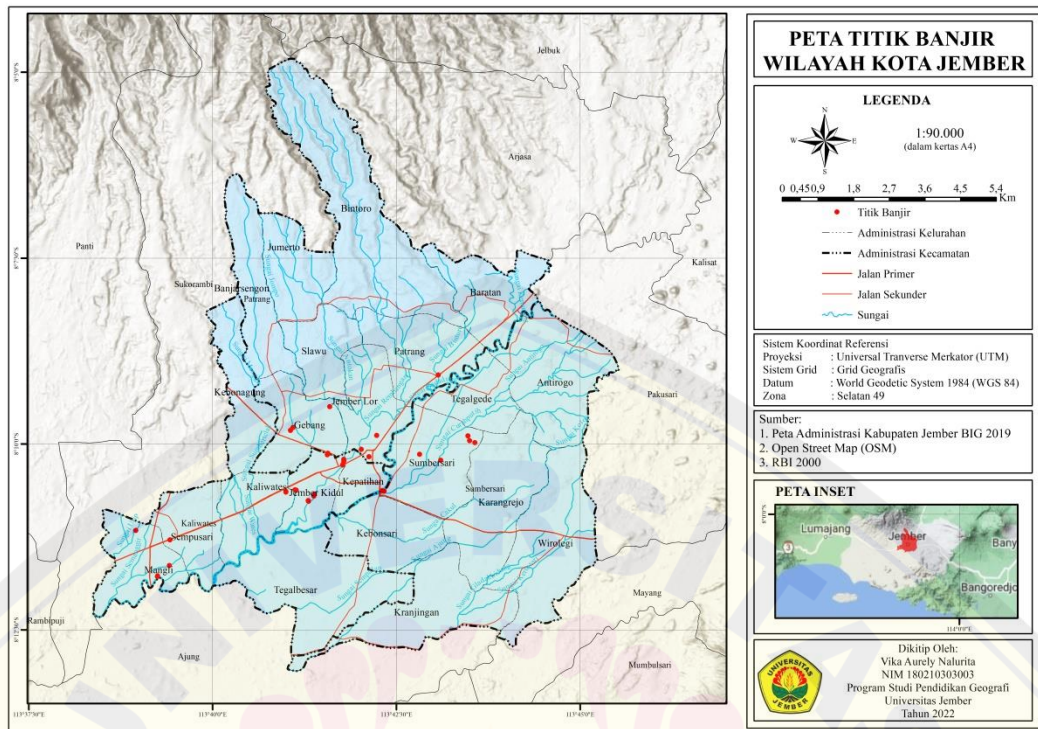
dimana terjadi peningkatan tutupan lahan terbangun mulai dari 1825,2 Ha menjadi 2.479,5 Ha sehingga lahan vegetasi semakin berkurang. Adanya perubahan kondisi fisik ini dapat meminimalkan jumlah resapan air yang dapat memicu bencana banjir terjadi yang didukung dengan intensitas curah hujan tinggi pada wilayah Kota Jember.



Gambar 4.1 Peta Administrasi wilayah Kota Jember

4.1.2 Titik Bencana Banjir wilayah Kota Jember

Data kejadian bencana banjir diperoleh dari BPBD Kabupaten Jember Tahun 2021. Berdasarkan data BPBD dalam kurun waktu 5 tahun mulai dari Tahun 2017 hingga 2021 tercatat sebanyak 32 kejadian bencana banjir pada wilayah Kota Jember yang tersebar pada 3 kecamatan yaitu 10 kejadian bencana banjir di Kecamatan Patrang, 7 kejadian bencana banjir di Kecamatan Summersari dan 15 kejadian bencana banjir di Kecamatan Kaliwates. Selanjutnya dari data BPBD tersebut kemudian diambil titik kejadian bencana banjir menggunakan alat GPS. Hasil dari titik kejadian bencana banjir kemudian ditumpang tindihkan dengan peta administrasi wilayah Kota jember sebagai landasan pembuatan peta kerawanan bencana banjir selanjutnya dimasa mendatang (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Peta Titik Bencana Banjir wilayah Kota Jember

4.1.3 Pembobotan Parameter Bencana Banjir

Besar bobot pada setiap parameter bencana banjir di wilayah Kota Jember di hitung menggunakan metode *Composite Mapping Analysis (CMA)* dengan cara menghitung *mean spatial* setiap parameter kemudian menghitung bobot setiap parameter. Cara menghitung *mean spatial* setiap parameter yaitu titik lokasi banjir di *intersec* dengan setiap parameter kemudian dihitung mean spatialnya dengan cara daerah potensi banjir dibagi luas variabel (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 *Mean Spatial* Parameter Banjir

No	Variabel	Mean Spatial
1	Curah Hujan	0,006234827
2	Ketinggian	0,005431585
3	TWI	0,0044282
4	Jenis Tanah	0,003258538
5	Kerapatan Sungai	0,003037847
6	Tutupan Lahan	0,003037847
7	Kemiringan Lereng	0,001873215
	Total Luas Mean Spatial	0,027448812

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Hasil dari *mean spatial* setiap parameter kemudian dihitung besaran bobotnya dengan cara 100 dibagi dengan luas keseluruhan *mean spasial* lalu dikalikan dengan *mean spasial* setiap parameter, sehingga akan diketahui besaran bobot setiap parameter bencana banjir pada wilayah Kota Jember (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Pembobotan Parameter Bencana Banjir

No	Klasifikasi	Bobot
1	Curah Hujan	23
2	Ketinggian	20
3	<i>Topographic Wetness Index</i> (TWI)	16
4	Jenis Tanah	12
5	Kerapatan Aliran Sungai	12
6	Tutupan Lahan	11
7	Kemiringan Lereng	7

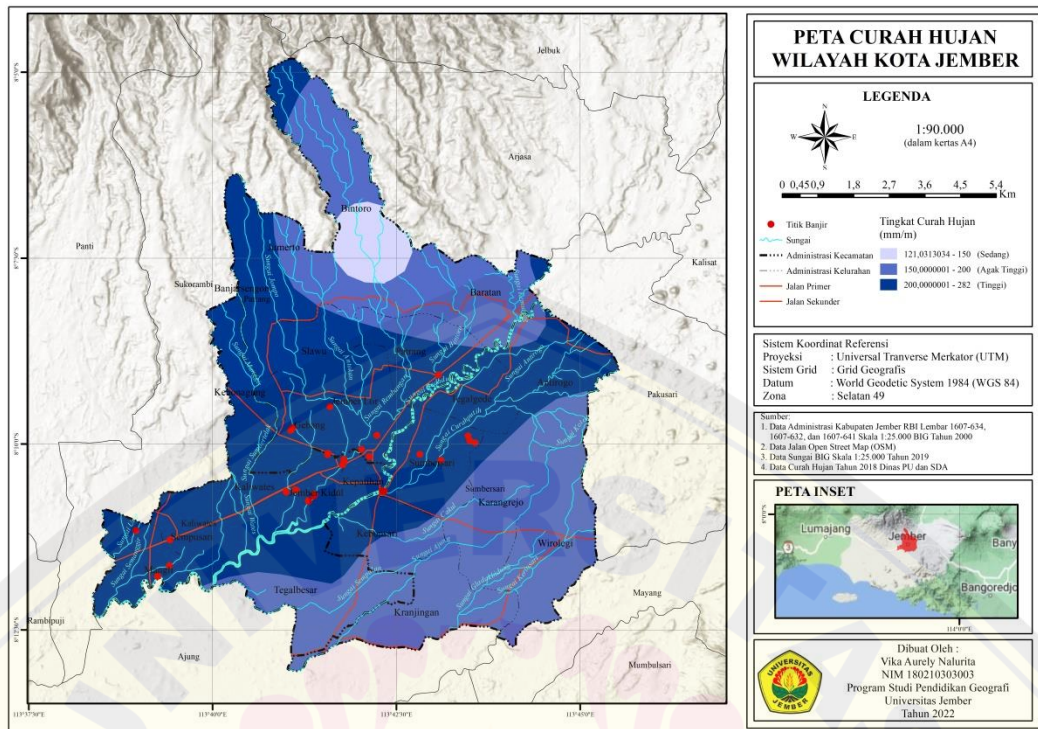
Sumber: (Nugroho dkk., 2019)

4.1.4 Faktor-Faktor Pembentuk Kerawanan Banjir

Terdapat 7 faktor utama pemicu terjadinya bencana banjir pada wilayah Kota Jember yaitu yaitu faktor curah hujan, ketinggian, *Topographic Wetness Index* (TWI), jenis tanah, kerapatan aliran sungai, tutupan lahan dan kemiringann lereng.

1) Curah Hujan

Curah hujan pada wilayah Kota Jember Tahun 2018 bervariasi mulai dari tingkat curah hujan sedang hingga tinggi yang tersebar di 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates didominasi oleh tingkat curah hujan tinggi mulai dari rata-rata curah hujan 150-200 hingga 201-282 mm/bulan. Kecamatan Sumpalsari didominasi oleh tingkat curah hujan agak tinggi hingga tinggi mulai dari rata-rata curah hujan 150-200 hingga 201-282 mm/bulan dan pada Kecamatan Patrang terdiri dari tingkat curah hujan kelas sedang agak tinggi hingga tinggi mulai dari rata-rata curah hujan 121-150 mm/bulan untuk kelas sedang, 150-200 mm/bulan untuk kelas agak tinggi hingga 201-282 untuk kelas tinggi (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Peta Curah Hujan Tahun 2018 pada wilayah Kota Jember

Kecamatan Kaliwates memiliki kelas curah hujan kelas agak tinggi seluas 505,0 Ha, kelas tinggi seluas 1928,8 Ha. Kecamatan Sumpsteri memiliki kelas curah hujan agak tinggi seluas 2232,9 Ha dan kelas curah hujan tinggi seluas 1428,8 Ha. Kecamatan Patrang memiliki kelas curah hujan sedang seluas 294,6 Ha, agak tinggi seluas 1488,6 Ha dan kelas curah hujan tinggi seluas 2018,1 Ha.

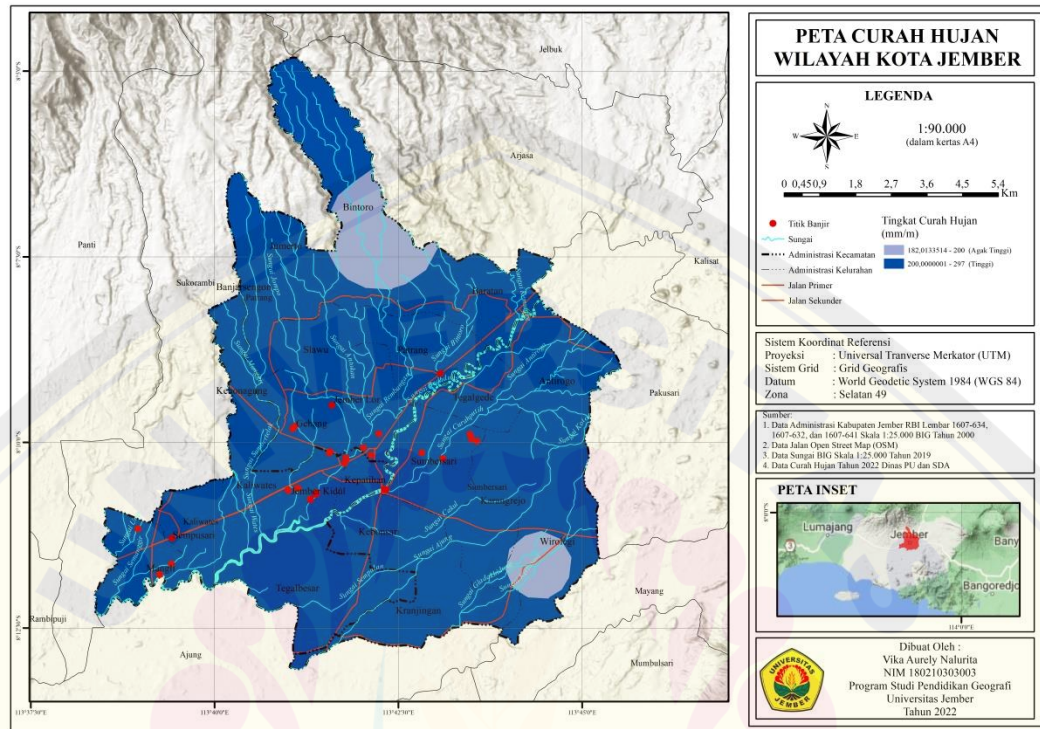
Tabel 4.3 Kelas Curah Hujan Tahun 2018 pada wilayah Kota Jember

No	Kelas Curah Hujan	Kecamatan			Luas Total
		Kaliwates	Sumpsteri	Patrang	
1	Sedang			294,6	294,6
2	Agak Tinggi	505,0	2232,9	1488,6	4226,5
3	Tinggi	1928,8	1428,8	2018,1	5375,7

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Curah hujan Tahun 2022 pada wilayah Kota Jember mengalami peningkatan yang cukup signifikan yang tersebar di 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates didominasi oleh curah hujan kelas tinggi mulai dari rata-rata curah hujan 201-297 mm/bulan, pada Kecamatan Sumpsteri memiliki rata-rata curah hujan kelas tinggi hingga agak tinggi mulai dari 182-200 mm/bulan

hingga 201-297 mm/bulan, dan pada Kecamatan Patrang memiliki curah hujan kelas agak tinggi hingga tinggi mulai dari 182-200 mm/bulan hingga 201-297 mm/bulan (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Peta Curah Hujan Tahun 2022 pada wilayah Kota Jember

Pada Kecamatan Kaliwates kelas curah hujan dengan kategori tinggi seluas 2.496,8 Ha. Kecamatan Sumbersari memiliki kelas curah hujan agak tinggi seluas 3.541,6 Ha dan kelas curah hujan tinggi seluas 3.541,6 Ha. Kecamatan Patrang memiliki kelas curah hujan agak tinggi seluas 456,6 Ha dan kelas curah hujan tinggi seluas 3442 Ha (Tabel 4.4).

Tabel 4.4 Kelas Curah Hujan Tahun 2022 pada wilayah Kota Jember

No	Kelas Curah Hujan	Kecamatan			Luas Total
		Kaliwates	Sumbersari	Patrang	
1	Agak Tinggi		3541,6	456,6	3998,1
2	Tinggi	2496,8	3541,6	3442,0	9480,3

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Berdasarkan paparan data curah hujan di atas, dapat disimpulkan bahwa curah hujan pada wilayah Kota Jember didominasi oleh tingkat curah hujan kelas tinggi, selain itu juga terjadi perubahan tingkat intensitas curah hujan selama

kurun waktu 5 tahun mulai dari tingkat curah hujan Tahun 2018 hingga 2022 dimana luasan daerah yang memiliki curah hujan tinggi meningkat yang awalnya luas daerah dengan intensitas hujan tinggi seluas 5375,7 Ha pada Tahun 2018 dan menjadi 9480,3 Ha pada Tahun 2022 (Tabel 4.5).

Tabel 4.5 Kelas Curah Hujan Tahun 2018 dan 2022 pada wilayah Kota Jember

No	Kelas Curah Hujan	Tahun		Luas Ha
		2018	2022	
1	Sedang	294,6	-	294,6
2	Agak Tinggi	4226,5	3998,1	8224,6
3	Tinggi	5375,7	9480,3	14856,0

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

2) Tutupan Lahan

Data tutupan lahan pada wilayah Kota Jember diperoleh dari ekstraksi Citra Sentinel-2 perekaman 10 Januari 2022 menggunakan klasifikasi *supervised* dengan metode *maximum likelihood*, yang selanjutnya menghasilkan peta tentatif tutupan lahan wilayah Kota Jember Tahun 2022. Peta tentatif tutupan lahan kemudian dilakukan uji akurasi pada 100 titik untuk mendapatkan peta tutupan lahan wilayah Kota Jember Tahun 2022. Titik sampel untuk uji akurasi tutupan lahan dipilih dengan metode *purposive sampling*, dengan kriteria mudah diakses, dekat dengan jalan, dan menyebar di seluruh kecamatan. Titik sampel yang diambil yaitu lahan terbangun 25 titik, sawah 34 titik, semak 33 titik, dan perkebunan 8 titik. Uji akurasi dilakukan pada 4 kelas tutupan lahan yang lokasinya menyebar pada 3 kecamatan di wilayah Kota Jember (Tabel 4.6).

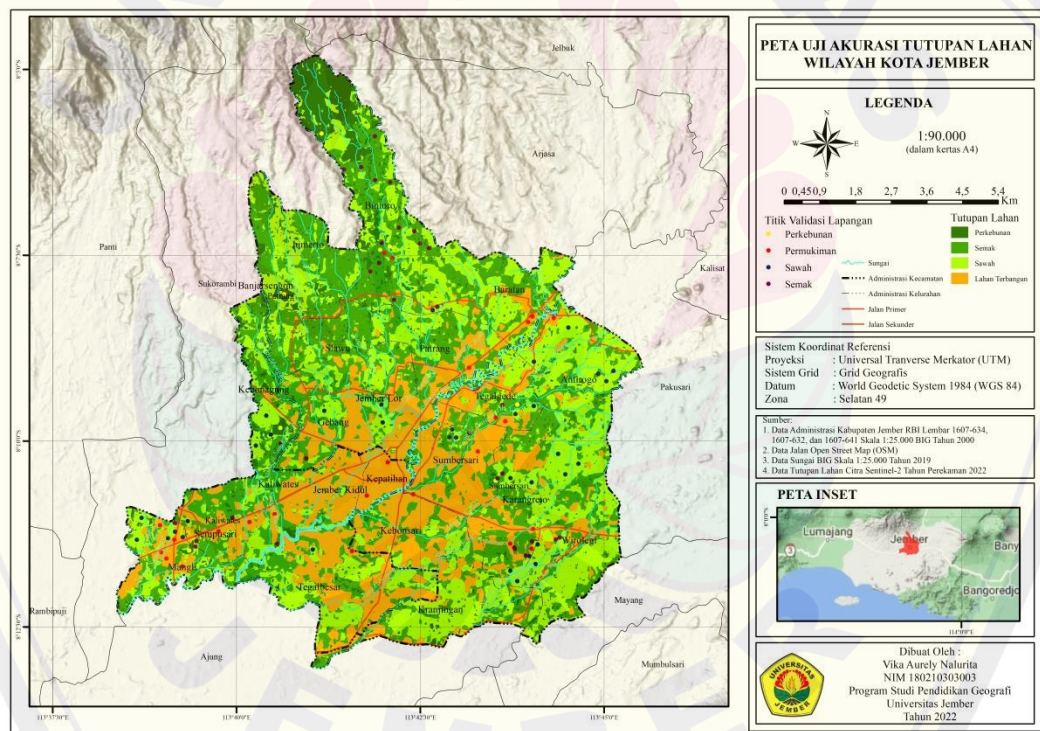
Tabel 4.6 Luas Tutupan Lahan Tahun 2022

No	Tutupan Lahan	Luas (Ha)	%	Jumlah Titik Uji Akurasi
1	Lahan Terbangun	2479,5	25%	25
2	Sawah	3367,8	34%	34
3	Semak	3300,6	33%	33
4	Perkebunan	748,8	8%	8
Total		9896,7	100%	100

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Titik uji akurasi tutupan lahan dilakukan dengan cara survey lapangan dengan menggunakan alat berupa GPS *Garmin e-trex 30*, terdapat 100 titik uji akurasi lapangan yang terbagi dalam 4 jenis tutupan lahan yaitu sebanyak 25 titik

uji akurasi lapangan untuk jenis tutupan lahan terbangun, sebanyak 34 titik uji akurasi lapangan untuk jenis tutupan lahan sawah, sebanyak 33 titik uji akurasi lapangan untuk jenis tutupan lahan semak, dan sebanyak 8 titik uji akurasi lapangan untuk jenis tutupan lahan perkebunan (Tabel 4.10). Hasil dari 100 titik uji akurasi lapangan kemudian ditumpang tindihkan dengan peta tentatif tutupan lahan Tahun 2022 hasil dari klasifikasi *Maximum Likelihood* dari Citra Sentinel-2 tahun perekaman 2022, dan didapatkan peta tutupan lahan wilayah Kota Jember Tahun 2022 yang terdiri dari 4 jenis tutupan lahan yaitu untuk jenis tutupan lahan terbangun disimbolkan dengan warna merah, jenis tutupan lahan sawah disimbolkan dengan warna biru tua, jenis tutupan lahan semak disimbolkan dengan warna ungu tua, dan jenis tutupan lahan perkebunan disimbolkan dengan warna kuning (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Peta Uji Akurasi Tutupan Lahan pada wilayah Kota Jember

Perhitungan akurasi mempertimbangkan sisi penghasil peta (*producer's accuracy*) dan sisi pengguna peta (*user's accuracy*). Akurasi penghasil diperoleh dari hasil bagi jumlah piksel yang terklasifikasi secara benar untuk tiap kategori dengan jumlah piksel pada tiap training set. Hasil perhitungan penghasil pengguna

peta (*user's accuracy*) diperoleh hasil akurasi 4 jenis tutupan lahan yaitu jenis tutupan lahan terbangun sebesar 96%, jenis tutupan lahan sawah sebesar 91%, jenis tutupan lahan semak sebesar 81%, dan jenis tutupan lahan perkebunan sebesar 100% (Tabel 4.7).

