

Model Rekayasa Banjir Jambi Menggunakan *Weighted Product* dan Sistem Dinamis

Eva Gusmira^{1*}, Nissa Sukmawati¹, Reni Kartika¹, dan Habibillah Alva Putra²

¹Fisika, UIN Sulthan Thaha Saifuddin Jambi, Indonesia; e-mail: evagusmira@uinjambi.ac.id

²Fisika, Padang State University, Padang, Indonesia

ABSTRAK

Hampir setiap tahun bencana banjir selalu dihadapi oleh Kota Jambi. Banyak faktor yang dapat menjadi pemicu bencana ini, baik dari faktor alam maupun ulah manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model rekayasa banjir untuk meningkatkan kesiapan dan mitigasi di Kota Jambi. Metode penelitian sains terapan dalam pengembangan digunakan dalam penelitian ini dengan teknik pengumpulan data studi literatur, dokumentasi dan survey lapangan. Daerah penelitian dalam pengambilan data adalah Kota Jambi yang terdiri dari 11 Kecamatan. Pengambilan data sampel penelitian dilakukan di satu titik kelurahan di setiap kecamatan yang mempunyai sejarah kejadian banjir. Analisa data menggunakan Metode *Weighted Product* (WP) dalam menetapkan daerah yang berpotensi terkena banjir dan rekayasa kejadian banjir untuk 10 tahun ke depan menggunakan model sistem dinamis. Analisis metode WP menemukan 4 Kecamatan di Kota Jambi termasuk daerah sangat rawan banjir, 4 daerah rawan, dan 3 daerah aman dari bencana banjir. Hasil simulasi WP dengan penegakan kebijakan rekayasa dalam memitigasi terjadinya banjir dalam 10 tahun ke depan dilihat dari jumlah penduduk terdampak, rasio banjir dan kerugian yang diakibatkan banjir berkurang dibandingkan dengan kondisi saat ini. Hasil ini mengindikasikan bahwa banjir dapat ditanggulangi dengan melakukan perbaikan infrastruktur sistem drainase dan menerapkan kebijakan lingkungan dengan tertib. Daerah terdampak yang dihasilkan dari simulasi dapat menjadi rujukan pemerintah dalam menetapkan prioritas mitigasi bencana.

Kata kunci: Rekayasa, Banjir, Jambi, Daerah Rawan, Mitigasi

ABSTRACT

Almost every year, Jambi City always faces flood disasters. Many factors can trigger this disaster, both natural factors and human actions. This study aims to develop a flood engineering model to improve preparedness and mitigation in Jambi City. Applied science research methods in development are used in this study with literature study data collection techniques, documentation and field surveys. The research area in data collection is Jambi City which consists of 11 Districts. Sample data collection was carried out at one sub-district point in each district that has a history of flooding. Data analysis uses the *Weighted Product* (WP) Method in determining areas that are potentially affected by flooding and flood event engineering for the next 10 years using a dynamic system model. The WP method analysis found 4 Districts in Jambi City including areas that are very prone to flooding, 4 areas that are prone, and 3 areas that are safe from flood disasters. The results of the WP simulation with the enforcement of engineering policies in mitigating floods in the next 10 years can be seen from the number of affected people, the ratio of floods and losses caused by floods is reduced compared to current conditions. These results indicate that flooding can be managed by improving the drainage system infrastructure and implementing environmental policies in an orderly manner. The affected areas resulting from the simulation can be a reference for the government in determining disaster mitigation priorities.

Keywords: Flood, Engineering, Jambi, Flood-Prone Area, Mitigation

Citation: Gusmira, E., Sukmawati, N., Kartika, R., & Putra, H. A. (2025). Model Rekayasa Banjir Menggunakan *Weighted Product* dan Sistem Dinamis. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(6), 1583-1591, doi:10.14710/jil.23.6.1583-1591

1. PENDAHULUAN

Kota Jambi, sebagai ibu kota Provinsi Jambi, memiliki sejarah yang panjang dalam menghadapi risiko banjir (Purnomo et al., 2018). Posisi wilayah

yang terletak di sepanjang sungai Batanghari membuat Kota Jambi rentan terhadap banjir. Meningkatnya urbanisasi ke perkotaan dan perubahan iklim dapat menambah tingkat kejadian

banjir akibat curah hujan tinggi sementara wilayah serapan air berkurang (Agonafir et al., 2023). Banjir tidak hanya mengancam infrastruktur kota tetapi juga kehidupan masyarakatnya. Posisi wilayah yang berada di dataran banjir dan dataran alluvial serta wilayah dengan jumlah penduduk yang terpusat di kota menjadi sangat penting untuk diperhatikan (Fitri & Sumunar, 2019).