Tabel 4.7 *User's Accuracy*

<i>User's Accuracy</i>	Persentase
Tutupan Lahan	96%
Sawah	91%
Semak	81%
Perkebunan	100%

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Hasil akurasi keseluruhan dari uji klasifikasi piksel yaitu 89% itu artinya peta tutupan lahan layak digunakan karena sudah melebihi minimal persentase uji akurasi citra. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Russell dan Green (2019) peta tentatif yang diperoleh dari hasil citra harus dilakukan uji akurasi sebesar 80% untuk dapat diolah lebih lanjut kedalam sebuah bentuk peta. Ketelitian pemetaan dari hasil uji akurasi piksel citra diperoleh hasil sebesar 89% (Tabel 4.8).

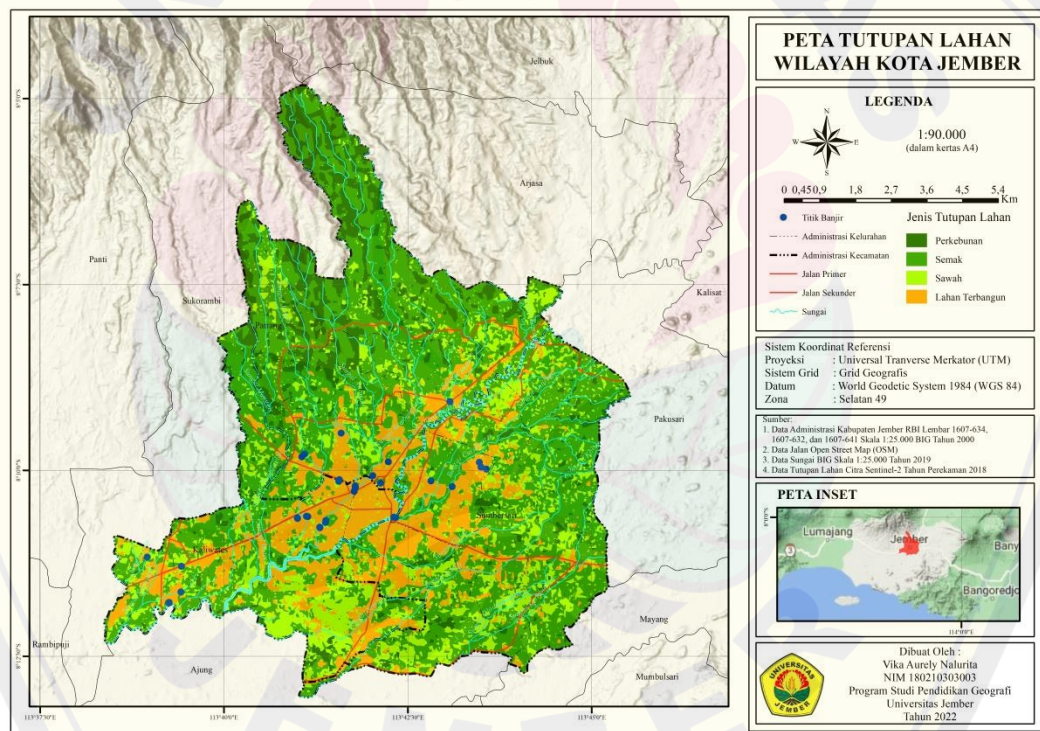
Tabel 4.8 Ketelitian Pemetaan

Producer's Accuracy	Ketelitian Pemetaan		Ketelitian Hasil Interpretasi
	Omisi Kesalahan	User's Accuracy	
22/25 = 88%	12	22/23 = 96%	89%
31/33 = 94%	6	31/34 = 91%	
30/33 = 91%	9	30/37 = 81%	
6/8 = 75%	25	6/6 = 100%	

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Jenis tutupan lahan pada tahun 2018 yang ada di wilayah Kota Jember bervariasi mulai dari jenis tutupan lahan terbangun yang disimbolkan dengan warna orange tua, sawah disimbolkan warna hijau muda, semak disimbolkan dengan warna hijau, dan juga perkebunan yang disimbolkan dengan warna hijau pekat. Jenis tutupan lahan ini tersebar di 3 Kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates jenis tutupan lahan terbangun banyak tersebar pada bagian utara, timur dan juga selatan. Jenis tutupan lahan sawah banyak tersebar pada bagian selatan

dan juga barat. Jenis tutupan lahan semak dapat dijumpai pada bagian utara dan juga barat. Jenis tutupan lahan perkebunan dapat dijumpai pada bagian selatan dan juga barat. Wilayah Kecamatan Summersari jenis tutupan lahan terbangun banyak dijumpai pada bagian barat dan juga selatan. Jenis tutupan lahan sawah dapat dijumpai pada bagian utara, timur, dan juga selatan. Jenis tutupan lahan semak banyak dijumpai pada bagian utara, timur, dan juga selatan. Jenis tutupan lahan perkebunan dapat dijumpai pada bagian utara, timur, dan selatan wilayah Kecamatan Patrang jenis tutupan lahan terbangun banyak tersebar pada bagian selatan dan timur. Jenis tutupan lahan sawah dapat dijumpai pada bagian barat, timur, dan selatan. Jenis tutupan lahan semak dapat dijumpai pada bagian utara, barat, timur, dan selatan. Jenis tutupan lahan perkebunan dapat dijumpai pada bagian utara, barat, dan timur (Gambar 4.6).



Gambar 4.6 Peta Tutupan Lahan Tahun 2018 wilayah Kota Jember

Luas keseluruhan jenis tutupan lahan terbangun pada wilayah Kota Jember Tahun 2018 yaitu seluas 1825,2 Ha yang terbagi dalam 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates tutupan lahan terbangun seluas 759,5 Ha, pada Kecamatan Summersari tutupan lahan terbangun seluas 699,4 Ha, dan pada Kecamatan

Patrang tutupan lahan terbangun seluas 366,3 Ha. Jenis tutupan lahan sawah pada Tahun 2018 yaitu seluas 1847,6 Ha yang terbagi dalam 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates seluas 592,2 Ha, pada Kecamatan Sumpalsari seluas 802,0 Ha, dan pada Kecamatan Patrang seluas 453,5 Ha. Jenis tutupan lahan semak pada Tahun 2018 seluas 5131,4 Ha yang terbagi kedalam 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates seluas 956,2 Ha, pada Kecamatan Sumpalsari seluas 2009,9 Ha dan pada Kecamatan Patrang seluas 2165,3 Ha. Jenis tutupan lahan perkebunan pada Tahun 2018 seluas 1092,6 Ha yang terbagi dalam 3 kecamatan diantaranya pada Kecamatan Kaliwates seluas 125,9 Ha, pada Kecamatan Sumpalsari seluas 150,4 Ha, dan pada Kecamatan Patrang seluas 816,2 Ha (Tabel 4.9).

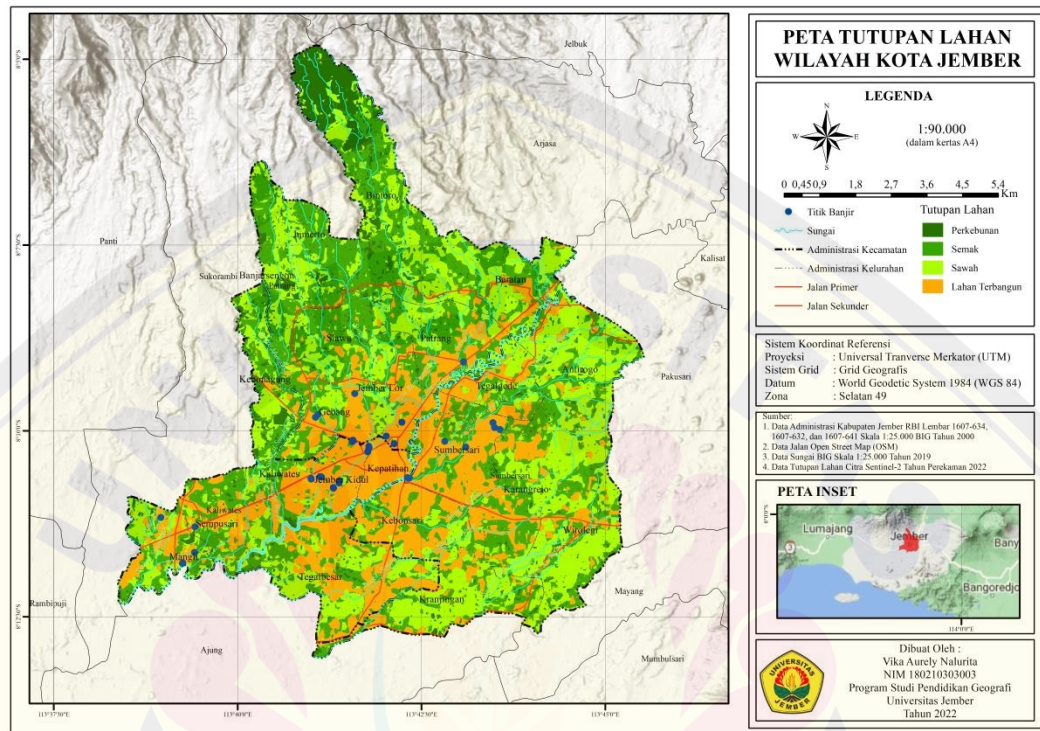
Tabel 4.9 Kelas Tutupan Lahan Tahun 2018 pada wilayah Kota Jember

No	Kelas Tutupan Lahan	Kecamatan			Luas Total
		Kaliwates	Sumpalsari	Patrang	
1	Lahan Terbangun	759,5	699,4	366,3	1825,2
2	Sawah	592,2	802	453,5	1847,7
3	Semak	956,2	2009,9	2165,3	5131,4
4	Perkebunan	125,9	150,4	816,2	1092,5

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Jenis tutupan lahan pada Tahun 2022 yang ada di wilayah Kota Jember bervariasi mulai dari jenis tutupan lahan terbangun yang disimbolkan dengan warna orange tua, sawah disimbolkan warna hijau muda, semak disimbolkan dengan warna hijau, dan juga perkebunan yang disimbolkan dengan warna hijau pekat. Jenis tutupan lahan ini tersebar di 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates jenis tutupan lahan terbangun banyak tersebar pada bagian barat, timur, dan selatan. Jenis tutupan lahan sawah dapat dijumpai pada bagian utara, timur, barat, dan selatan. Jenis tutupan lahan semak dapat dijumpai pada bagian utara, barat, dan selatan. Jenis tutupan lahan perkebunan dapat dijumpai pada bagian utara dan barat Wilayah Kecamatan Sumpalsari jenis tutupan lahan terbangun tersebar pada bagian barat, timur, dan selatan. Jenis tutupan lahan sawah dapat dijumpai pada bagian timur, utara, dan selatan. Jenis tutupan lahan semak dapat dijumpai pada bagian barat dan timur. Jenis tutupan lahan perkebunan dapat dijumpai pada bagian timur dan utara Wilayah Kecamatan Patrang jenis tutupan

lahan terbangun tersebar pada bagian utara, barat, timur dan juga selatan. Jenis tutupan lahan sawah dapat dijumpai pada bagian utara, barat, dan timur. Jenis tutupan lahan semak dapat dijumpai pada bagian utara dan barat. Jenis tutupan lahan perkebunan dapat dijumpai pada bagian utara dan barat (Gambar 4.7).



Gambar 4.7 Peta Tutupan Lahan Tahun 2022 wilayah Kota Jember

Luas keseluruhan jenis tutupan lahan terbangun pada wilayah Kota Jember Tahun 2022 yaitu seluas 2479,5 Ha yang terbagi dalam 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates tutupan lahan terbangun seluas 941,7 Ha, pada Kecamatan Sumpersari tutupan lahan terbangun seluas 1019,8 Ha, dan pada Kecamatan Patrang tutupan lahan terbangun seluas 518,0 Ha. Jenis tutupan lahan sawah pada Tahun 2022 yaitu seluas 3367,8 Ha yang terbagi dalam 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates seluas 660,5 Ha, pada Kecamatan Sumpersari seluas 1496,0 Ha, dan pada Kecamatan Patrang seluas 1211,3 Ha. Jenis tutupan lahan semak pada Tahun 2022 seluas 3300,6 Ha yang terbagi kedalam 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates seluas 690,4 Ha, pada Kecamatan Sumpersari seluas 1033,4 Ha dan pada Kecamatan Patrang seluas 1576,8 Ha. Jenis tutupan lahan perkebunan pada Tahun 2022 seluas 748,8 Ha yang terbagi dalam 3 kecamatan

diantarnya pada Kecamatan Kaliwates seluas 141,1 Ha, pada Kecamatan Sumpster seluas 112,5 Ha, dan pada Kecamatan Patrang seluas 495,2 Ha (Tabel 4.10).

Tabel 4.10 Kelas Tutupan Lahan Tahun 2022 pada wilayah Kota Jember

No	Kelas Tutupan Lahan	Kecamatan			Luas Total
		Kaliwates	Sumpster	Patrang	
1	Lahan Terbangun	941,7	1019,8	518,0	2479,5
2	Sawah	660,5	1496,0	1211,3	3367,8
3	Semak	690,4	1033,4	1576,8	3300,6
4	Perkebunan	141,1	112,5	495,2	748,8

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Jenis tutupan lahan pada wilayah Kota Jember dapat disimpulkan terjadi perubahan selama 5 tahun mulai dari Tahun 2018 hingga Tahun 2022, dimana terjadi peningkatan jumlah tutupan lahan terbangun yang awalnya seluas 1825,2 Ha pada Tahun 2018 meningkat menjadi 2479,5 Ha pada Tahun 2022. Selain itu jumlah tutupan lahan sawah juga semakin meningkat dari seluas 1847,6 Ha menjadi 3367,8 Ha, akan tetapi jumlah tutupan lahan semak dan juga perkebunan semakin berkurang mulai dari 5131,4 Ha menjadi 3300,6 Ha untuk tutupan lahan semak dan untuk tutupan lahan perkebunan dari seluas 1092,6 Ha menjadi 748,8 Ha (Tabel 4.11).

Tabel 4.11 Kelas Tutupan Lahan Tahun 2018 dan 2022 pada wilayah Kota Jember

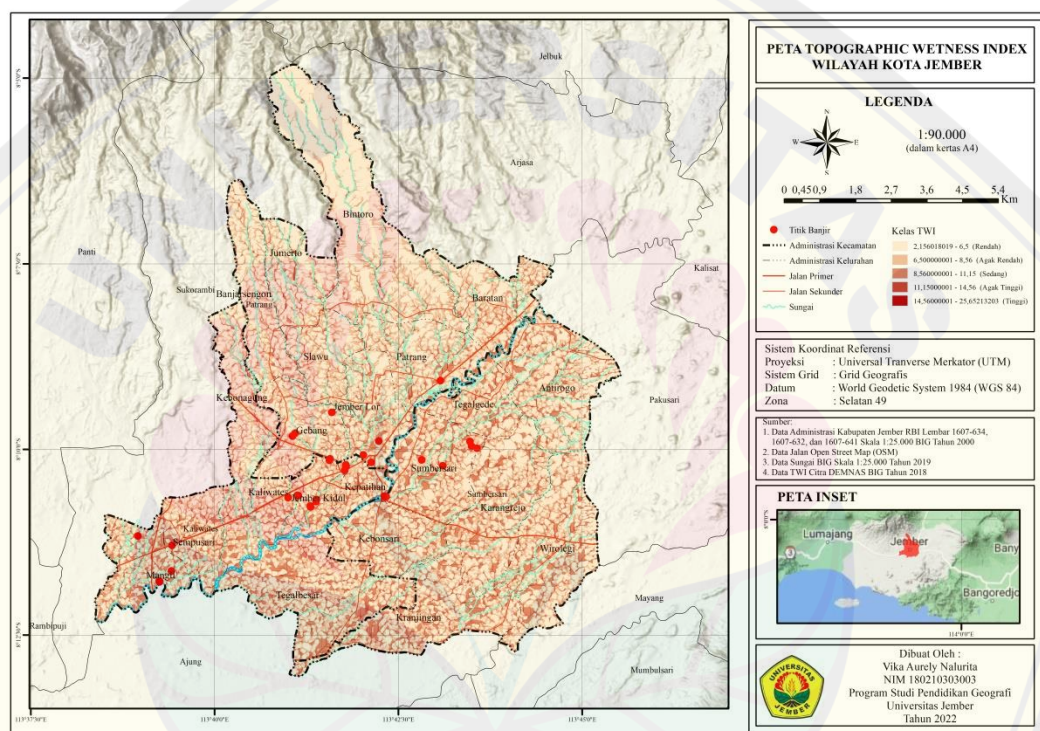
No	Kelas Tutupan Lahan	Kecamatan		Luas Ha
		2018	2022	
1	Lahan Terbangun	1825,2	2479,5	4304,7
2	Sawah	1847,6	3367,8	5215,4
3	Semak	5131,4	3300,6	8432,0
4	Perkebunan	1092,6	748,8	1841,4
	Luas	9896,8	9896,8	19793,5

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

3) *Topographic Wetness Index* (TWI)

Topographic Wetness Index (TWI) pada wilayah Kota Jember memiliki kelas TWI yang bervariasi mulai dari kelas rendah, agak rendah, sedang, agak tinggi hingga tinggi yang tersebar di 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates memiliki kelas TWI mulai dari 2,1 hingga 6,5 untuk kelas rendah, 6,7 hingga 8,56 untuk kelas agak rendah, 8,57 hingga 11,15 untuk kelas sedang, 11,16

hingga 14,56 untuk kelas agak tinggi dan 14,57 hingga 25,65 untuk kelas tinggi Wilayah Kecamatan Sumbersari memiliki kelas TWI mulai dari 2,1 hingga 6,5 untuk kelas rendah, 6,7 hingga 8,56 untuk kelas agak rendah, 8,57 hingga 11,15 untuk kelas sedang, 11,16 hingga 14,56 untuk kelas agak tinggi dan 14,57 hingga 25,65 untuk kelas tinggi Wilayah Kecamatan Patrang memiliki kelas TWI mulai dari 2,1 hingga 6,5 untuk kelas rendah, 6,7 hingga 8,56 untuk kelas agak rendah, 8,57 hingga 11,15 untuk kelas sedang, 11,16 hingga 14,56 untuk kelas agak tinggi dan 14,57 hingga 25,65 untuk kelas tinggi (Gambar 4.8).



Gambar 4.8 Peta *Topographic Wetness Index* (TWI) wilayah Kota Jember

Luas kelas *Topographic Wetness Index* (TWI) pada setiap kecamatan yang ada di wilayah Kota Jember bervariasi mulai dari kelas rendah, agak rendah, sedang, agak tinggi, dan tinggi. Luas keseluruhan kelas TWI kategori rendah seluas 4.643,3 Ha, kategori agak rendah seluas 3334,6 Ha, kategori sedang seluas 1.360,3 Ha, kategori agak tinggi seluas 411,6 Ha, dan kategori tinggi seluas 140,1 Ha, yang terbagi dalam 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates seluas 934,4 Ha termasuk kedalam kelas rendah, seluas 901,4 Ha termasuk kelas agak rendah, seluas 429,8 Ha termasuk kelas sedang, seluas 125,8 Ha termasuk kelas

agak tinggi, dan seluas 40,3 Ha termasuk kelas tinggi Wilayah Kecamatan Sumbersari seluas 1.602,4 Ha termasuk kedalam kelas rendah, seluas 1.222,0 Ha termasuk kelas agak rendah, seluas 602,6 Ha termasuk kelas sedang, seluas 173,6 Ha termasuk kelas agak tinggi, dan seluas 58,3 Ha termasuk kelas tinggi Wilayah Kecamatan Patrang seluas 2.106,5 Ha termasuk kedalam kelas rendah, seluas 1.211,2 Ha termasuk kelas agak rendah, seluas 327,9 Ha termasuk kelas sedang, seluas 112,2 Ha termasuk kelas agak tinggi, dan seluas 41,5 Ha termasuk kelas tinggi (Tabel 4.12).

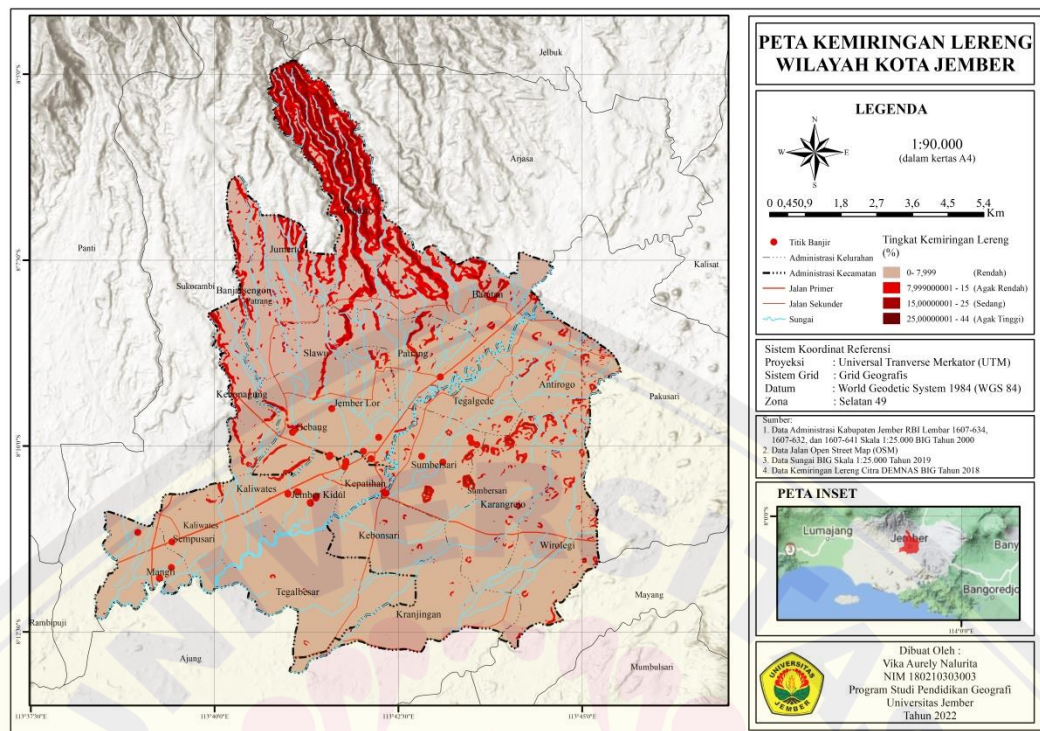
Tabel 4.12 Kelas TWI pada wilayah Kota Jember

No	Kelas TWI	Kecamatan			Luas Total
		Kaliwates	Sumbersari	Patrang	
1	Rendah	934,4	1602,4	2106,5	4643,3
2	Agak Rendah	901,4	1222,0	1211,2	3334,6
3	Sedang	429,8	602,6	327,9	1360,3
4	Agak Tinggi	125,8	173,6	112,2	411,6
5	Tinggi	40,3	58,3	41,5	140,1

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

4) Kemiringan Lereng

Tingkat kemiringan lereng pada wilayah Kota Jember didominasi oleh kemiringan lereng kelas rendah selain itu juga terdapat jenis kemiringan lereng kelas agak rendah, sedang, dan agak tinggi. Tingkat kemiringan lereng ini tersebar di 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates terdapat tingkat kemiringan lereng 0-7,9% untuk tingkat kemiringan lereng rendah, 16-25% untuk tingkat kemiringan lereng sedang, dan 26-44% untuk tingkat kemiringan lereng agak tinggi Wilayah Kecamatan Sumbersari terdapat tingkat kemiringan lereng 0-7,9% untuk tingkat kemiringan lereng rendah, 8-15% untuk tingkat kemiringan lereng agak rendah, 16-25% untuk tingkat kemiringan lereng sedang, dan 26-44% untuk tingkat kemiringan lereng agak tinggi Wilayah Kecamatan Patrang terdapat tingkat kemiringan lereng 0-7,9% untuk tingkat kemiringan lereng rendah, 8-15% untuk tingkat kemiringan lereng agak rendah, 16-25% untuk tingkat kemiringan lereng sedang, dan 26-44% untuk tingkat kemiringan lereng agak tinggi (Gambar 4.9).



Gambar 4.9 Peta Kemiringan Lereng wilayah Kota Jember

Tingkat kemiringan lereng pada wilayah Kota Jember didominasi oleh 97% kelas rendah dengan luas total 8658,2 Ha, dan sisanya termasuk kelas agak rendah dengan luas total 43,9 Ha, kelas sedang 352,9 Ha, dan kelas agak tinggi seluas 841,7 Ha, yang tersebar di 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates 97% merupakan kelas rendah dengan luas 2361,6 Ha, 1% untuk kelas sedang dengan luas 3,9 Ha, dan 3% untuk kelas agak tinggi dengan luas 68,2 Ha Wilayah Kecamatan Sumpusari 95% merupakan kelas rendah dengan luas 3482,4 Ha, 1% merupakan kelas agak rendah dengan luas 0,3 Ha, 1% termasuk kedalam kelas sedang dengan luas 19,3 Ha, dan 3% merupakan kelas afak tinggi dengan luas 159,8 Ha Wilayah Kecamatan Patrang seluas 74% merupakan kelas rendah dengan luas 2814,2 Ha, 1% termasuk kedalam kelas agak rendah dengan luas 43,6 Ha, 9% termasuk kedalam kelas sedang dengan luas 329,8 Ha, 16% termasuk kedalam kelas agak tinggi dengan luas 613,6 Ha (Tabel 4.13).

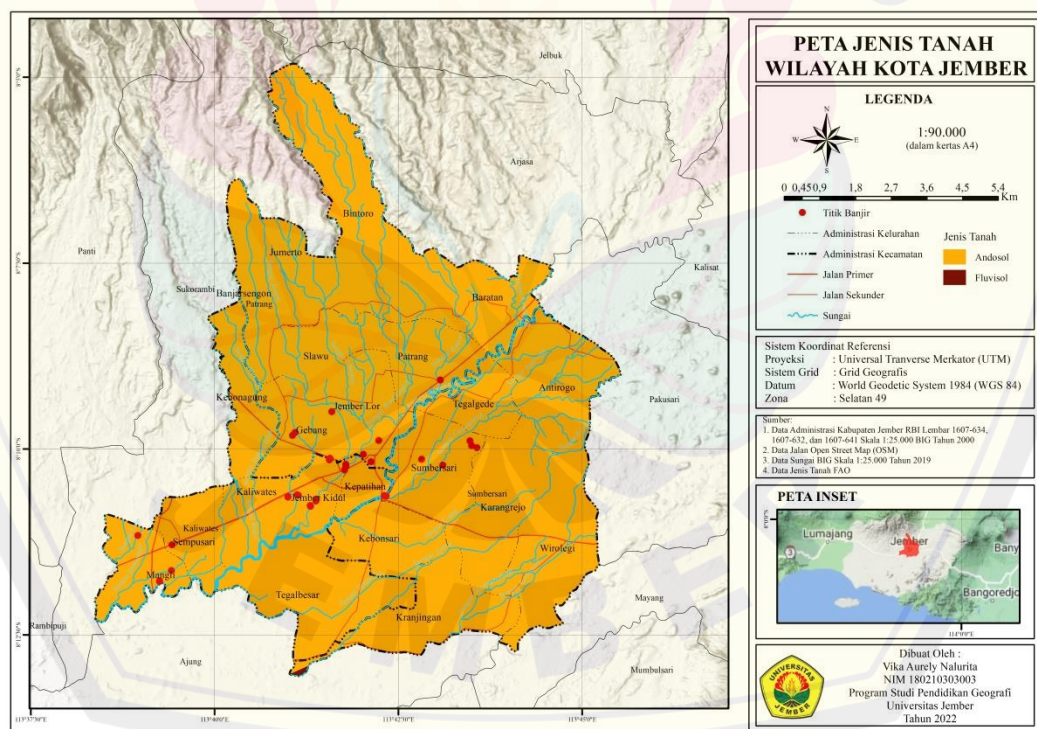
Tabel 4.13 Kelas Kemiringan Lereng pada wilayah Kota Jember

No	Kelas Kemiringan Lereng	Kecamatan			Luas Total
		Kaliwates	Sumbersari	Patrang	
1	Rendah	2361,6	3482,4	2814,2	8658,2
2	Agak Rendah		0,3	43,6	43,9
3	Sedang	3,9	19,3	329,8	352,9
4	Agak Tinggi	68,2	159,8	613,6	841,7

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

5) Jenis Tanah

Pada wilayah Kota Jember terdiri dari 2 jenis tanah yaitu jenis tanah andosol dan juga flufisol, jenis tanah andosol disimbolkan dengan warna coklat muda dan jenis tanah flufisol disimbolkan dengan warna coklat tua, hampir diseluruh wilayah yang ada pada wilayah Kota Jember di dominasi oleh jenis tanah andosol. Jenis tanah ini tersebar di 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates, Kecamatan Summersari, dan Kecamatan Patrang, selain itu pada Kecamatan Summersari juga terdapat jenis tanah flufisol (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 Peta Jenis Tanah wilayah Kota Jember

Pada wilayah kota jember memiliki luas jenis tanah yang berbeda-beda mulai dari jenis tanah andosol dan juga flufisol. Luas keseluruhan jenis tanah andosol pada wilayah Kota Jember seluas 10146,3 Ha, dan luas keseluruhan jenis tanah flufisol seluas 5,2 Ha yang terbagi dalam 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates hanya terdiri dari 1 jenis tanah yaitu andosol dengan luas 2496,8 Ha, hal serupa juga terjadi pada Kecamatan Patrang yang hanya terdiri dari 1 jenis tanah andosol dengan luas 3898,6 Ha. Sedangkan pada Kecamatan Sumbersari memiliki 2 jenis tanah yaitu andosol dan flufisol yang masing-masing memiliki luas 3750,9 Ha untuk jenis tanah andosol dan 5,2 Ha untuk jenis tanah flufisol (Tabel 4.14).

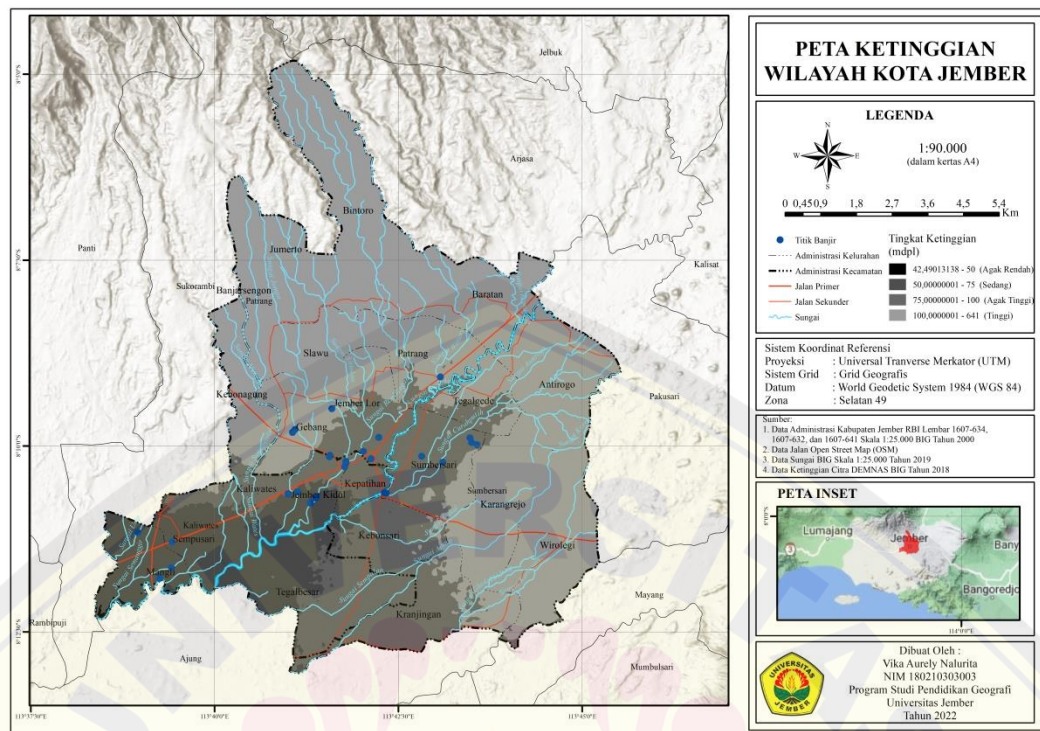
Tabel 4.14 Kelas Jenis Tanah pada wilayah Kota Jember

No	Jenis Tanah	Kecamatan			Luas Total
		Kaliwates	Sumbersari	Patrang	
1	Andosol	2496,8	3750,9	3898,6	10146,3
2	Flufisol		5,2		5,2

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

6) Ketinggian

Ketinggian pada wilayah Kota Jember bervariasi mulai dari dataran agak rendah, sedang, agak tinggi hingga tinggi yang tersebar pada 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates didominasi oleh ketinggian agak rendah mulai dari ketinggian 42-50 mdpl untuk kelas agak rendah, 51-75 mdpl untuk kelas sedang, 76-100 untuk kelas agak tinggi dan 101-641 mdpl untuk kelas tinggi Wilayah Kecamatan Sumbersari memiliki kelas ketinggian mulai dari kelas sedang, agak tinggi dan tinggi, 51-75 mdpl untuk kelas sedang, 76-100 untuk kelas agak tinggi dan 101-641 mdpl untuk kelas tinggi Wilayah Kecamatan Patrang memiliki ketinggian mulai dari kelas sedang, agak tinggi dan tinggi, 51-75 mdpl untuk kelas sedang, 76-100 untuk kelas agak tinggi dan 101-641 mdpl untuk kelas tinggi (Gambar 4.11).



Gambar 4.11 Peta Ketinggian pada wilayah Kota Jember

Terdapat 4 kelas ketinggian pada Kecamatan Kaliwates dengan luas 341,9 Ha untuk kelas rendah, 796,7 Ha untuk kelas agak rendah, 1283,4 Ha untuk kelas sedang, dan 11,8 Ha untuk kelas agak tinggi. Kecamatan Sumpersari memiliki luas ketinggian sebesar 2368,9 Ha untuk kelas rendah, 1246,2 Ha untuk kelas agak rendah, dan 46,7 untuk kelas sedang Wilayah Kecamatan Patrang memiliki luas ketinggian sebesar 3463,3 Ha untuk kelas rendah, 336,1 Ha untuk kelas agak rendah, dan 1,8 Ha untuk kelas sedang (Tabel 4.15).

Tabel 4.15 Kelas Ketinggian pada wilayah Kota Jember

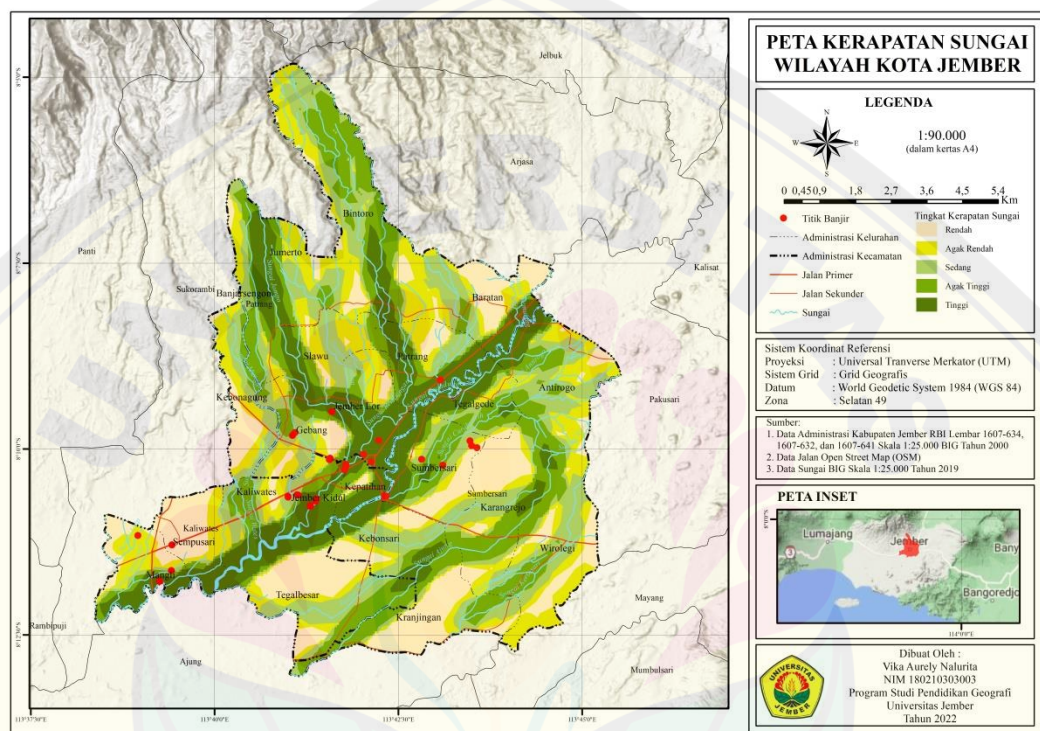
No	Kelas Ketinggian	Kecamatan			Luas Total
		Kaliwates	Sumpersari	Patrang	
1	Rendah	341,9	2368,9	3463,3	6174,1
2	Agak Rendah	796,7	1246,2	336,1	2379,0
3	Sedang	1283,4	46,7	1,8	1331,9
4	Agak Tinggi	11,8			11,8

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

7) Kerapatan Aliran Sungai

Tingkat kerapatan aliran sungai pada wilayah Kota Jember sangat bervariasi mulai dari tingkat kerapatan rendah yang disimbolkan dengan warna

coklat muda, agak rendah disimbolkan dengan warna hijau lumut, sedang disimbolkan dengan warna hijau muda, agak tinggi disimbolkan dengan warna hijau daun, dan kerapatan tinggi yang disimbolkan dengan warna hijau tua. Tingkat kerapatan sungai ini tersebar di 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates, Summersari dan Patrang dimana semakin dekat jarak wilayah dengan sungai utama maka kerapatan aliran sungai semakin tinggi (Gambar 4.12).



Gambar 4.12 Peta Kerapatan Aliran Sungai wilayah Kota Jember

Kerapatan aliran sungai pada Kecamatan Kaliwates bervariasi mulai dari 657,9 Ha untuk kelas kerapatan rendah, 478,0 Ha untuk kelas kerapatan agak rendah, 415,7 Ha untuk kelas kerapatan sedang, 364,5 Ha untuk kelas kerapatan agak tinggi dan, 570,8 Ha untuk kelas kerapatan tinggi Wilayah Kecamatan Summersari seluas 809,6 Ha merupakan kelas kerapatan rendah, 687,6 Ha untuk kelas kerapatan agak rendah, 891,6 Ha untuk kelas kerapatan sedang, 871,2 Ha untuk kelas kerapatan agak tinggi, dan 491,9 Ha untuk kelas tinggi Wilayah Kecamatan Patrang seluas 410,3 Ha merupakan kelas kerapatan rendah, 852,6 Ha untuk kelas kerapatan agak rendah, 891,6 Ha untuk kelas kerapatan sedang, 827,0

Ha untuk kelas kerapatan agak tinggi, dan 903,3 Ha untuk kelas tinggi (Tabel 4.16).

Tabel 4.16 Kelas Kerapatan Aliran Sungai pada wilayah Kota Jember

No	Kelas Kerapatan Sungai	Kecamatan			Luas Total
		Kaliwates	Sumpersari	Patrang	
1	Rendah	657,9	809,6	410,3	1877,8
2	Agak Rendah	478,0	687,6	852,6	2018,2
3	Sedang	415,7	884,8	891,6	2192,1
4	Agak Tinggi	364,5	871,2	827,0	2062,7
5	Tinggi	570,8	491,9	903,3	1966,0

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

4.1.5 Tingkat Kerawanan Banjir pada wilayah Kota Jember

Tingkat kerawanan banjir pada tahapan akhir dilakukan proses pemberian pembobotan data masing-masing parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan banjir, parameter yang digunakan yaitu curah hujan, ketinggian, *Topographic Wetness Index* (TWI), jenis tanah, kerapatan aliran sungai, tutupan lahan, dan kemiringan lereng. Pemberian pembobotan pada setiap parameter bertujuan untuk mengetahui pengaruh paling besar terhadap terjadinya banjir. Perhitungan nilai bobot setiap parameter menggunakan metode *Composite Mapping Analysis* (CMA), setelah pembobotan pada setiap parameter maka dilakukan penggabungan parameter tersebut dengan cara *overlay* (Tabel 4.17).