Kota Jambi memiliki beberapa tantangan unik dalam mengelola risiko banjir. Pertumbuhan pesat penduduk dan perubahan tata guna lahan di sekitar Sungai Batanghari memperburuk potensi risiko banjir di wilayah ini. Selain itu, sistem drainase yang belum memadai dan perubahan iklim global menambah kompleksitas dalam merancang solusi yang efektif. Dalam hal ini, model rekayasa banjir menjadi komponen kunci dalam strategi mitigasi dan adaptasi terhadap banjir di kota-kota yang terkena dampak. Pengembangan model yang akurat dan efisien dapat memberikan landasan untuk perencanaan tata ruang yang berkelanjutan dan sistem penanganan bencana yang efektif.

Namun, hingga saat ini, penelitian mengenai model rekayasa banjir di Kota Jambi masih terbatas. Beberapa penelitian awal seperti yang dilakukan oleh Prasetyo et al., (2022) dengan memperkirakan luas penampang sungai untuk memitigasi banjir memberikan gambaran awal, tetapi diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas dan ketepatan model. Penggunaan model debit banjir juga dilakukan oleh Pryastuti et al., (2021) dalam menentukan daerah rawan banjir di Kota Jambi.

Penelitian yang dilakukan terkait banjir di Kota Jambi belum menyentuh pengurangan kejadian banjir beberapa tahun kemudian. Daerah banjir dikelompokkan menjadi daerah terparah hingga yang aman dari banjir yang terjadi dengan mengambil sampel satu kejadian banjir. Sementara, penelitian ini menerapkan model rekayasa banjir menggunakan sistem dinamis yang dapat memprediksi kerugian akibat bencana banjir selama beberapa tahun ke depan dan memanipulasi kerugian tersebut dengan melakukan rekayasa terhadap input terkontrol yang diberikan. Input terkontrol berupa kebijakan dan perbaikan infrastruktur drainase sehingga dapat mengurangi ketinggian muka air sungai dan aliran drainase.

Sistem dinamis merupakan suatu model pendekatan yang digunakan untuk membantu dalam mengambil keputusan yang dimulai dengan berfikir dalam hubungan sebab akibat, keterkaitan antar komponen sistem dan membuat batasan komponen yang terlibat (Umar & Dewata, 2023).

Sistem dinamis digunakan dalam meningkatkan keuntungan produksi menggunakan simulasi *ventana* (Baturmah, 2023; Dewata & Umar, 2019). Penggunaan lain sistem dinamis ini digunakan dalam memprediksi penggunaan listrik di Makassar untuk menentukan kebutuhan pemakaian listrik (Kurnia et al., 2023). Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat

dihasilkan informasi yang lebih akurat dan relevan untuk membimbing kebijakan penanganan banjir dan membangun ketahanan masyarakat terhadap risiko banjir di masa depan sehingga dapat meningkatkan kesiapan masyarakat terhadap risiko banjir dan dapat mengurangi dampak banjir melalui model rekayasa yang efektif.

Beberapa Teknik dapat dilakukan dalam memprediksi banjir seperti *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Weighted Product* (WP). AlAli et al., (2023) melakukan perbandingan dan menunjukkan keunggulan WP dalam memprediksi banjir di Saudi Arabia dan menunjukkan akurasi prediksi WP sedikit lebih tinggi dalam konteks spasial dan validasi dengan kejadian banjir historis. WP merupakan metode *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) yang menggunakan perkalian antar kriteria. Metode ini dapat menilai tingkat kerawanan banjir berdasarkan beberapa parameter (Umar et al., 2019).