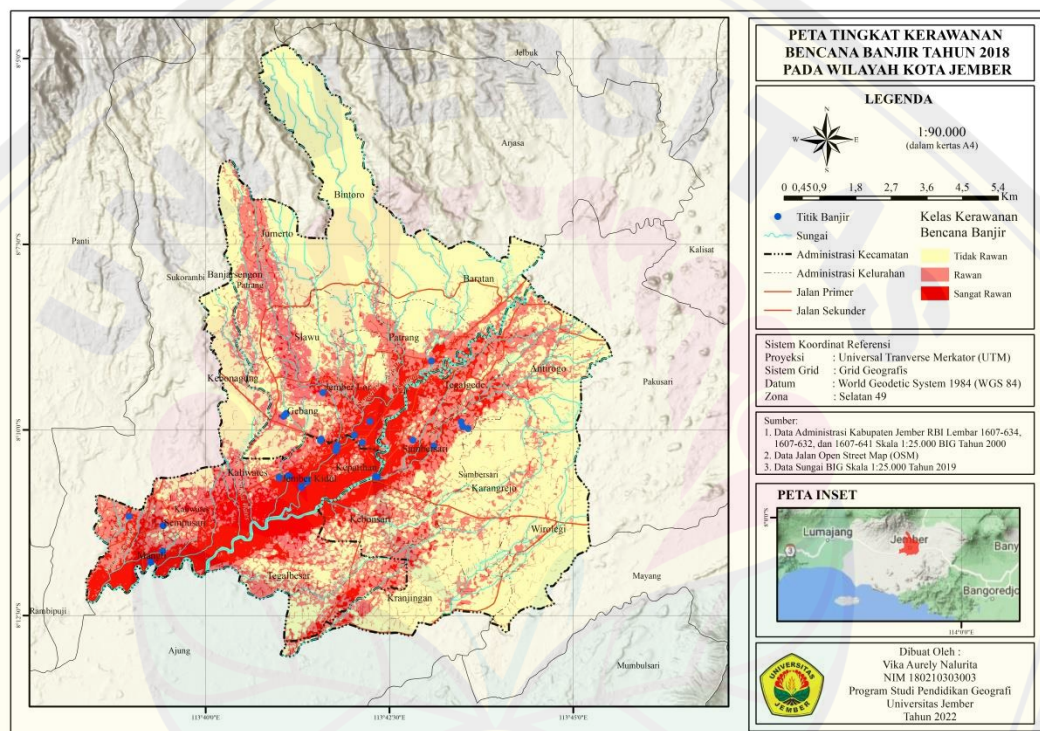
Tabel 4.17 Pembobotan Parameter Bencana Banjir

No	Klasifikasi	Bobot
1	Curah Hujan	23
2	Ketinggian	20
3	<i>Topographic Wetness Index</i> (TWI)	16
4	Jenis Tanah	12
5	Kerapatan Aliran Sungai	12
6	Tutupan Lahan	11
7	Kemiringan Lereng	7

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Tingkat kerawanan bencana banjir tahun 2018 pada wilayah Kota Jember dibagi dalam 3 kelas yaitu kelas tidak rawan, rawan, dan sangat rawan yang tersebar dalam 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates kelas tidak rawan, rawan, dan sangat rawan yang tersebar di Kelurahan Jember Kidul, Kaliwates,

Kebonagung, Kepatihan, Mangli, Sempusari, dan Tegalbesar Wilayah Kecamatan Summersari juga terdapat 3 kelas tingkat kerawanan banjir yaitu daerah tidak rawan, rawan, dan sangat rawan yang tersebar di Kelurahan, Antirogo, Karangrejo, dan Kebonsari Karangrejo, Kebonsari, Kranjingan, Summersari, Tegalgede, dan Wirolegi. Selain itu pada Kecamatan Patrang juga terbagi dalam 3 kelas tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan, rawan dan sangat rawan yang tersebar pada Kelurahan Banjarsengon, Baratan, Bintoro, Gebang, Jember Lor, Jumerto, Patrang, dan Slawu (Gambar 4.13).



Gambar 4.13. Peta Tingkat Kerawanan Bencana Banjir pada wilayah Kota Jember Tahun 2018

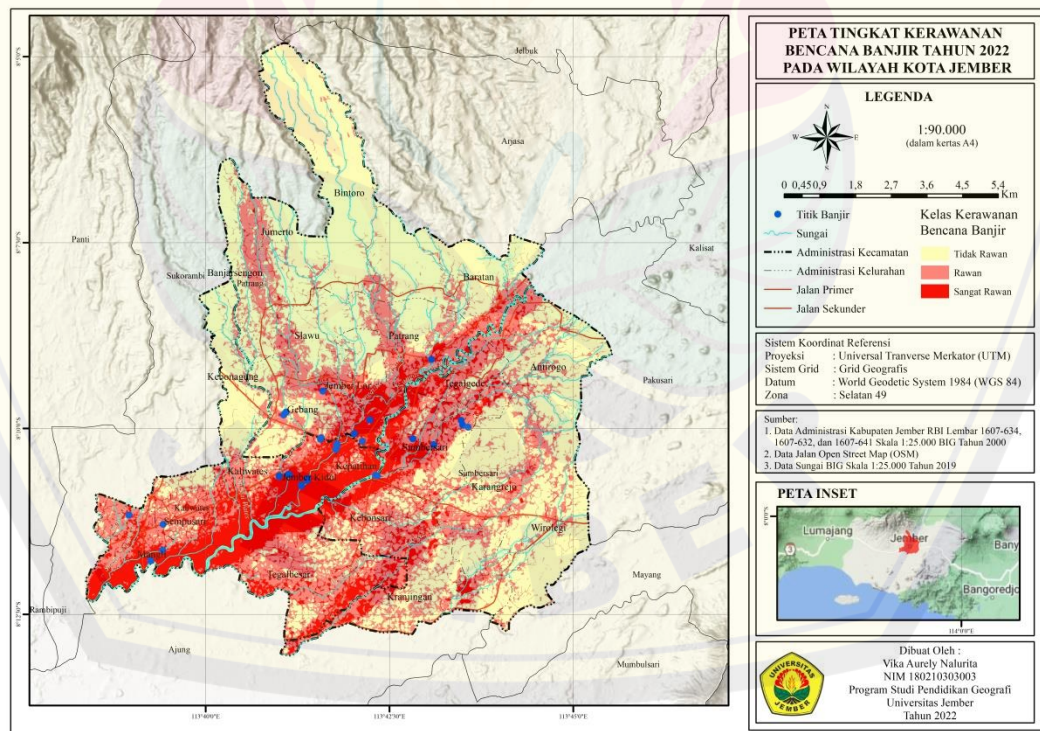
Berdasarkan hasil analisis tingkat kerawanan banjir Tahun 2018 pada wilayah Kota Jember, didapatkan klasifikasi tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan 54% seluas 5461,8 Ha, kelas rawan 34% seluas 2986,6 Ha, dan kelas sangat rawan 16% seluas 1664,7 Ha (Tabel 4.18).

Tabel 4.18 Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Tahun 2018 pada wilayah Kota Jember

No	Tingkat Kerawanan	Luas (Ha)	%
1	Tidak Rawan	5461,8	54%
2	Rawan	2986,6	30%
3	Sangat Rawan	1664,7	16%
Total		10113,0	100%

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Tingkat kerawanan bencana banjir Tahun 2022 tersebar pada 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates kelas tidak rawan, rawan, dan sangat rawan yang tersebar di Kelurahan Jember Kidul, Kaliwates, Kebonagung, Kepatihan, Mangli, Sempusari, dan Tegalbesar Wilayah Kecamatan Sumpusari terdapat 3 kelas yaitu daerah tidak rawan, rawan, dan sangat rawan yang tersebar di Kelurahan, Antirogo, Karangrejo, dan Kebonsari Karangrejo, Kebonsari, Kranjingan, Sumpusari, Tegalgede, dan Wirolegi. Selain itu pada Kecamatan Patrang juga terbagi dalam 3 kelas kerawanan banjir kelas tidak rawan, rawan dan sangat rawan yang tersebar pada Kelurahan Banjarsengon, Baratan, Bintoro, Gebang, Jember Lor, Jumerto, Patrang, dan Slawu (Gambar 4.14).



Gambar 4.14 Peta Tingkat Kerawanan Bencana Banjir pada wilayah Kota Jember Tahun 2022

Pada Tahun 2022 tingkat kerawanan bencana banjir kelas sangat rawan dan rawan meningkat luasannya dari Tahun 2018 yaitu kelas tidak rawan 48% seluas 4891,1 Ha, Kelas rawan 34% seluas 3452,3 Ha, dan kelas sangat rawan 18% seluas 1769,6 Ha (Tabel 4.19).

Tabel 4.19 Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Tahun 2022 pada wilayah Kota Jember

No	Tingkat Kerawanan	Luas (Ha)	%
1	Tidak Rawan	4891,1	48%
2	Rawan	3452,3	34%
3	Sangat Rawan	1769,6	18%
Total		10113,0	100%

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

4.1.6 Tren Tingkat Kerawanan Bencana Banjir pada wilayah Kota Jember

Tren tingkat kerawanan bencana banjir pada wilayah Kota Jember dilakukan dengan cara memetakan wilayah rawan bencana banjir pada Tahun 2018 dan Tahun 2022 menggunakan metode CMA yang di kombinasikan dengan TWI. Parameter yang dapat dimodelkan adalah parameter tutupan lahan dan curah hujan yang setiap tahunnya dapat berubah, dengan mengetahui perbedaan tingkat kerawanan bencana banjir di Tahun 2018 dengan Tahun 2022 maka dapat diketahui tren tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember.

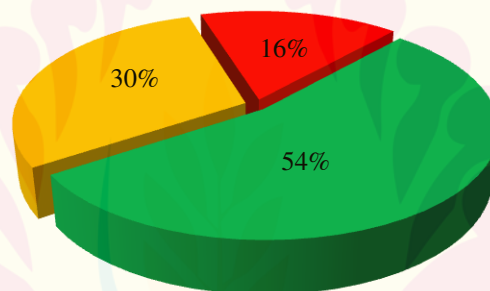
Tingkat kerawanan bencana banjir Tahun 2018 dengan luas total kelas tidak rawan seluas 5461,8 Ha, kelas rawan seluas 2986,6 Ha, dan kelas sangat rawan seluas 1664,7 Ha yang tersebar di 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates didominasi oleh tingkat kerawanan bencana banjir kelas sangat rawan dengan luas 946,2 Ha, disusul dengan kelas rawan seluas 890,9 Ha, dan kelas tidak rawan seluas 648,4 Ha Wilayah Kecamatan Sumpalsari didominasi oleh tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan dengan luas 2231,3, disusul dengan kelas rawan seluas 1109,1 Ha, dan seluas 403,4 Ha termasuk kedalam kelas sangat rawan Wilayah Kecamatan Patrang didominasi oleh tingkat kerawanan banjir kelas tidak rawan seluas 2582,1 Ha, disusul dengan kelas rawan seluas 986,6 Ha, dan kelas sangat rawan seluas 315,1 Ha (Tabel 4.20).

Tabel 4.20 Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Tahun 2018 pada wilayah Kota Jember

No	Kecamatan	Tingkat Kerawanan Bencana Banjir			
		Tidak Rawan	Rawan	Sangat Rawan	Total (Ha)
1	Kaliwates	648,4	890,9	946,2	2485,6
2	Sumpersari	2231,3	1109,1	403,4	3743,7
3	Patrang	2582,1	986,6	315,1	3883,7
	Total	5461,8	2986,6	1664,7	10113,0

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

Pada Tahun 2018 tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan sebesar 54% dengan luas total 5461,8 Ha, kelas rawan sebesar 30% dengan luas total 2986,6 Ha, dan kelas sangat rawan sebesar 16% dengan luas total 1664,7 Ha yang tersebar di 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates, Kecamatan Sumpersari dan Kecamatan Patrang (Gambar 4.15).



■ Tidak Rawan ■ Rawan ■ Sangat Rawan

Gambar 4.15 Diagram Tingkat Kerawanan Bencanan Banjir Tahun 2018

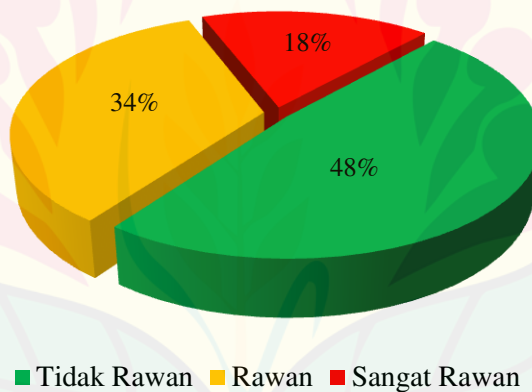
Tingkat kerawanan bencana banjir Tahun 2022 terbagi dalam 3 kelas dengan luas total kelas tidak rawan seluas 4891,1 Ha, kelas rawan seluas 3452,3 Ha, dan kelas sangat rawan seluas 1769,6 Ha yang terbagi kedalam 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates didominasi oleh kelas sangat rawan dengan luas 1007,9 Ha, kelas rawan seluas 936,1 Ha, dan kelas tidak rawan seluas 541,6 Ha Wilayah Kecamatan Sumpersari didominasi oleh tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan dengan luas 1826,9 Ha, kelas rawan seluas 1442,7 Ha, dan kelas sangat rawan seluas 474,2 Ha Wilayah Kecamatan Patrang didominasi oleh tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan seluas 2522,6 Ha, kelas rawan seluas 1073,5 Ha, dan kelas sangat rawan seluas 287,6 Ha (Tabel 4.21).

Tabel 4.21 Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Tahun 2022 pada wilayah Kota Jember

No	Kecamatan	Tingkat Kerawanan Bencana Banjir			Total (Ha)
		Tidak Rawan	Rawan	Sangat Rawan	
1	Kaliwates	541,6	936,1	1007,9	2485,6
2	Sumpersari	1826,9	1442,7	474,2	3743,7
3	Patrang	2522,6	1073,5	287,6	3883,7
	Total	4891,1	3452,3	1769,6	10113,0

Sumber: Hasil Pengolahan Data Tahun 2022

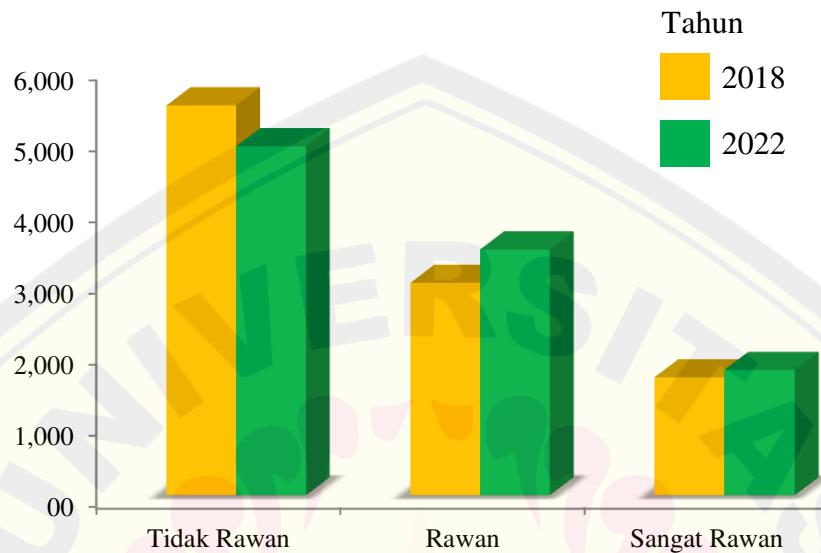
Pada Tahun 2022 tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan sebesar 48% dengan luas total 4891,1 Ha, kelas rawan sebesar 34% dengan luas total 3452,3 Ha, dan kelas sangat rawan sebesar 18% dengan luas total 1769,6 Ha yang tersebar di 3 kecamatan yaitu pada Kecamatan Kaliwates, Kecamatan Sumpersari dan Kecamatan Patrang (Gambar 4.16).



Gambar 4.16 Diagram Tingkat Kerawanan Bencanan Banjir Tahun 2022

Tren tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember selama jangka waktu 5 tahun, yaitu dari 2018 hingga Tahun 2022 terdapat peningkatan sebesar 2% untuk kelas sangat rawan yaitu dari 16 % pada Tahun 2018 menjadi 18% pada Tahun 2022. Selain itu juga terjadi peningkatan terhadap kelas rawan sebesar 4% dari 30% pada Tahun 2018 menjadi 34% pada Tahun 2022, namun terjadi penurunan terhadap tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan sebesar 6% dari 54% pada Tahun 2018 menjadi 48% pada Tahun 2022. Selanjutnya dengan diketahuinya tren tingkat kerawanan bencana banjir selama 5 tahun sebelumnya maka dapat dilakukan proyeksi untuk 5 tahun selanjutnya yaitu

pada Tahun 2027. Proyeksi tingkat kerawanan banjir pada Tahun 2027 mengalami kenaikan yaitu untuk kelas tidak rawan sebesar 42%, kelas rawan tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan sebesar 42%, kelas rawan sebesar 38% dan kelas sangat rawan sebesar 20%.



Gambar 4.17 Diagram Tren Tingkat Kerawana Bencana Banjir

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir

Bencana banjir merupakan peristiwa terbenamnya daratan (yang biasanya kering) karena volume air yang meningkat pada setiap unit lahan yang diperoleh berdasarkan nilai kerawanan banjir. Sebagian besar daerah yang tanahnya mempunyai daya serapan air yang buruk (tekstur tanah), atau jumlah curah hujan melebihi kemampuan tanah untuk menyerap air (Kusumo dan Nursari, 2016). Penentuan daerah rawan bencana banjir memerlukan nilai bobot dari masing-masing parameter yang dalam tahap pengerjaannya menggunakan metode *Composite Mapping Analysis* (CMA), setelah pembobotan pada setiap parameter maka dilakukan penggabungan parameter tersebut dengan cara overlay dilakukan untuk seluruh peta parameter kemudian diklasifikasikan menjadi kelas tidak rawan, rawan, dan sangat rawan.

1) Daerah Tidak Rawan Banjir

Daerah tidak rawan banjir dapat dikatakan sebagai daerah yang paling aman terhadap kemungkinan terlanda banjir. Hal ini disebabkan karena pada daerah ini tergolong dataran tinggi, dengan penggunaan lahan yang masih banyak vegetasi, serta jaraknya jauh dari sungai (Kusumo dan Nursari, 2016). Kemiringan lereng yang curam menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat dan tidak akan menggenangi daerah ini, sehingga resiko banjir menjadi kecil (Taufik dan Rahman, 2020). Berdasarkan hasil analisis tingkat kerawanan banjir pada wilayah Kota Jember yang tergolong tidak rawan terdiri dari 5.461,8 Ha pada Tahun 2018, dan 4.891,1 Ha pada Tahun 2022. Daerah dengan kelas tidak rawan banjir banyak dijumpai pada Kecamatan Patrang dikarenakan pada daerah ini sebagian besar wilayah merupakan dataran tinggi, masih banyak ditemukan lahan vegetasi yang cukup serta memiliki tingkat kemiringan lereng agak tinggi hingga rendah. Kemiringan lereng mempengaruhi jumlah dan kecepatan limpasan permukaan, sehingga semakin curam kemiringan lereng dapat menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat sehingga air hujan yang jatuh akan langsung dialirkan dan tidak menggenangi daerah tersebut, sehingga resiko banjir menjadi lebih kecil (Anggraini dkk., 2021).

Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Kusumo dan Nursari (2016) di Kabupaten Serang Banten menyatakan bahwa daerah yang memiliki potensi kecil terhadap bencana banjir berada pada wilayah dataran tinggi dengan penggunaan lahan yang masih banyak vegetasinya yang terletak pada wilayah hulu DAS yang berada di Kabupaten Bogor.

2) Daerah Rawan Banjir

Daerah ini merupakan wilayah yang termasuk potensial kritis terhadap banjir. wilayah ini berada pada daerah dataran rendah dan sebagian terletak di wilayah tengah DAS. Jenis banjir pada daerah ini tidak terlalu tinggi umumnya bersifat genangan sementara akibat curah hujan yang tinggi dan drainase yang buruk. Selain itu, jenis tanah di daerah ini adalah andosol sehingga tanah akan cepat jenuh jika curah hujan tinggi akibatnya proses infiltrasi akan berjalan lambat hingga akhirnya menimbulkan genangan air di permukaan. Genangan tersebut

akan mengalir ke tempat yang lebih rendah yaitu di sekitar bantaran sungai (Kusumo dan Nursari, 2016). Luas wilayah yang tergolong ke dalam daerah rawan pada wilayah Kota Jember seluas 2.986,6 Ha pada Tahun 2018 dan 3.452,3 Ha pada Tahun 2022. Daerah dengan kelas rawan banyak dijumpai pada Kecamatan Sumbersari. Faktor utama penyebab terjadinya banjir di Kecamatan Sumbersari adalah sebagian besar merupakan daerah terbangun atau permukiman yakni seluas 1019,8 Ha atau 28% sedikit adanya lahan perkebunan sehingga rendahnya daya resap air hujan yang intensitasnya cukup tinggi pada musim penghujan yaitu kisaran 182-297 mm/bulan, kemudian didukung dengan dominan wilayah kecamatan Sumbersari merupakan bidang yang memiliki kontur atau tingkat kemiringan lereng yang dominan datar sehingga menyebabkan peluang terjadinya banjir semakin tinggi (Wisnawa dkk., 2021).

Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Eldi (2020) di DKI Jakarta dimana pada daerah ini banyak dijumpai daerah dengan tingkat kerawanan bencana banjir kelas rawan yang dikarenakan sebagian besar wilayah DKI Jakarta merupakan dataran rendah yang didukung dengan padatnya jumlah penduduk dan pembangunan lahan terbangun sehingga mengakibatkan semakin minimnya lahan vegetasi dan menimbulkan kerusakan lingkungan serta mampu memicu bencana banjir terjadi pada saat hujan tiba dengan durasi yang lama dan intensitas yang tinggi.

3) Daerah Sangat Rawan Banjir

Daerah sangat rawan banjir merupakan wilayah yang termasuk kategori kritis terhadap kerawanan banjir. wilayah dengan kelas kerawanan banjir sangat tinggi banyak dijumpai pada daerah dengan elevasi yang rendah, penggunaan lahan yang cenderung sedikit vegetasi, karena sebagian besar wilayahnya merupakan wilayah terbangun dan terbuka tanpa vegetasi sehingga menyebabkan tingginya aliran permukaan yang langsung mengalir ke sungai (Kusumo dan Nursari, 2016). Luas wilayah yang tergolong kelas sangat rawan pada wilayah Kota Jember seluas 1.664,7 Ha pada Tahun 2018 dan 1.769,6 Ha pada Tahun 2022. Daerah dengan tingkat kerawanan bencana banjir kelas sangat rawan banyak dijumpai pada Kecamatan Kaliwates. Faktor utama penyebab terjadinya

banjir di Kecamatan Kaliwates karena sebagian besar wilayah merupakan dataran rendah, didominasi oleh lahan terbangun sehingga daya resap air minim, memiliki curah hujan tinggi dan kerapatan aliran sungai yang tinggi (Wisnawa dkk., 2021).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Septian dkk., (2020) pada daerah Kabupaten Agam, Sumatera Barat merupakan daerah yang dapat dikategorikan sebagai daerah yang sangat rawan banjir dikarenakan memiliki intensitas hujan yang cukup tinggi pada wilayah timur, selain itu pada wilayah ini memiliki bentuk lahan dan penutupan lahan yang tidak mendukung. Lebih dari 50% wilayah kabupaten Agam, Sumatera Barat memiliki drainase yang sangat buruk sehingga jika hujan turun dengan debit yang besar dan penyaluran air kurang baik dapat menyebabkan banjir.

Dapat disimpulkan karakteristik daerah rawan bencana banjir pada wilayah Kota Jember kelas sangat rawan yaitu sebagian besar wilayah merupakan dataran rendah, didominasi oleh lahan terbangun sehingga daya resap air minim, memiliki curah hujan tinggi dan kerapatan aliran sungai yang tinggi. Karakteristik bencana banjir kelas rawan yaitu memiliki sedikit lahan bervegetasi, didominasi oleh dataran rendah, memiliki curah hujan tinggi. Karakteristik daerah tidak rawan banjir yaitu sebagian besar wilayah merupakan dataran tinggi, memiliki tingkat vegetasi yang tinggi, memiliki tingkat kemiringan lereng yang curam dan tidak dominannya lahan terbangun.

4.2.2 Tren Tingkat Kerawanan Bencana Banjir

Diketahui tren tingkat kerawanan bencana banjir selama jangka waktu 5 tahun dari 2018 hingga Tahun 2022 yaitu terdapat peningkatan sebesar 2% dari luas 1664,7 Ha pada Tahun 2018 menjadi seluas 1769,6 Ha pada Tahun 2022 untuk kelas sangat rawan, terjadi peningkatan terhadap kelas rawan sebesar 4% dari luas 2986,6 Ha pada Tahun 2018 menjadi seluas 3452,3 Ha pada Tahun 2022 namun terjadi penurunan terhadap tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan sebesar 6% dari luas 5461,8 Ha pada Tahun 2018 menjadi seluas 4891,1 pada Tahun 2022, dengan diketahuinya tren tingkat kerawanan bencana banjir selama 5 tahun sebelumnya maka dapat dilakukan proyeksi untuk 5 tahun selanjutnya yaitu pada Tahun 2027. Dapat di proyeksikan pada Tahun 2027

tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan sebesar 42%, kelas rawan sebesar 38% dan kelas sangat rawan sebesar 20%.

Faktor utama penyebab adanya peningkatan tren tingkat kejadian bencana banjir pada wilayah Kota Jember yaitu dikarenakan sebagian besar wilayah Kota Jember merupakan dataran rendah dengan luas lahan 6174,1 Ha atau sebesar 62% merupakan dataran rendah, yang didukung dengan adanya kenaikan jumlah tutupan lahan terbangun dari 1825,2 Ha pada Tahun 2018 menjadi seluas 2479,5 Ha pada Tahun 2022, yang mengakibatkan semakin sedikit lahan bervegetasi seperti lahan perkebunan sehingga daya resap air juga semakin menurun yang diperparah dengan adanya intensitas curah hujan yang tinggi yaitu kisaran 182-297 mm/bulan, selain itu tingginya tingkat kerapatan aliran sungai, sehingga menyebabkan peluang terjadinya banjir semakin tinggi (Wisnawa dkk., 2021).

Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Kusumo dan Nursari (2016) menyatakan bahwa perkembangan penggunaan lahan pada suatu daerah dan aliran sungai di Indonesia dalam tiga dasawarsa terakhir memberikan dampak berupa peningkatan frekuensi, debit, dan volume banjir yang telah menggenangi wilayah permukiman dan infrastruktur umum yang mengakibatkan kerusakan dan kerugian material dan non material. Banjir banyak terjadi pada daerah yang padat penduduknya seperti di daerah perkotaan karena pada daerah ini jumlah penduduk dan tingkat pembangunannya selalu meningkat yang mengakibatkan lahan vegetasi semakin menurun sehingga semakin mengintensifkan aliran permukaan pada saat hujan tiba yang dapat memicu bencana banjir semakin meningkat.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- 1) Daerah rawan bencana banjir pada wilayah Kota Jember terdiri dari 3 kelas yaitu kelas tidak rawan, rawan, dan sangat rawan. Karakteristik daerah rawan bencana banjir kelas sangat rawan yaitu sebagian besar wilayah merupakan dataran rendah, didominasi oleh lahan terbangun sehingga daya resap air minim, memiliki curah hujan tinggi dan kerapatan aliran sungai yang tinggi. Karakteristik bencana banjir kelas rawan yaitu memiliki sedikit lahan bervegetasi, didominasi oleh dataran rendah, memiliki curah hujan tinggi. Karakteristik daerah tidak rawan banjir yaitu sebagian besar wilayah merupakan dataran tinggi, memiliki tingkat vegetasi yang tinggi, memiliki tingkat kemiringan lereng yang curam dan tidak dominannya lahan terbangun. Tahun 2018 tingkat kerawanan bencana banjir kelas sangat rawan didominasi pada Kecamatan Kaliwates dengan luas 946,2 Ha, kelas rawan didominasi pada Kecamatan Sumpalsari dengan luas 1109,1 Ha, dan pada kelas tidak rawan didominasi pada Kecamatan Patrang dengan luas 2582,1 Ha. Tahun 2022 tingkat kerawanan bencana banjir kelas sangat rawan didominasi pada Kecamatan Kaliwates dengan luas 1007,9 Ha, kelas rawan didominasi pada Kecamatan Sumpalsari dengan luas 1442,7 Ha, dan pada kelas tidak rawan didominasi pada Kecamatan Patrang dengan luas 2522,6 Ha.
- 2) Terjadi tren tingkat kerawanan bencana banjir selama 5 tahun mulai dari Tahun 2018 hingga 2022 yaitu terdapat peningkatan sebesar 2% untuk kelas sangat rawan yaitu dari 16 % pada Tahun 2018 menjadi 18% pada Tahun 2022. Selain itu juga terjadi peningkatan terhadap kelas rawan sebesar 4% dari 30% pada Tahun 2018 menjadi 34% pada Tahun 2022, namun terjadi penurunan terhadap tingkat kerawanan bencana banjir kelas tidak rawan sebesar 6% dari 54% pada Tahun 2018 menjadi 48% pada Tahun 2022. Berdasarkan tren tingkat kerawanan bencana banjir selama 5 tahun sebelumnya maka dapat dilakukan proyeksi untuk 5 tahun selanjutnya yaitu

pada Tahun 2027. Hasil proyeksi tingkat kerawanan banjir pada Tahun 2027 yaitu kelas tidak rawan sebesar 42%, kelas rawan sebesar 38% dan kelas sangat rawan sebesar 20%

5.2 Saran

Penelitian analisis tingkat kerawanan bencana banjir dan pemetaan selanjutnya perlu menggunakan data yang lebih update dan mempunyai skala yang detail dari instansi terkait. Parameter kerawanan bencana banjir lainnya dapat ditambahkan agar hasilnya lebih valid. Selain itu pemetaan juga dapat digunakan sebagai acuan pemerintah dalam upaya melakukan mitigasi bencana, sehingga menjadi daerah yang tangguh bencana.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdolmanafi, A., B. Saghafian, dan S. Aminyavari. 2021. Evaluation of global ensemble prediction models for forecasting medium to heavy precipitations. *Meteorology and Atmospheric Physics*. 133(1):15–26.
- Agbola, B. S., Ajayi, O., Taiwo, O. J., & Wahab, B. W. 2017. The August 2011 flood in Ibadan, Nigeria: Anthropogenic causes and consequences. *International Journal of Disaster Risk Science*. 3(4):207–217.
- Ai, P., D. Yuan, dan C. Xiong. 2018. Copula-based joint probability analysis of compound floods from rainstorm and typhoon surge: a case study of jiangsu coastal areas, china. *Sustainability (Switzerland)*. 10(7):2232–2240.
- Aisyah, S. 2021. Tingkat kerentanan bencana banjir di kecamatan martapura. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*. 7(2):1–10.
- Anggraini, N., B. Pangaribuan, A. P. Siregar, G. Sintampalam, A. Muhammad, M. R. S. Damanik, dan M. T. Rahmadi. 2021. Analisis pemetaan daerah rawan banjir di kota medan tahun 2020. *Jurnal Samudra Geografi*. 4(2):27–33.
- Anna, A. N. 2018. Analisis potensi limpasan permukaan (run off) menggunakan Model Cook`S Di DAS Penyangga Kota Surakarta untuk pencegahan banjir luapan Sungai Bengawan Solo. *Prosiding Seminar Nasional 2014, Pembangunan Berkelanjutan Di DAS Bengawan Solo*. 2018. 319–325.
- Arnell, N. W. dan S. N. Gosling. 2016. The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. *Climatic Change*. 134(3):387–401.
- Aziza, S. N., L. Somantri, dan I. Setiawan. 2021. Analisis pemetaan tingkat rawan banjir Di Kecamatan Bontang Barat Kota Bontang berbasis sistem informasi geografis. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*. 9(2):109–120.
- Band, S. S., S. Janizadeh, S. C. Pal, A. Saha, R. Chakraborty, A. M. Melesse, dan A. Mosavi. 2020. Flash flood susceptibility modeling using new approaches of hybrid and ensemble tree-based machine learning algorithms. *Remote Sensing*. 12(21):1–23.
- Becker, P. 2018. Dependence, trust, and influence of external actors on municipal urban flood risk mitigation: The case of Lomma Municipality, Sweden. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 31(10):1004–1012.
- Bertan, M. M. J., C. J. Supit, dan I. R. Mangangka. 2021. Studi penyebab banjir sungai tondano dianalisis dari jenis hujan siklonik, konvektif dan hujan orografik. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. 11(2):75–88.

BPBD.2022. Data Bencana Banjir Kabupaten Jember. BPBD : Kabupaten Jember

Budiarti, W., E. Gravitaniani, dan M. Mujiyo. 2018. Analisis aspek biofisik dalam penilaian kerawanan banjir Di Sub DAS Samin Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*. 8(1):96–108.

Cahyono, B. E., P. Cahyatri, E. Purwandari, Misto, dan N. Febrianti. 2021. Mapping flooded risk area in east java indonesia using remote sensing data. *Journal of Physics: Conference Series*. 1825(1):2–11.

Campolo, M., P. Andreussi, dan A. Soldati. 2017. River flood forecasting with a neural network model. *Water Resources Research*. 35(4):1191–1197.

Cotugno, A., V. Smith, T. Baker, dan R. Srinivasan. 2021. A framework for calculating peak discharge and flood inundation in ungauged urban watersheds using remotely sensed precipitation data: a case study in freetown, sierra leone. *Remote Sensing*. 13(19):3806–3827.

Darmawan, K., Hani'ah, dan A. Suprayogi. 2017. Analysis of flood hazard levels in sampang district using overlay method with scoring based on geographic information systems. *Jurnal Geodesi Undip*. 6(1):31–40.

Das, S. 2018. Geographic information system and ahp-based flood hazard zonation of vaitarna basin, maharashtra, india. *Arabian Journal of Geosciences*. 11(19):1–13.

Das, S. 2020. Flood susceptibility mapping of the western ghat coastal belt using multi-source geospatial data and analytical hierarchy process (ahp). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 20(10):411007–100379.

Dung, N. B., N. Q. Long, R. Goyal, D. T. An, dan D. T. Minh. 2021. The role of factors affecting flood hazard zoning using analytical hierarchy process: a review. *Earth Systems and Environment*

Eldi. 2021. Analisis penyebab banjir Di DKI Jakarta. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Lingkungan Dan Pembangunan*. 22(7):50–60.

Fasihi, S., W. Z. Lim, W. Wu, dan D. Proverbs. 2021. Systematic review of flood and drought literature based on science mapping and content analysis. *Water (Switzerland)*. 13(19):2788–2801.

Ginting, S. 2021. Analisis curah hujan penyebab banjir bandang di ujung berung, bandung. *Akselerasi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 2(2):9–17.

Hagg, W., S. Ram, A. Klaus, S. Aschauer, S. Babernits, D. Brand, P. Guggemoos,

- dan T. Pappas. 2021. Hazard assessment for a glacier lake outburst flood in the mo chu river basin, bhutan. *Applied Sciences (Switzerland)*. 11(19):1–13.
- Harfadli, M. M. dan M. Ulimaz. 2021. Identification of flood vulnerable zones in batu ampar village, balikpapan city using geographical information system methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 623(1):1315–1755.
- Haryani, N. S., A. Zubaidah, D. Dirgahayu, H. F. Yulianto, dan J. Pasaribu. 2012. Flood hazard model using remote sensing data in sampang district. *Jurnal Penginderaan Jauh*. 9(1):52–66.
- Hoirisky, C., Rahmadi, dan T. Harahap. 2018. Effect of land use pattern changes on flood in the buah watershed In Palembang. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018*. 2018. 14–25.
- Idati, L. O. M. A., L. O. M. Maghribi, dan I. Lakawa. 2020. Analisis banjir, faktor penyebab dan prioritas penanganan Sungai Anduonuhu. *Jurnal Teknik Sipil*. 1(2):54–56.
- Ikhsan, F. A., S. Astutik, S. Kantun, dan B. Apriyanto. 2019. The hazard of change landscape and hydrogeology zone south karst mountain impact natural and human activity in region jember. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 243(1):1–8.
- Jonkman, S. N. 2018. Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Natural Hazards*. 34(2):151–175.
- Kachholz, F., J. Schilling, dan J. Tränckner. 2021. A model-based tool for assessing the impact of land use change scenarios on flood risk in small-scale river systems—part 2: scenario-based flood characteristics for the planned state of land use. *Hydrology*. 8(3):130–152.
- Khaing, Z. M., K. Zhang, H. Sawano, B. B. Shrestha, T. Sayama, dan K. Nakamura. 2019. Flood hazard mapping and assessment in data-scarce nyaungdon area, myanmar. *PLoS ONE*. 14(11):1–18.
- Kharimah, I., D. Wahyuni, I. D. Ketut, dan K. Widana. 2021. Upaya mitigasi bencana banjir di kabupaten pidie jaya provinsi aceh untuk mendukung keamanan nasional. *PENDIPA Journal of Science Education*. 6(1):57–63.
- Kurniawan, H., N. K. Ardi, dan C. Anwar. 2021. Analisis faktor penyebab genangan banjir pada badan jalan (studi kasus : simpang raya indah, jalan jenderal sudirman, muka kuning, sei beduk batam). *Jurnal Sigma Teknika*. 4(1):70–80.

- Kusumo, P. dan E. Nursari. 2016. Zonasi tingkat kerawanan banjir dengan sistem informasi geografis pada das cidurian kab. serang, banten. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*. 1(1):29–38.
- Kuswadi, D. dan I. Zulkarnain. 2014. Identifikasi wilayah rawan banjir kota bandar lampung dengan aplikasi sistem informasi geografis (SIG) identification of flood-prone areas on bandar lampung city with geographical information system (GIS) aplication. *TekTan Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian*. 6(1):1–70.
- Leal, M., C. Ramos, dan S. Pereira. 2018. Different types of flooding lead to different human and material damages: the case of the lisbon metropolitan area. *Natural Hazards*. 91(2):735–758.
- Lei, X., W. Chen, M. Panahi, F. Falah, O. Rahmati, E. Uemaa, Z. Kalantari, C. S. S. Ferreira, F. Rezaie, J. P. Tiefenbacher, S. Lee, dan H. Bian. 2021. Urban flood modeling using deep-learning approaches in seoul, south korea. *Journal of Hydrology*. 601(20):126684–126697.
- Lillesand, T., R. W. Kiefer, dan J. Chipman. 2015. Remote Sensing and Image Interpretation. 2. Seventh Edition.
- Loveridge, M. dan A. Rahman. 2021. Effects of probability-distributed losses on flood estimates using event-based rainfall-runoff models. *Water (Switzerland)*. 13(15):1–18.
- Luu, C., Q. D. Bui, R. Costache, L. T. Nguyen, T. T. Nguyen, T. Van Phong, H. Van Le, dan B. T. Pham. 2021. Flood-prone area mapping using machine learning techniques: a case study of quang binh province, vietnam. *Natural Hazards*. 108(3):3229–3251.
- Maddox, I. 2019. Three common types of flood explained. *Intermap Technologies*. 2019. 1–4.
- Martínez, C., Z. Vojinovic, dan A. Sanchez. 2021. Multi-objective model-based assessment of green-grey infrastructures for urban flood mitigation. *Hydrology*. 8(3):110–127.
- Mester, B., S. N. Willner, K. Frieler, dan J. Schewe. 2021. Evaluation of river flood extent simulated with multiple global hydrological models and climate forcings. *Environmental Research Letters*. 16(9)
- Mourato, S., P. Fernandez, F. Marques, A. Rocha, dan L. Pereira. 2021. An interactive web-gis fluvial flood forecast and alert system in operation in portugal. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 58(20):102201–102216.

- Mudjiatko, S. Sutikno, dan W. Teriyoko. 2017. Klasifikasi dan pemetaan wilayah rawan banjir genangan di kota pekanbaru. *Andalas Civil Engineering (ACE)*. 9(11):205–216.
- Mungok, D. C., H. Herawati, dan K. P. Utomo. 2017. Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap zona potensi banjir pada daerah aliran sungai landak. *Jurnal Administrasi Publik Mahasiswa Universitas Brawijaya*. 11(6):1–10.
- Muthusamy, M., M. R. Casado, D. Butler, dan P. Leinster. 2021. Understanding the effects of digital elevation model resolution in urban fluvial flood modelling. *Journal of Hydrology*. 596(20):126088–126090.
- Nucifera, F. dan S. T. Putro. 2018. Deteksi kerawanan banjir genangan menggunakan topographic wetness index (twi). *Media Komunikasi Geografi*. 18(2):107–116.
- Nugroho, H. D., A. N. Ardiansyah, dan A. Windarti. 2019. Analisis tingkat kerawanan banjir di kecamatan kebumen kabupaten kebumen jawa tengah. *Nasional Penginderaan Jauh*. 3(6):1–10.
- Nugroho, S. P. 2018. Analisis curah hujan penyebab banjir besar di jakarta pada awal februari 2007. *Jurnal Air Indonesia*. 4(1):50–55.
- Nurdiawan, O. dan H. Putri. 2018. Pemetaan daerah rawan banjir berbasis sistem informasi geografis dalam upaya mengoptimalkan langkah antisipasi bencana. *Jurnal Infotech*. 4(2):1–9.
- Pahlevy, H. O. 2018. Arahan adaptasi kawasan rawan bencana banjir di kawasan perkotaan kabupaten sampang. *Jurnal Administrasi Publik Mahasiswa Universitas Brawijaya*. 5(7):1–345.
- Pakpahan, S. L. H., R. Kurniati, dan A. Mulya. 2020. Analisis kejadian hujan lebat penyebab banjir dan tanah longsor (studi kasus: ciganjur, jakarta selatan). *Jurnal Administrasi Publik Mahasiswa Universitas Brawijaya*. 5(4):95–106.
- Pourali, S. H., C. Arrowsmith, N. Chrisman, A. A. Matkan, dan D. Mitchell. 2016. Topography wetness index application in flood-risk-based land use planning. *Applied Spatial Analysis and Policy*. 9(1):39–54.
- Pourghasemi, H. R. 2019. *Spatial Modeling in GIS and R for Earth and Environmental Sciences*
- Pryastuti, L. 2021. Pemetaan tingkat kerawanan banjir di kota jambi

menggunakan metode scoring dan overlay berbasis sistem informasi geografis. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*. 5(2):132–141.