Penelitian ini penting untuk mengidentifikasi wilayah dengan yang berpotensi rawan bencana banjir, sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk mitigasi dan adaptasi perubahan iklim di masa depan dengan memperbaiki baik sarana, infrastruktur, pola perilaku masyarakat hingga kebijakan pemerintah. Dalam penelitian ini, dilakukan pemetaan daerah berpotensi banjir menggunakan Metode *Weighted Product* (WP) sebelum melakukan rekayasa dengan sistem dinamis. WP akan menghasilkan daerah rawan bencana banjir dalam 3 skala tingkat rawan. Metode WP ini sering digunakan dalam beberapa penelitian untuk membuat perbandingan (Berhita et al., 2024; Fitriyani et al., 2020; Umar & Dewata, 2023). Studi ini bertujuan untuk mengembangkan model rekayasa banjir dalam memprediksi kejadian bencana banjir untuk meningkatkan kesiapan dan mitigasi risiko banjir di Kota Jambi. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi kebijakan pemerintah untuk menanggulangi bencana banjir di masa depan secara berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

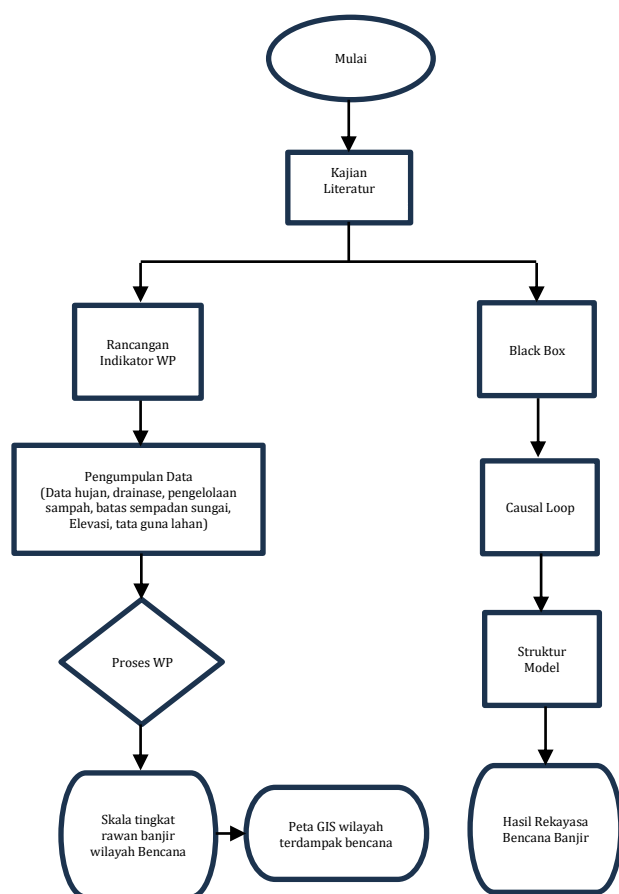
Penelitian ini dilakukan di Kota Jambi, meliputi 11 kecamatan yaitu Kecamatan Alam Barajo, Kecamatan Danau Sipin, Kecamatan Danau Teluk, Kecamatan Jambi Selatan, Kecamatan Jambi Timur, Kecamatan Jelutung, Kecamatan Kotabaru, Kecamatan Paal Merah, Kecamatan Pasar Jambi, Kecamatan Pelayangan dan Kecamatan Telanaipura. Penelitian dilakukan pada tahun 2024.

Pemecahan masalah-masalah praktis yang ada pada penelitian ini, dilakukan menggunakan metode penelitian terapan yang bertujuan untuk menerapkan, menguji dan mengevaluasi kemampuan suatu teori. Penelitian ini terdiri dari 2 kelompok besar tahapan yaitu pengerjaan daerah berpotensi rawan banjir menggunakan Metode *Weighted Product* yang digambarkan dalam peta GIS dan pengerjaan rekayasa bencana banjir menggunakan sistem dinamik dengan *Powersim*. Rincian tahap pengerjaan, dimulai dari persiapan alat dan bahan, penentuan indikator,

pengambilan data, pengolahan model daerah rawan bencana, pembuatan peta dan perekayasaan model dinamis daerah rawan banjir. Langkah pengerjaan tersebut akan dirinci melalui prosedur penelitian. Adapun langkah-langkah kerja pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Sebelum dilakukan pemetaan menggunakan aplikasi GIS maka ditentukan tingkat daerah rawan banjir menggunakan Metode *Weighted Product* (WP). Potensi daerah rawan banjir dengan metode WP membutuhkan beberapa indikator yang akan digunakan untuk memproyeksikan tingkat potensi kerawanan setiap kecamatan dilihat dari kondisi masing-masing indikator. Indikator diperoleh dengan pengumpulan referensi yang terkait dengan faktor penentu banjir perkotaan.