Prybutok, S., G. Newman, K. Atoba, G. Sansom, dan Z. Tao. 2021. Combining costing nature and suitability modeling to identify high flood risk areas in need of nature-based services. *Land*. 10(8):853–865.

Putra, B. W. dan Djurdjani. 2018. Analysis the effect of vegetation density changes on surface temperature due to mining activities using multitemporal satellite imagery (case study: pt. amman mineral nusa tenggara). *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*. 1(2):81–86.

Raharjo, N. D. 2021. Mapping of the flood protected area in bondowoso district using geographic information system. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*. 6(1):48–60.

Riadi, B., B. Barus, Widiatmaka, M. J. P. Yanuar, dan B. Pramudya. 2018. Identification and delineation of areas flood hazard using high accuracy of dem data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 149(1):1–12.

Riyanti, A., G. M. Saragih, dan N. F. Zahratu Qolbi. 2021. Analisis pengaruh kerapatan vegetasi ruang terbuka hijau (rth) terhadap intensitas cahaya matahari dan suhu udara (studi kasus: kota jambi). *Jurnal Daur Lingkungan*. 4(1):21–24.

Russell G. Congalton dan K. Green. 2019. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices, Third Edition*. 9. CRC Press.

Ryka, H. dan I. Adha. 2021. Rekomendasi mitigasi daerah rawan banjir kecamatan balikpapan timur. *Jurnal Petrogas*. 3(3):59–68.

Sabbatini, L., L. Palma, A. Belli, F. Sini, dan P. Pierleoni. 2021. A computer vision system for staff gauge in river flood monitoring. *Investions*. 6(4):1–16.

Saidi, A, I. Berd, Z. Mizwar, U. N. Manado, L. Utama, U. B. Hatta, Amrizal Saidi, dan U. B. Hatta. 2018. Kajian morfometri pada daerah aliran sungai (das) batang kuranji terhadap debit banjir. *Frontiers: Jurnal Sains Dan Teknologi*. 1(4):65–79.

Salamiah, S. dan R. Kumalawati. 2016. Mapping of agricultural lands in flood hazard areas in hulu sungai tengah reGENCY, south kalimantan. *Tropical Wetland Journal*. 2(3):22–29.

Saraswati, S. A., L. N. L. Toruan, Y. Suteja, D. Karmen, dan P. E. P. Wijaya. 2021. Rob potential in the coastal city of kupang, east nusa tenggara (NTT).

Journal of Aquaculture and Fish Health. 10(3):304–311.

Sari, U. C. dan R. H. Dananjaya. 2020. Analysis of flood vulnerability assessment in urban area (case study: north semarang district). *Journal of Advanced Civil and Environmental Engineering*. 3(1):36–43.

Sepehri, M., H. Malekinezhad, F. Jahanbakhshi, A. R. Ildoromi, J. Chezgi, O. Ghorbanzadeh, dan E. Naghipour. 2020. Integration of interval rough ahp and fuzzy logic for assessment of flood prone areas at the regional scale. *Acta Geophysica*. 68(2):477–493.

Septian, A., A. Y. Elvarani, A. S. Putri, I. Maulia, L. Damayanti, M. Z. Pahlevi, dan F. H. Aswad. 2020. Identifikasi zona potensi banjir berbasis sistem informasi geografis menggunakan metode overlay dengan scoring di kabupaten agam, sumatera barat. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*. 1(1):11–22.

Setiawan, H., M. Jalil, M. E. S, F. Purwadi, S. Adios, A. W. Brata, dan A. S. Jufda. 2020. Analisis penyebab banjir di kota samarinda. *Jurnal Geografi Gea*. 20(1):39–43.

Sholahuddin, M. 2018. SIG untuk memetakan daerah banjir dengan metode skoring dan pembobotan (studi kasus kabupaten jepara). *Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan*. 7(2):1–10.

Sidek, L. M., L. H. C. Chua, A. S. M. Azizi, H. Basri, A. S. Jaafar, dan W. C. Moon. 2021. Application of pcswm for the 1-d and 1-d-2-d modeling of urban flooding in damansara catchment, malaysia. *Applied Sciences (Switzerland)*. 11(19):1–16.

Stagg, C. L., M. J. Osland, J. A. Moon, L. C. Feher, C. Laurenzano, T. C. Lane, W. R. Jones, dan S. B. Hartley. 2021. Extreme precipitation and flooding contribute to sudden vegetation dieback in a coastal salt marsh. *Plants*. 10(9):1–13.

Stamellou, E., K. Kalogeropoulos, N. Stathopoulos, D. E. Tsesmelis, P. Louka, V. Apostolidis, dan A. Tsatsaris. 2021. A GIS-cellular automata-based model for coupling urban sprawl and flood susceptibility assessment. *Hydrology*. 8(4):159–184.

Sukowati, K. A. D. dan E. Kusratmoko. 2019. Analysis of the distribution of flood area in karawang regency using sar sentinel 1a image. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 311(1):1–7.

Swain, K. C., C. Singha, dan L. Nayak. 2020. Flood susceptibility mapping through the gis-ahp technique using the cloud. *ISPRS International Journal*

of *Geo-Information*. 9(12):2020–2043.

Syafirina, M. I. dan Jusfarida. 2018. Analisis zona rawan banjir berbasis pemetaan geologi pada wilayah das rejos dan sekitarnya di kabupaten pasuruan. *Jurnal Academia Praja*. 4(2):515–521.

Taufik, M. dan I. W. Rahman. 2020. Pemetaan daerah rawan banjir (studi kasus: banjir pacitan desember 2017). *Geoid*. 15(1):12–19.

Tauhid, C. D. L., T. F. Fathani, dan D. Legono. 2017. Multi-disaster risk analysis of klaten regency, central java, indonesia. *Journal of the Civil Engineering Forum*. 3(3):135–148.

Tawil, S., E. Sukiyah, M. F. Rosana, dan D. Muslim. 2019. The role of morphometric characteristics of the buol watershed toward floods in bukal, tiloan, momunu and biau areas, central sulawesi province. *Bulletin of Scientific Contribution*. 17(2):143–152.

Utama, L., A. Saidi, I. Berd, dan Z. Mizwar. 2018. Kajian morfometri pada daerah aliran sungai (das) batang kurangi terhadap debit banjir. *Frontiers: Jurnal Sains Dan Teknologi*. 1(4):1–15.

Utami, W., A. Y. Ndaru, A. Widyastuti, dan I. M. A. Swardiana. 2018. Pengurangan resiko kebakaran hutan dan lahan melalui pemetaan hgu dan pengendalian pertanahan (studi kasus provinsi riau). *BHUMI: Jurnal Agraria Dan Pertanahan*. 3(2):232–245.

Wardhana, P. N., S. A. Y. Astuti, dan D. Kurnia. 2018. Pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap debit banjir di das winongo daerah istimewa yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. 5(7):157–164.

Wibowo, N. S., D. Putro, S. Setyohadi, H. Rakhmad, J. T. Informasi, dan P. N. Jember. 2019. Implementasi sistem informasi geografis daerah rawan banjir kabupaten jember. *Jurnal Politeknik*. 3(3):275–281.

Wibowo, N. S., D. P. S. Rakhmad, dan S. Hariyono. 2018. Penggunaan Metode Fuzzy Dalam Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Daerah Rawan Banjir Di Kabupaten Jember. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*. 2018. 20–26.

Winsemius, H. C., J. C. J. H. Aerts, L. P. H. Van Beek, M. F. P. Bierkens, A. Bouwman, B. Jongman, J. C. J. Kwadijk, W. Ligtoet, P. L. Lucas, D. P. Van Vuuren, dan P. J. Ward. 2016. Global drivers of future river flood risk. *Nature Climate Change*. 6(4):381–385.

Wisnawa, I. G. Y., I. G. N. Y. Jayantara, dan D. G. D. Putra. 2021. Pemetaan

lokasi rawan banjir berbasis sistem informasi geografis di kecamatan denpasar barat. *Jurnal ENMAP (Environment And Mapping)*. 2(2):18–28.

Xia, J. dan J. Chen. 2021. A new era of flood control strategies from the perspective of managing the 2020 yangtze river flood. *Science China Earth Sciences*. 64(1):1–9.

Yang, Y., M. Pan, P. Lin, H. E. Beck, Z. Zeng, D. Yamazaki, C. H. David, H. Lu, K. Yang, Y. Hong, dan E. F. Wood. 2021. Global reach-level 3-hourly river flood reanalysis (1980–2019). *Bulletin of the American Meteorological Society*. 102(11):E2086–E2105.

Yu, L. Siloam, dan A. Yuarta. 2019. Analisis faktor penyebab banjir di sub das sungai tuak kelurahan siulak deras kabupaten kerinci. *Jurnal Agrivita*. 9(7):102–112.

Youssef, A. M., Sefry, S. A., Pradhan, B., & Alfadail, E. A. 2018. Analysis on causes of flash flood in Jeddah city (Kingdom of Saudi Arabia) of 2009 and 2011 using multi-sensor remote sensing data and GIS. *Journal Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 7(3):1018–1042.

Zare, M., G. J.-P. Schumann, F. N. Teferle, dan R. Mansorian. 2021. Generating flood hazard maps based on an innovative spatial interpolation methodology for precipitation. *Atmosphere*. 12(10):1336–1349.

Zhao, L., T. Zhang, J. Fu, J. Li, Z. Cao, dan P. Feng. 2021. Risk assessment of urban floods based on a swmm-mike21-coupled model using gf-2 data. *Remote Sensing*. 13(12):4381–4400.

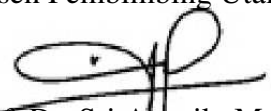
Zhu, X. 2016. GIS for Environmental Applications. *Earth Systems and Environment*. 7(2).

LAMPIRAN
MATRIK PENELITIAN

Nama : Vika Aurely Nalurita
 NIM : 180210303003
 RG : Sistem Informasi Geografis


JUDUL	TUJUAN PENELITIAN	VARIABEL	DATA DAN TEKNIK PENGAMBILAN DATA	METODE PENELITIAN
Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Berdasarkan Pemodelan SIG pada wilayah Kota Jember	1. Menganalisis Analisis tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah wilayah Kota Jember berdasarkan Metode CMA yang dikombinasikan <i>Topographic Wetness Index</i> (TWI) pada tahun 2018 dan 2022 2. Menganalisis tren tingkat kerawanan bencana banjir di wilayah Kota Jember berdasarkan Metode CMA yang dikombinasikan <i>Topographic Wetness Index</i> (TWI) pada tahun 2018, 2022 dan 2027	1. Kemiringan Lereng 2. Jenis Tanah 3. Curah Hujan 4. Ketinggian Tempat 5. Tutupan Lahan 6. Kerapatan Sungai 7. <i>Topographic Wetness Index</i> (TWI)	Primer 1. Survei Tutupan lahan Sekunder 1. DEMNAS 2. Sentinel-2 3. FAO 4. Dinas Pekerjaan Umum (PU) dan Sumber Daya Air (SDA) 5. BIG	Jenis penelitian deskriptif kuantitatif, dengan metode CMA (Composite Mapping Analysis) yang dikombinasikan dengan parameter <i>Topographic Wetness Index</i> (TWI).

Menyetujui,
 Dosen Pembimbing Utama

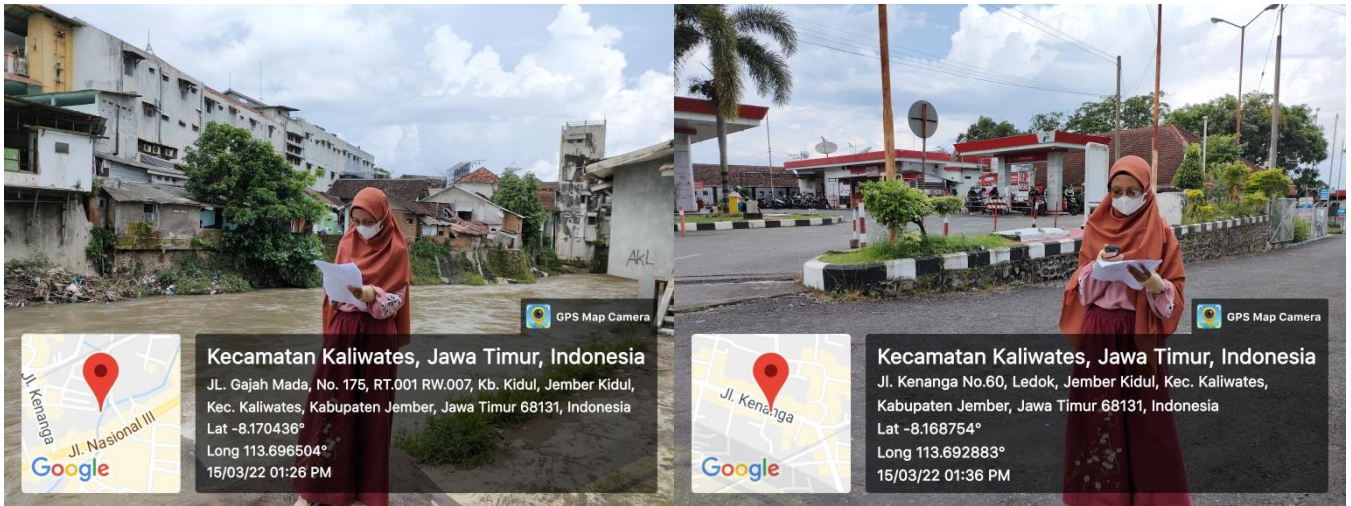


Prof. Dr. Sri Astutik, M.Si.
 NIP 196706101992032002

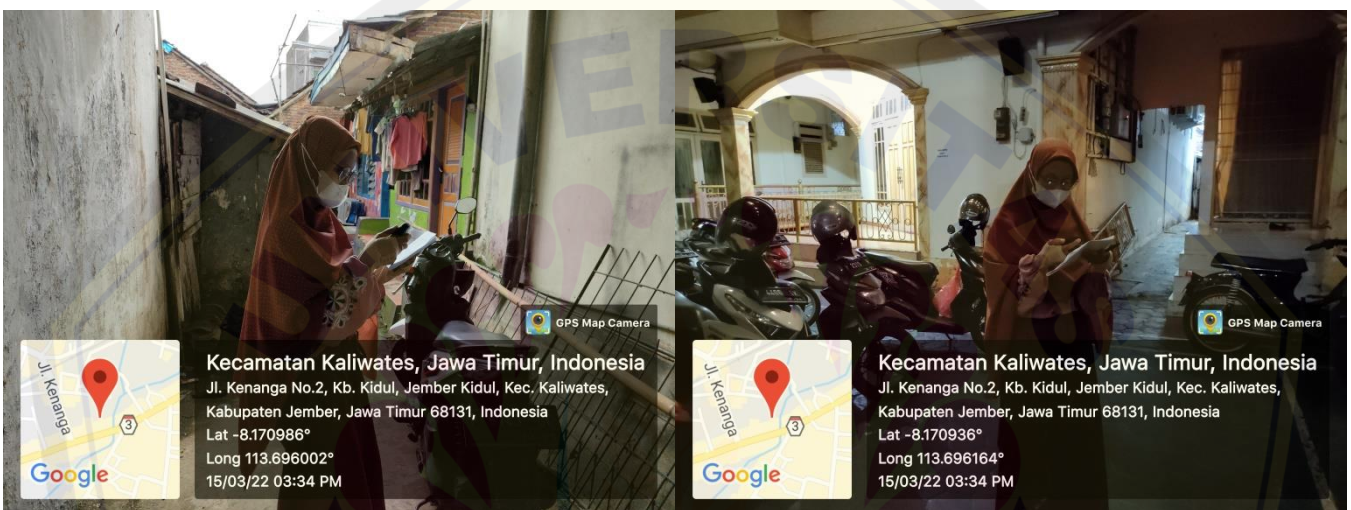
Menyetujui
 Dosen Pembimbing Anggota



Era Iswara Pangastuti, S.Pd., M.Sc
 NIP 199010182019032018



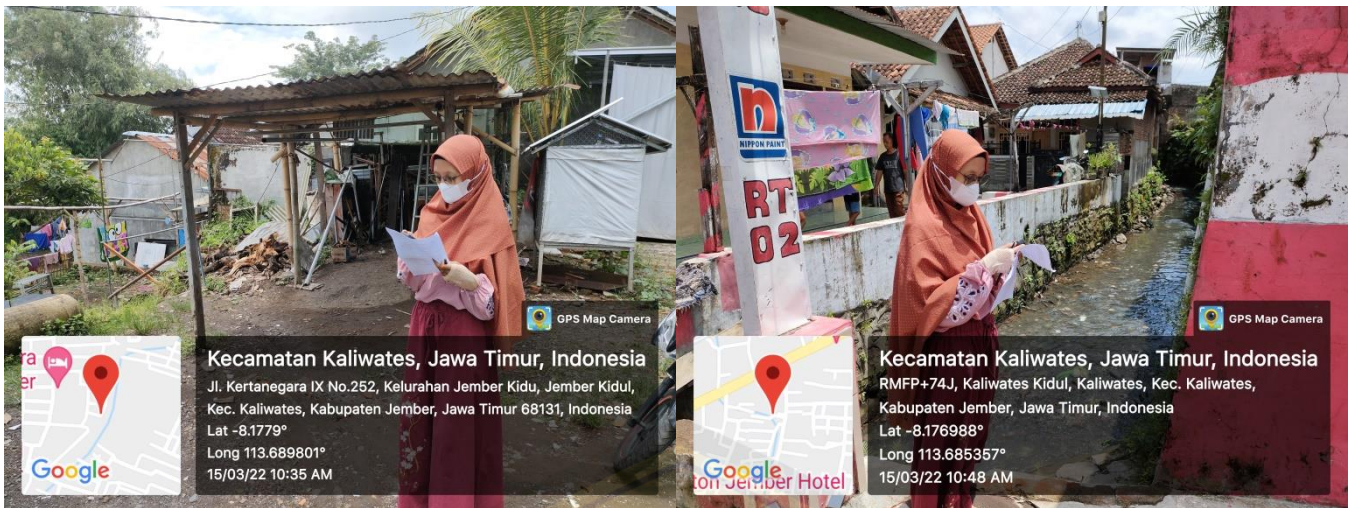
Gambar 1. Dokumentasi Pengambilan Titik Lokasi Terjadinya Bencana Banjir Kecamatan Kaliwates



Gambar 2. Dokumentasi Pengambilan Titik Lokasi Terjadinya Bencana Banjir Kecamatan Kaliwates