Dalam metode WP terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu penentuan input alternatif dan nilai kriteria, menentukan input bobot yang diambil dari tingkat pengaruh kriteria dalam penentuan tingginya banjir, menghitung nilai vektor S, menghitung nilai vektor Vi dan akhirnya menemukan keputusan kriteria penentuan (Sembiring & Sulindawaty, 2020).



Gambar 1. Langkah Kerja Penelitian

Sesuai dengan Gambar 1, langkah kerja dalam menyelesaikan penelitian ini terdiri dari 2 kelompok besar yaitu pengerjaan daerah berpotensi rawan banjir menggunakan Metode *Weighted Product* yang digambarkan dalam peta GIS dan pengerjaan rekayasa

bencana banjir menggunakan sistem dinamik dengan Powersim.

Pada penelitian ini digunakan 7 indikator yang dianggap mempengaruhi banjir di setiap kecamatan yaitu curah hujan, drainase, daerah sempadan sungai, pola pemukiman, pengelolaan sampah, perubahan tata guna lahan, dan Elevasi. Masing-masing indikator sebagai indikator penentu dan sub indikator dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Indikator Penentu Daerah Rawan Banjir

Indikator	Sub Indikator	Bobot	Harkat
Curah Hujan	Ringan (0-20) mm/hari	0,15	1
	Sedang (21-100) mm/hari		2
	Lebat (100-300) mm/hari		3
	Sangat Lebat (300-500) mm/hari		4
	Ekstrem (>500 mm/hari)		5
Drainase	Sangat Baik	0,13	1
	Baik		2
	Cukup		3
	Buruk		4
	Sangat Buruk		5
Batas Sempadan Sungai	>8m	0,17	1
	(6-8) m		2
	(2-5) m		3
	(1-2) m		4
	<1m		5
Pola Pemukiman	Menyebar	0,11	1
	Tersusun		2
	Mengelompok terpisah		3
	Mengikuti jalan raya		4
	mengelompok terpusat		5
Elevasi	>27 m	0,15	1
	(21 - 26) m		2
	(11 - 20) m		3
	(6 - 10) m		4
	(0 - 5) m		5
Pengelolaan Sampah dan Limbah	Sangat Baik	0,11	1
	Baik		2
	Cukup		3
	Buruk		4
	Sangat Buruk		5
Tata Guna Lahan	Semak Belukar	0,17	1
	Kebun Campuran		2
	Lahan Kosong		3
	Sawah		4
	Pemukiman		5

Data diambil dengan teknik dokumentasi, survey dan wawancara yang sesuai untuk masing-masing indikator. Pengambilan survey masing-masing 1 titik kelurahan sebagai sampel penelitian dari setiap kecamatan yang ada di Kota Jambi yang ditentukan berdasarkan histori dari kelurahan yang menjadi lokasi langganan banjir. Pemilihan titik sampel ini didasarkan pada data banjir BPS 2020 (BPS Kota Jambi, 2021). Wawancara dilakukan terhadap masyarakat dan pemangku kebijakan di setiap kecamatan yang dipilih dengan metode purposive sampling sesuai umur masyarakat yang produktif (15 - 64) karena pada usia ini penduduk aktif dalam pekerjaan (Sukmaningrum & Imron, 2017). Wawancara diambil sebagai data penunjang data survey yang dilakukan. Pengolahan Data dilakukan menggunakan Metode WP. Setelah proses WP dilakukan, maka dilanjutkan dengan pemetaan daerah

berpotensi banjir menggunakan hasil yang diperoleh dari metode WP. Pada tahap ini dilakukan pemetaan wilayah administrasi Kota Jambi, kemudian peta masing-masing indikator dan peta zona rawan banjir sesuai dengan tingkat kerawanan pada 11 (sebelas) Kecamatan di Kota Jambi menggunakan software ArcGIS. Tahap rekayasa dilakukan dengan menggunakan *Software Powersim 10*. Tahapan ini dilakukan untuk menentukan potensi banjir 10 tahun ke depan dengan merekayasa setiap indikator yang menjadi penyebab banjir.


Metode analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup 3 kegiatan terkait analisa kriteria/ indikator yang mempengaruhi daerah rawan banjir, penentuan rangking zona daerah rawan banjir, dan analisis rekayasa banjir.

2.1. Penentuan Rangking Zona Rawan Banjir Kota Jambi

Langkah pertama dalam metode WP adalah menentukan kriteria dan alternatif. Dalam penelitian ini, kriteria yang digunakan berupa indikator yang ditetapkan sebagai variabel yang mempengaruhi banjir di Kota Jambi. Kriteria yang dipilih dari beberapa referensi penentu banjir ada 7 kriteria yaitu curah hujan, drainase, batas sempadan sungai, pola pemukiman, elevasi, pengelolaan sampah dan tata guna lahan. Alternatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecamatan yang ada di Kota Jambi yang terdiri dari 11 kecamatan. Setiap kriteria yang mempengaruhi dibuat lembar survey yang akan menentukan skala harkat dalam pembuatan analisa.

Langkah berikutnya adalah menentukan nilai bobot dari masing-masing kriteria, yang dilanjutkan dengan pemberian skala dari kriteria untuk pemberian nilai keputusan. Skala bobot berada pada rentang 1 sampai 9 yang menyatakan tingkat kepentingan kriteria dalam mempengaruhi banjir. Skala bobot dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Skala Bobot Setiap Kriteria

Skala Bobot	Level
1	Sedikit Penting
3	
5	
7	
9	Sangat Penting

Selanjutnya dilakukan normalisasi bobot dari kriteria dengan menentukan bobot awal dengan skala 1-100 kemudian dilakukan normalisasi pada rumus:

$$W_j = \frac{w_j}{\sum w_j}$$

Keterangan: w_j = Bobot Atribut; $\sum w_j$ = Penjumlahan Bobot Atribut (Berhita et al., 2024; Fitriyani et al., 2020; Sembiring & Sulindawaty, 2020).

Penentuan nilai vektor S dilakukan dengan pemangkatan nilai atribut setiap kriteria. Sementara untuk perangkingan dengan menentukan nilai vektor V dengan membagi masing-masing jumlah nilai vektor S dengan jumlah seluruh vektor S. Nilai vektor V

menjadi acuan dalam menentukan perangkingan keputusan.

Penentuan nilai vektor S dilakukan dengan pemangkatan nilai atribut setiap kriteria. Hasil normalisasi setiap kriteria didapat dari rumus:

$$S_i = \pi_{j=1}^n X_{ij}^{W_j}$$

dengan: S_i = Hasil normalisasi kriteria; X_{ij} = Nilai kriteria; W_j = Nilai bobot kriteria; i = Nilai alternatif; j = Nilai kriteria; n = Jumlah kriteria (Berhita et al., 2024; Fitriyani et al., 2020; Sembiring & Sulindawaty, 2020).

Sementara untuk perangkingan dengan menentukan nilai vektor V dengan membagi masing-masing jumlah nilai vektor S dengan jumlah seluruh vektor S. Nilai vektor V menjadi acuan dalam menentukan perangkingan keputusan. Nilai vektor V menggunakan persamaan:

$$V_i = \frac{\pi_{j=1}^n X_{ij}^{W_j}}{\sum \pi_{j=1}^n X_{ij}^{W_j}}$$

Keterangan: V_i = Hasil preferensi kriteria ke-i sebagai nilai vektor V; X_{ij} = Nilai kriteria; W_j = Nilai bobot kriteria; i = Nilai alternatif; j = Nilai kriteria; n = Jumlah kriteria (Berhita et al., 2024; Fitriyani et al., 2020; Sembiring & Sulindawaty, 2020).