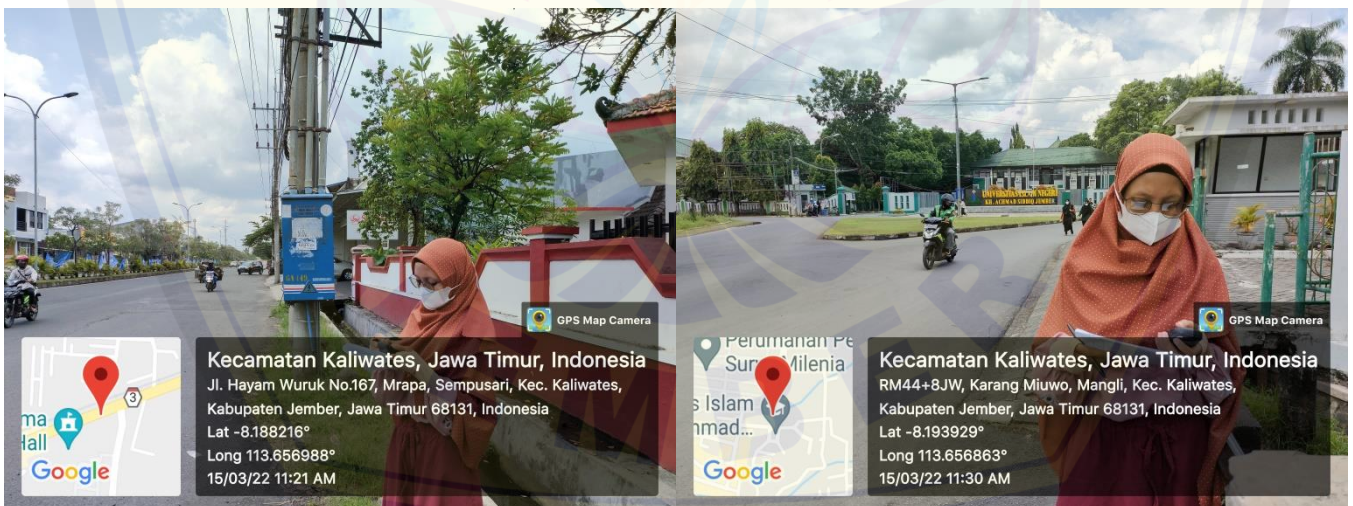
Gambar 3. Dokumentasi Pengambilan Titik Lokasi Terjadinya Bencana Banjir Kecamatan Kaliwates



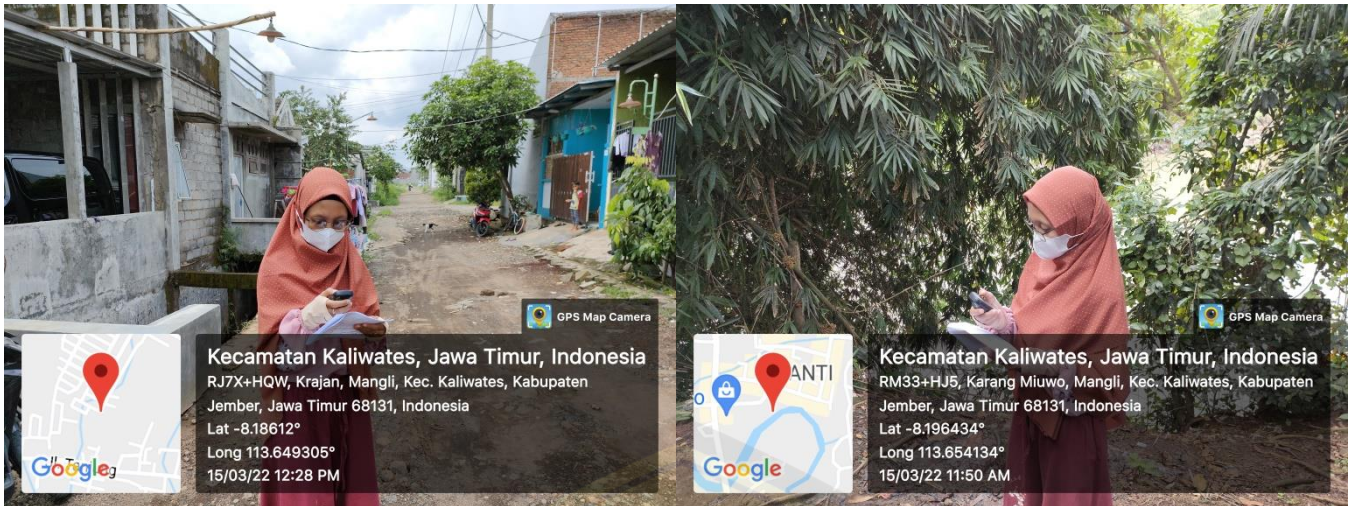
Gambar 4. Dokumentasi Pengambilan Titik Lokasi Terjadinya Bencana Banjir Kecamatan Kaliwates



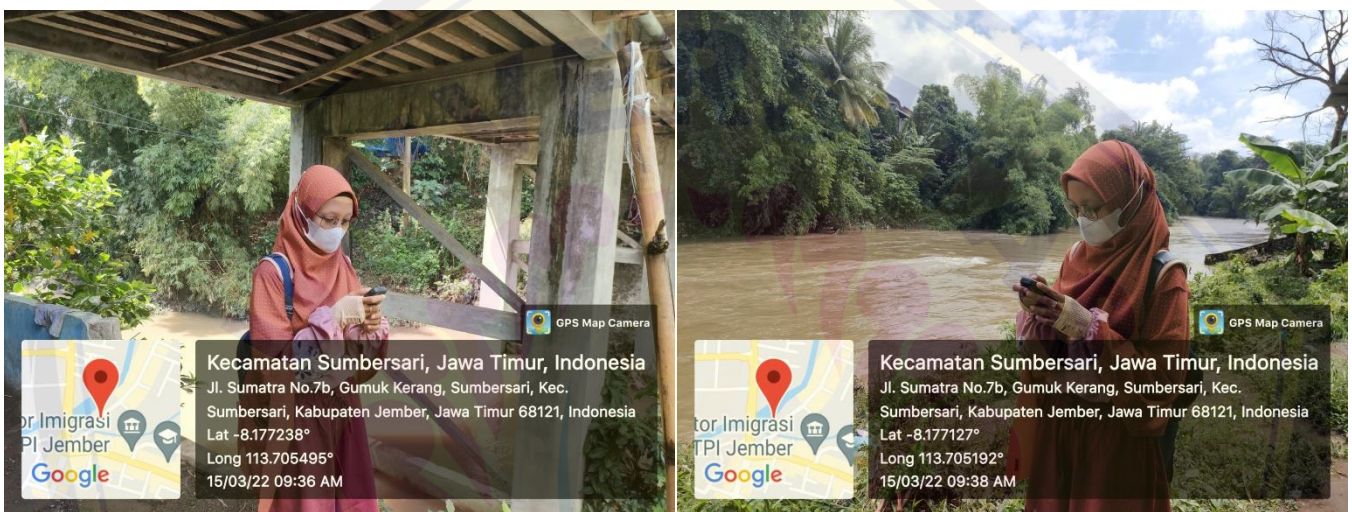
Gambar 5. Dokumentasi Pengambilan Titik Lokasi Terjadinya Bencana Banjir Kecamatan Kaliwates



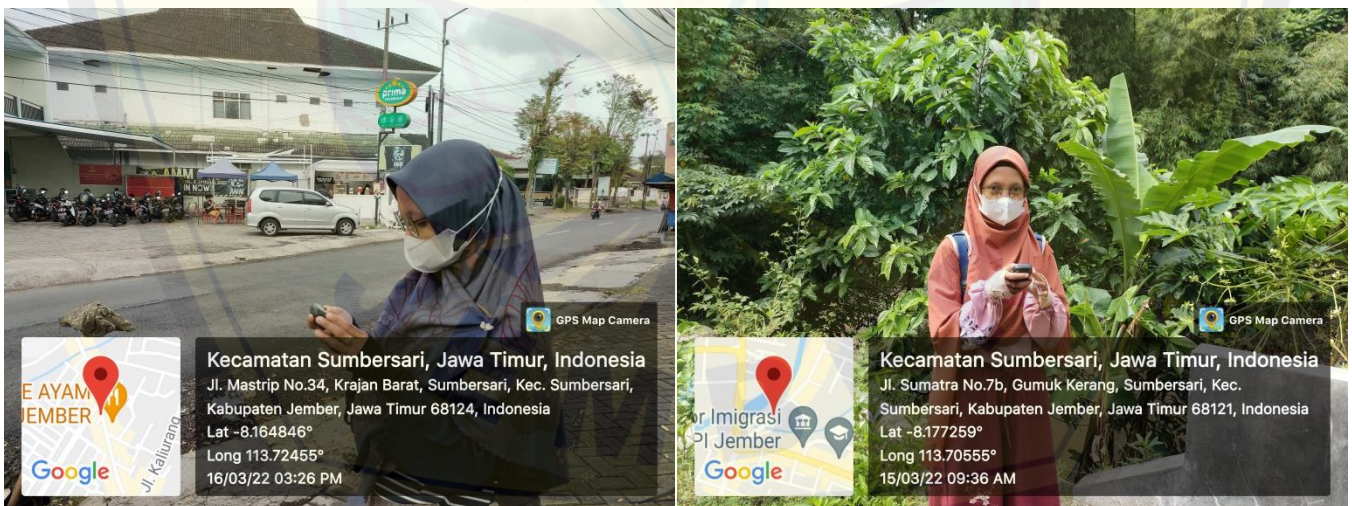
Gambar 6. Dokumentasi Pengambilan Titik Lokasi Terjadinya Bencana Banjir Kecamatan Kaliwates



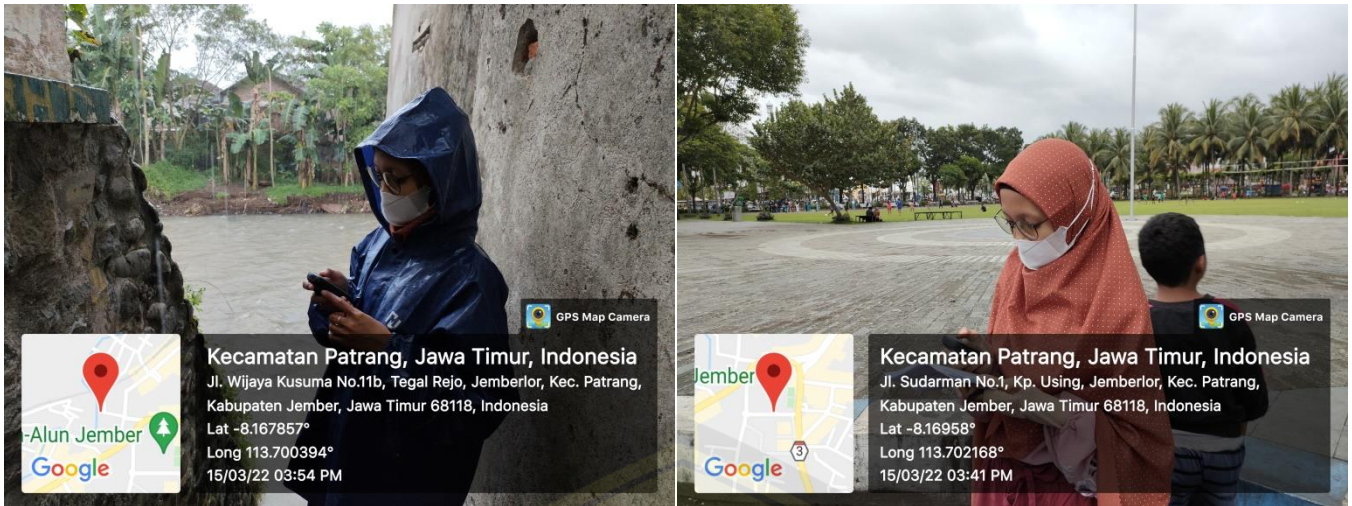
Gambar 6. Dokumentasi Pengambilan Titik Lokasi Terjadinya Bencana Banjir Kecamatan Kaliwates



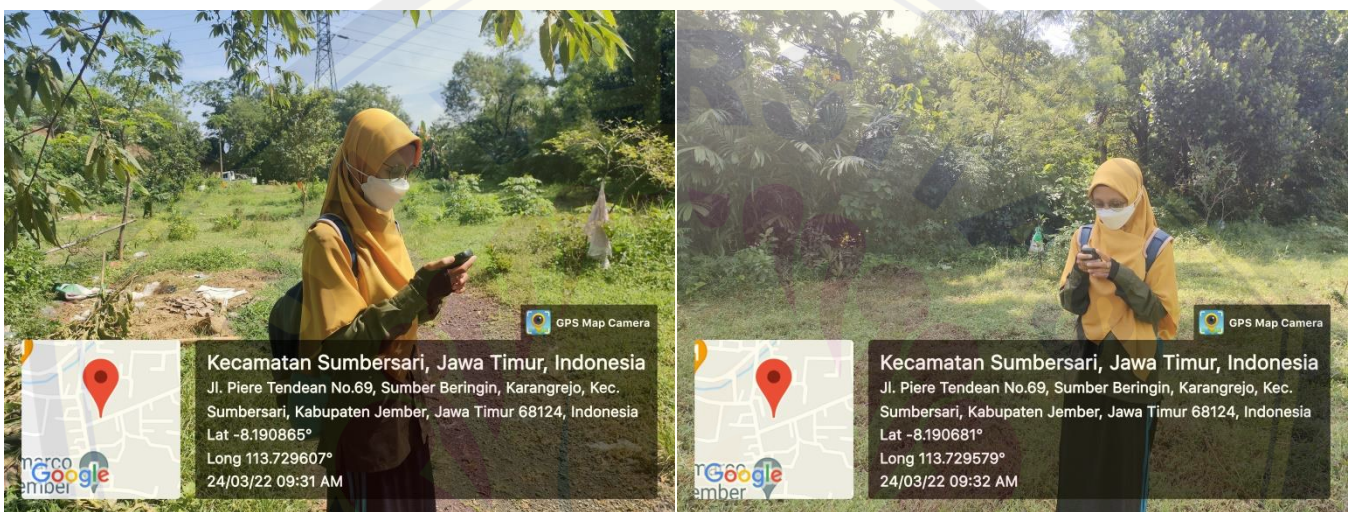
Gambar 7. Dokumentasi Pengambilan Titik Lokasi Terjadinya Bencana Banjir Kecamatan Sumpersari



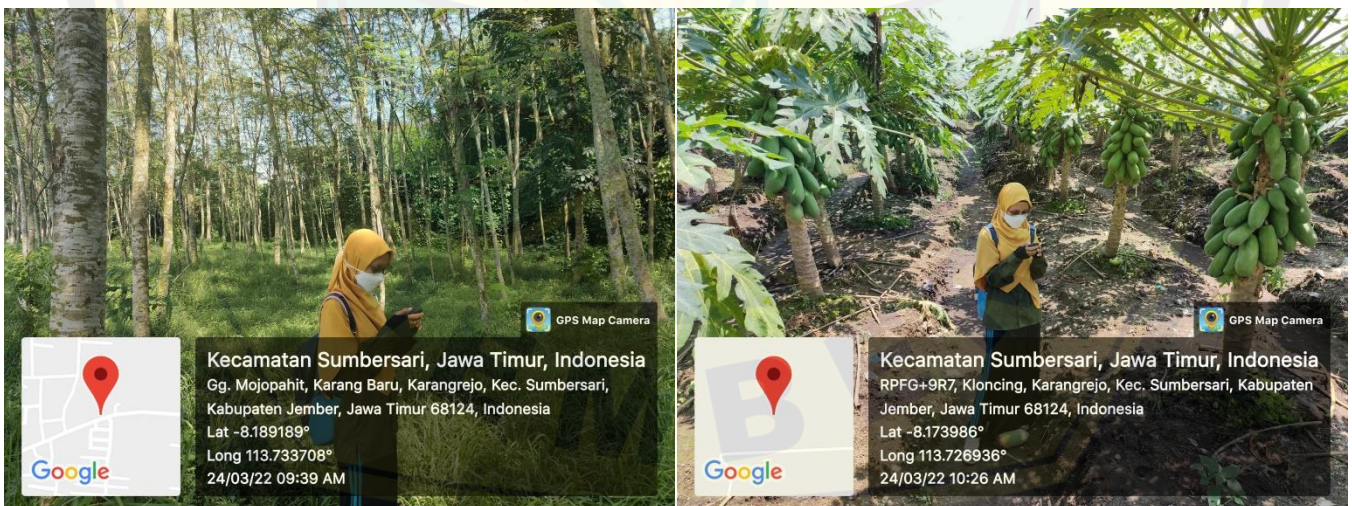
Gambar 8. Dokumentasi Pengambilan Titik Lokasi Terjadinya Bencana Banjir Kecamatan Sumpersari



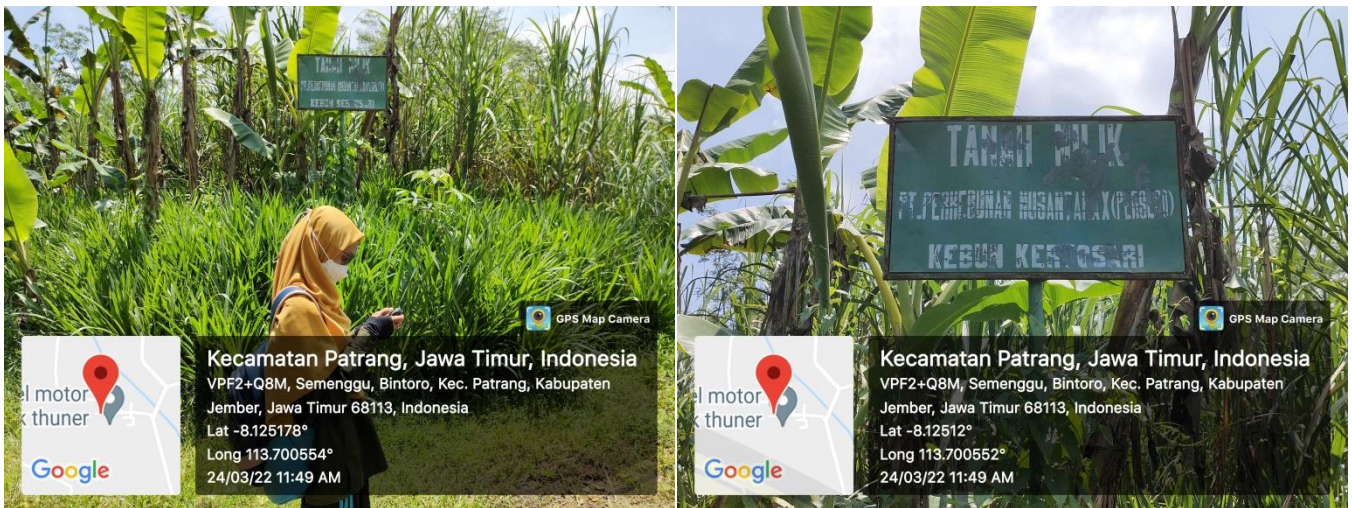
Gambar 9. Dokumentasi Pengambilan Titik Lokasi Terjadinya Bencana Banjir Kecamatan Patrang



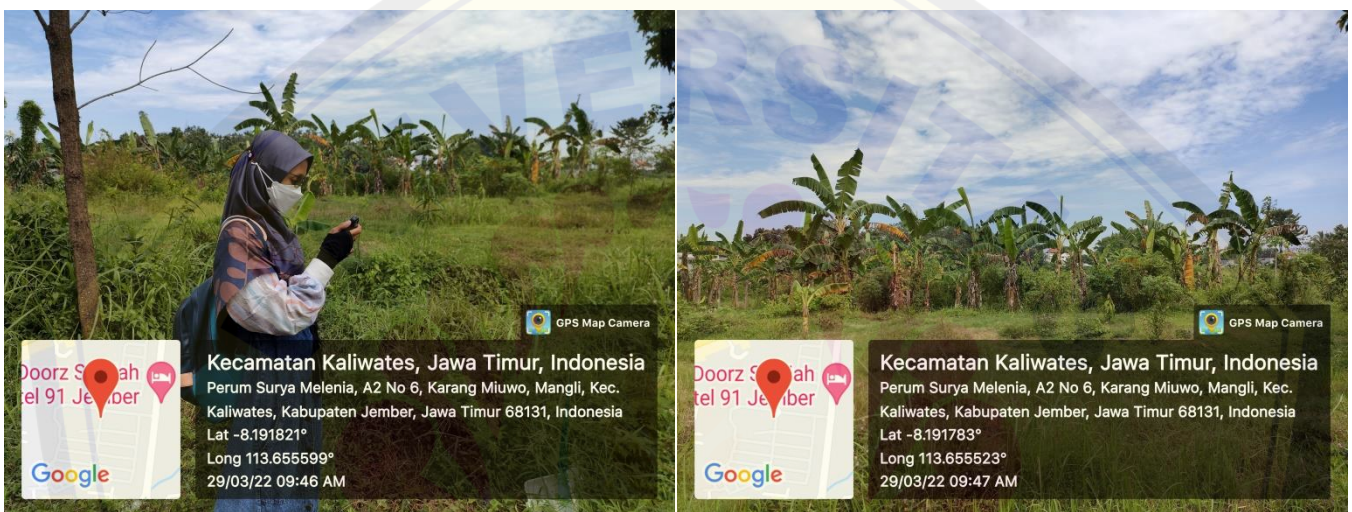
Gambar 10. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Semak