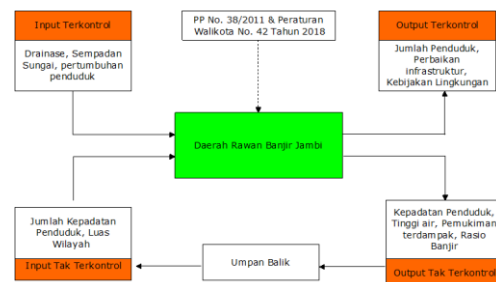
Hasil perangkingan daerah rawan bencana dibagi menjadi 3 kategori yaitu daerah tinggi, sedang dan rendah yang dibedakan menjadi 3 daerah peringkat rawan bencana seperti Tabel 3. Pengaturan skala dapat merujuk referensi menggunakan skala likert dengan 5 skala atau dengan menggunakan skala 1-3.

Tabel 3. Skala Keputusan Daerah Potensi Bencana

Daerah Rawan	Interval	Indikator
1	$\geq 0,092$	Sangat Rawan
2	0,089-0,091	Rawan
3	$\leq 0,088$	Aman

2.2. Rekayasa Banjir

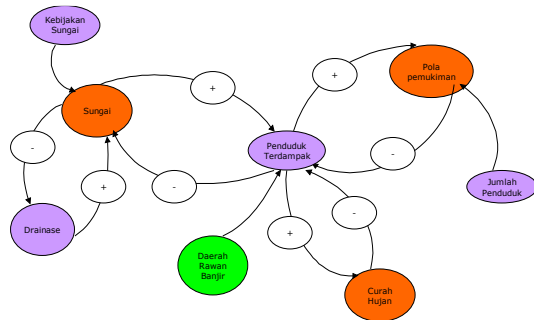
Rekayasa banjir Kota Jambi dilakukan menggunakan software Powersim 10 dengan 3 tahapan yaitu pembuatan peta konsep *Black Box* Sistem Dinamis daerah rawan banjir Kota Jambi sebagai dasar penjabaran, kemudian pembuatan *Causa Loop* daerah rawan banjir, dan pembuatan model struktur sistem dinamis.



Gambar 2. *Black Box* Sistem Dinamik Daerah Rawan Banjir Kota Jambi

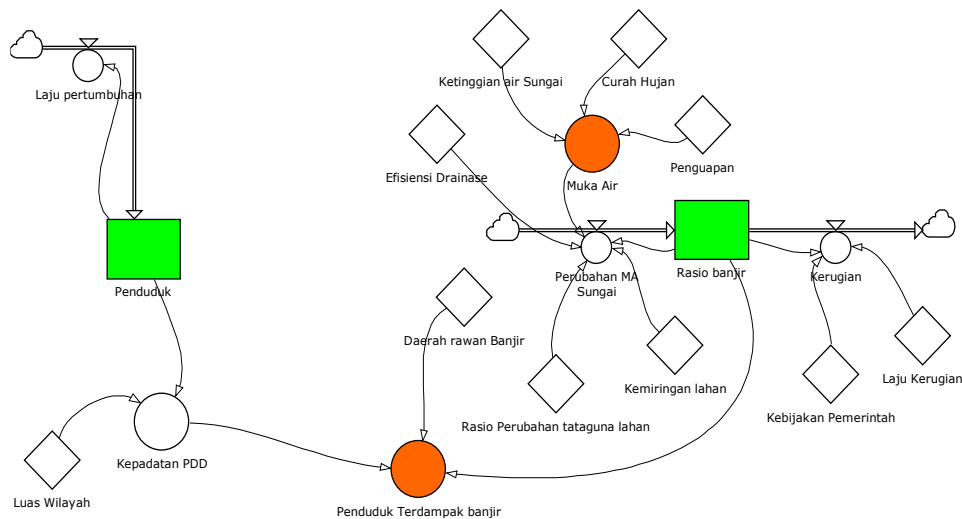
Hasil *black box* yang sudah ditentukan, selanjutnya digunakan untuk membangun *causa loop* daerah

rawan banjir di Kota Jambi. Pada *causa loop* terdapat 3 elemen penting yang menentukan rekayasa mitigasi banjir yaitu sungai, pola pemukiman dan curah hujan.