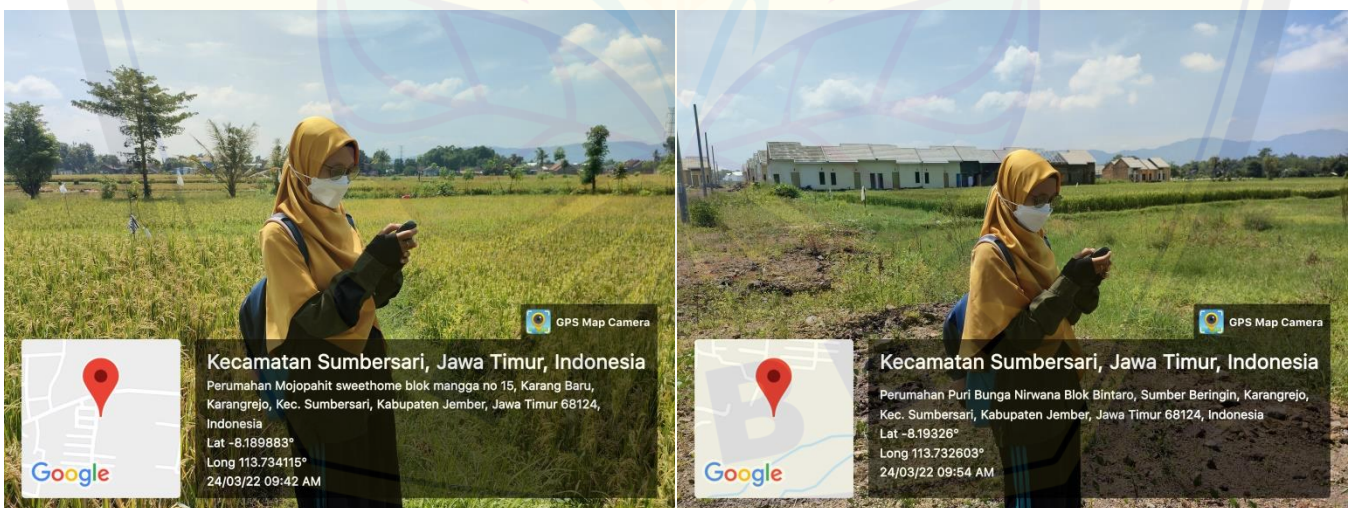
Gambar 11. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Perkebunan



Gambar 12. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Perkebunan



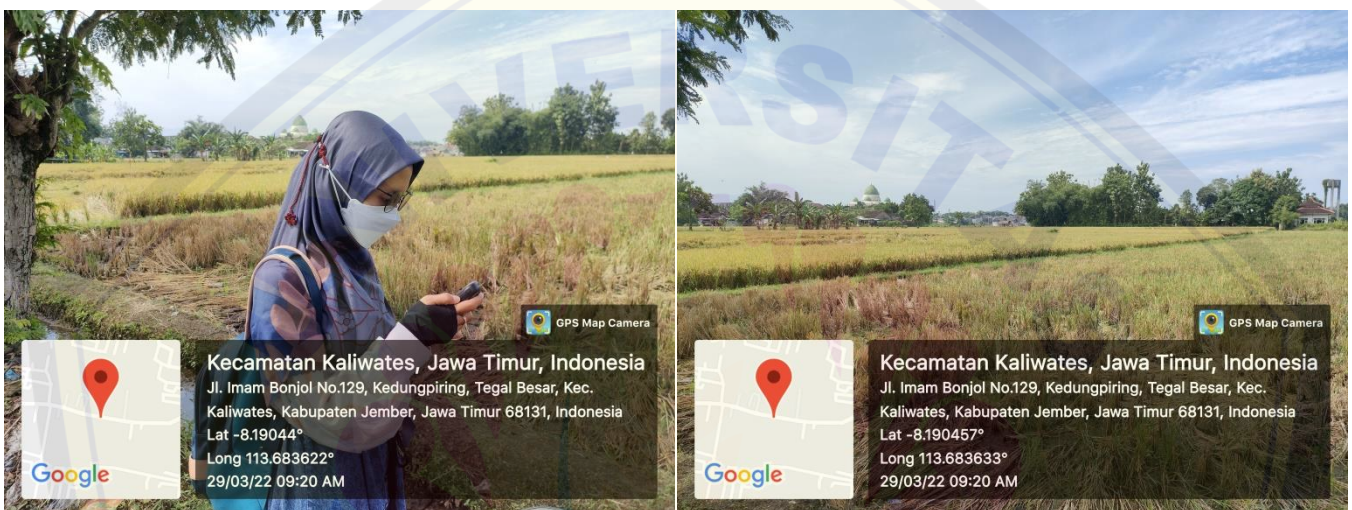
Gambar 13. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Perkebunan



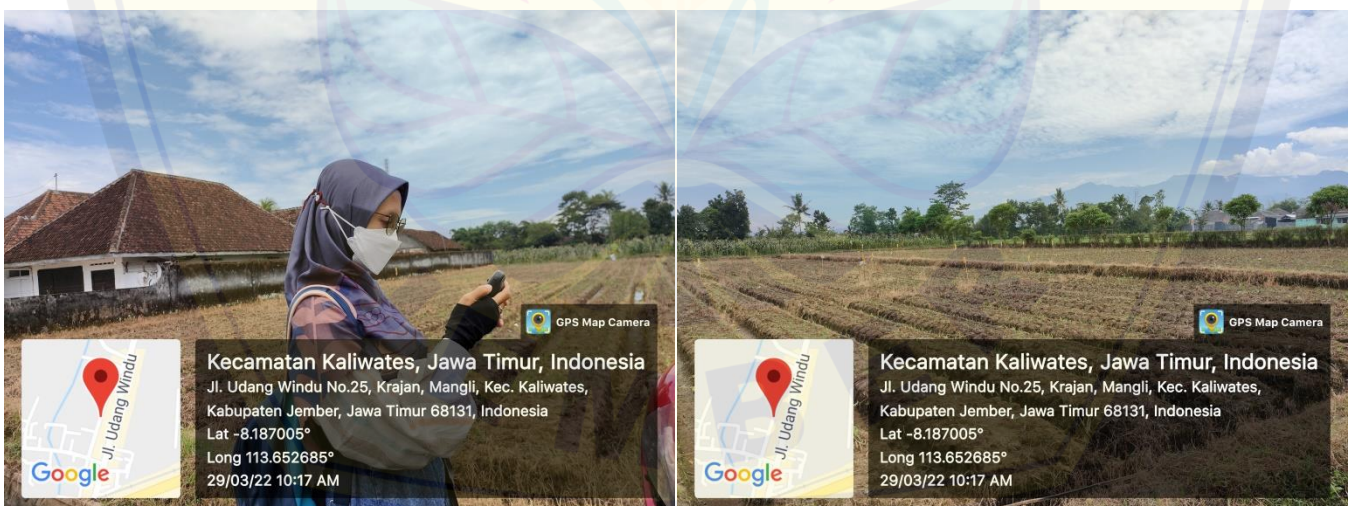
Gambar 14. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Sawah



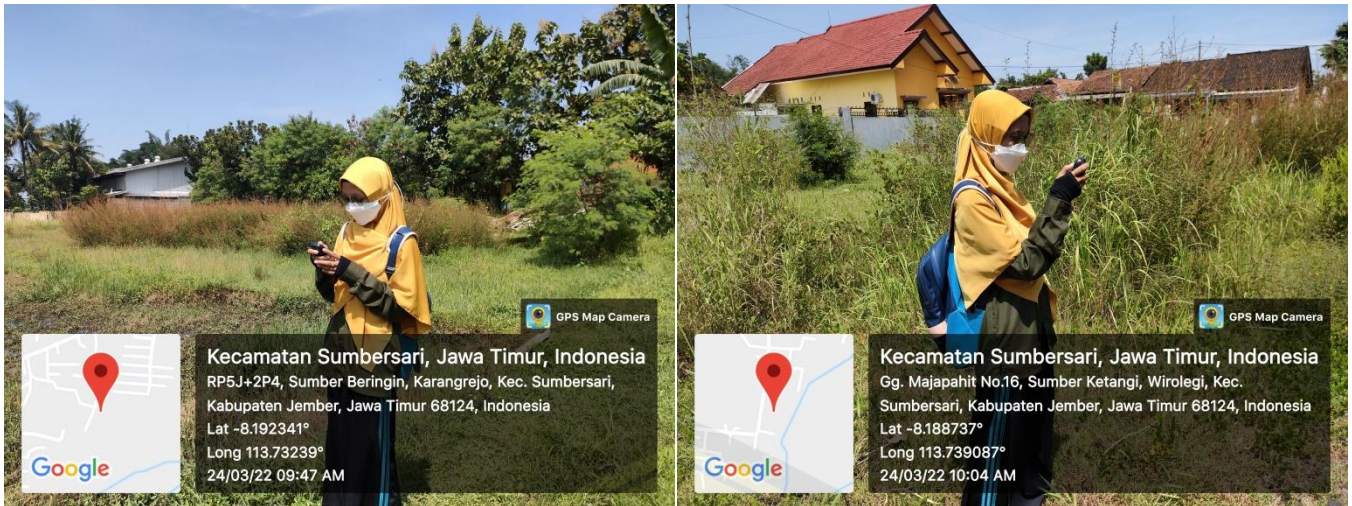
Gambar 15. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Sawah



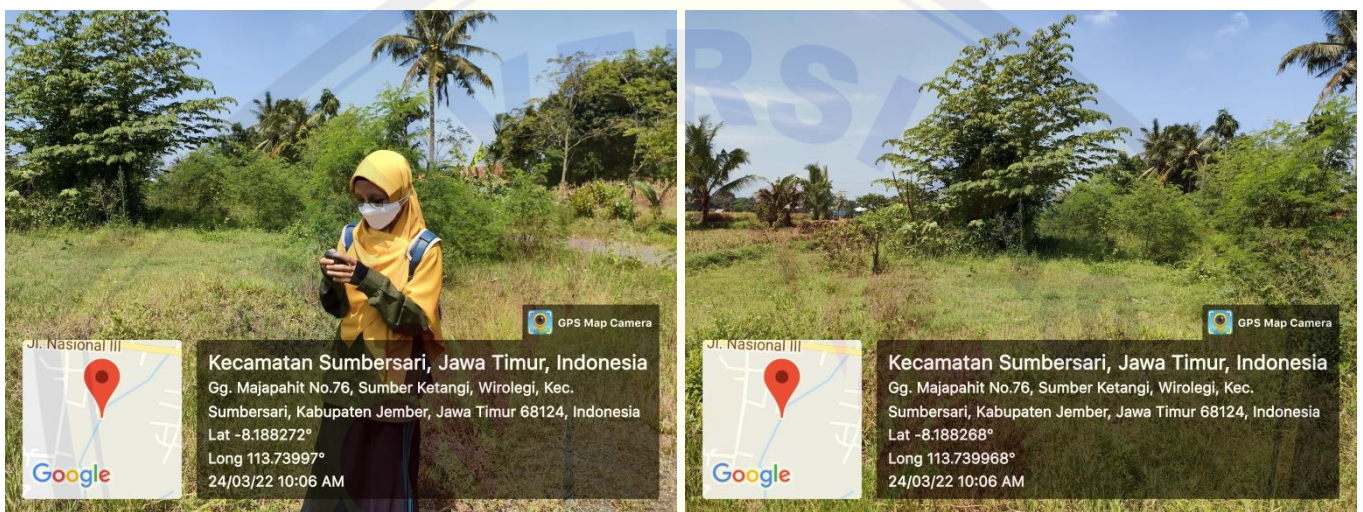
Gambar 16. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Sawah



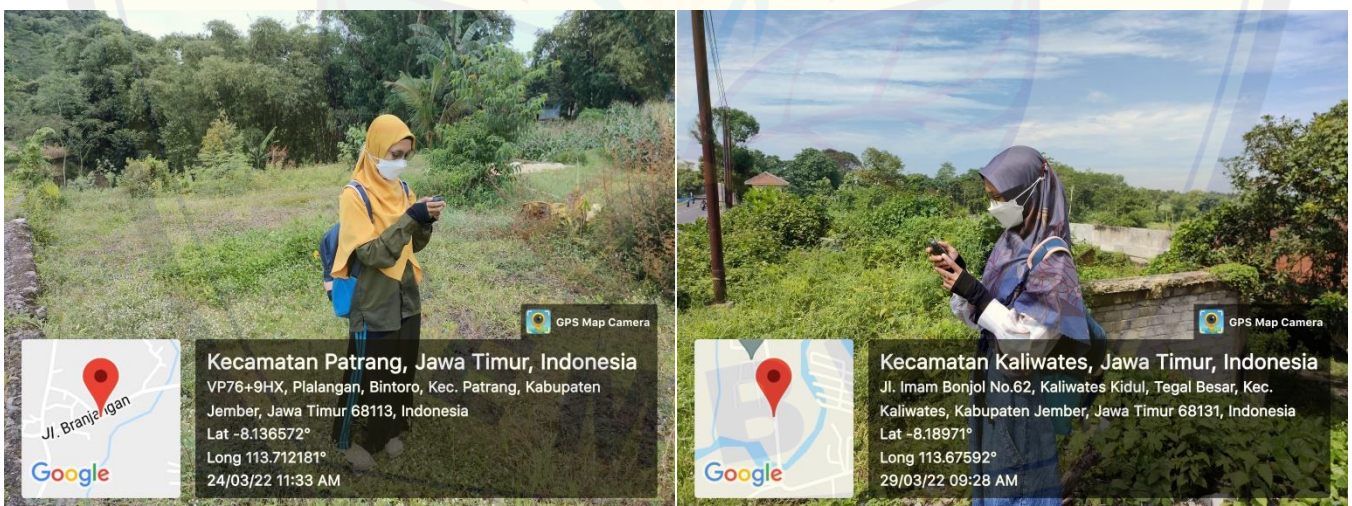
Gambar 17. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Sawah



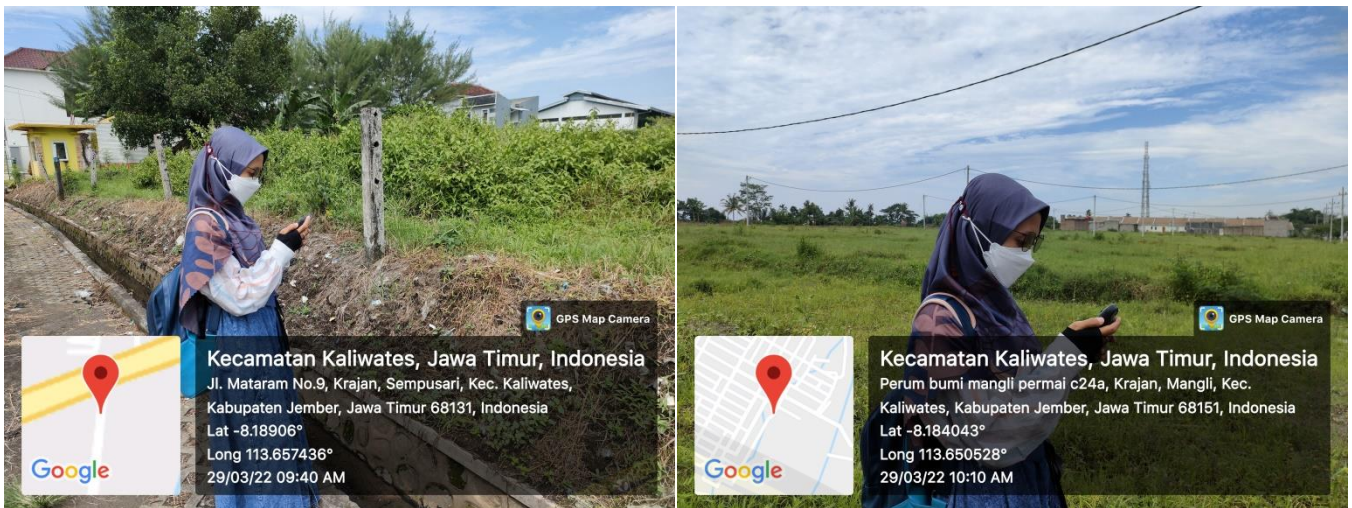
Gambar 18. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Semak



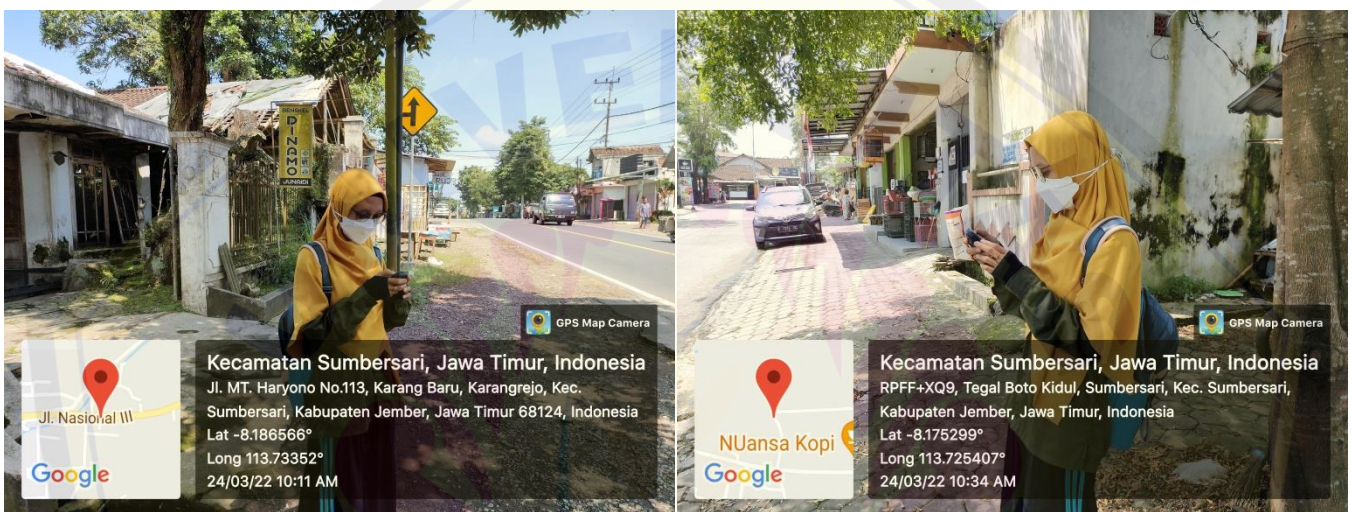
Gambar 19. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Semak



Gambar 20. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Semak



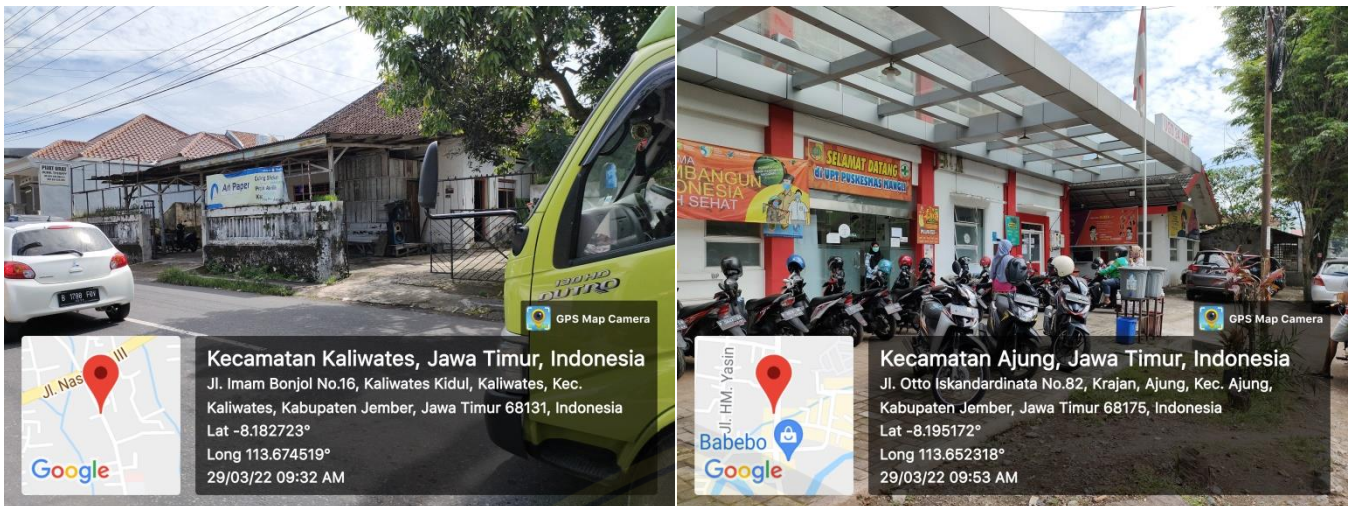
Gambar 21. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Semak



Gambar 22. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Terbangun



Gambar 23. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Terbangun



Gambar 24. Dokumentasi Validasi Tutupan Lahan Terbangun