Gambar 3. Causa Loop Daerah Rawan Banjir

Rancangan *causa loop* menjadi dasar untuk membuat rancangan struktur model dinamis bencana banjir (Gambar 4). Hasil rekayasa model dinamik pada penelitian ini ditentukan dari jumlah penduduk yang terdampak banjir. Hal ini dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu, besar rasio banjir, kepadatan penduduk, dan daerah rawan banjir.



Gambar 4. Struktur Model Dinamik Daerah Rawan Banjir

Tabel 4. Skala Keputusan Daerah Potensi Bencana

Tabel 1. Nilai Kepuasan Berbasis Lokasi Berhala								
Kriteria		Bobot	Sub Kriteria					NK
			1	2	3	4	5	
K1	Curah Hujan	8	Ringan (0-20 mm)	Sedang (21-100) mm	Lebat (100-300) mm	Sangat Lebat (300-500) mm	Ekstrem (>500 mm)	0,1509
K2	Drainase	7	sangat baik	baik	Cukup	Buruk	Sangat Buruk	0,1320
K3	Batas Sempadan sungai	9	>8 m	(6-8) m	(2-5) m	(1-2) m	<1 m	0,1698
K4	Pola Pemukiman	6	Menyebar	Tersusun	Mengelompok terpisah	Mengikuti jalan raya	mengelompok terpusat	0,1132
K5	Elevasi	8	>27	21-26	11-20	6-10	0-5	0,1509
K6	Pengelolaan Sampah dan Limbah	6	Sangat Baik	Baik	Cukup	Buruk	Sangat Buruk	0,1132
K7	Tata Guna Lahan	9	Semak Belukar	Kebun campuran	Lahan Kosong	Sawah	Hunian	0,1698

Penetapan nilai bobot masing-masing kriteria diberikan berdasarkan tingkat kepentingannya dalam mempengaruhi banjir (Tabel 2). Skala pada Tabel 2 berada pada skala 1 hingga 9, skala 1 dengan indikasi sedikit penting hingga skala 9 mengindikasikan sangat penting. Dalam penelitian ini, nilai bobot untuk curah hujan 8, drainase tingkat kepentingan 7, batas sempadan sungai tingkat kepentingan 9, pola pemukiman dengan tingkat kepentingan 6, elevasi tingkat kepentingan 8, pengelolaan sampah dan limbah dengan tingkat kepentingan 6, dan tata guna lahan dengan tingkat kepentingan 9. Masing-masing kriteria dibagi menjadi 5 skala nilai bobot dari skala 1 – 5 (Tabel 4).

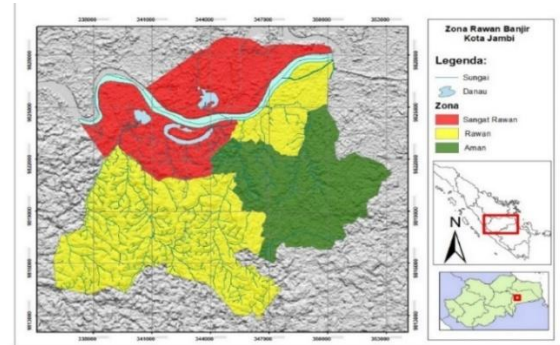
Setelah penentuan bobot dan penetapan skala masing-masing kriteria sebagai sub kriteria. Penentuan nilai masing-masing kecamatan yang ada di Kota Jambi diperoleh dari hasil survey lapangan ke setiap titik lokasi yang dijadikan sampel daerah penelitian yang mewakili setiap daerah di kecamatan. Penilaian vektor untuk penentuan peringkat di metode WP seperti dalam Tabel 5. Pada tabel tersebut ditentukan jumlah vektor S dan vektor V. Selanjutnya nilai vektor V yang didapatkan menjadi acuan penentuan rangking atau peringkat tingkat kerawanan banjir di Kota Jambi.

Dari hasil perangkingan daerah rawan banjir diperoleh 4 Kecamatan tergolong daerah sangat rawan, 4 Kecamatan tergolong daerah rawan banjir dan 3 Kecamatan tergolong daerah aman dari banjir.

Daerah Rawan banjir di Kota Jambi diperoleh melalui hasil olah data menggunakan Metode *Weighted Product* (WP) dengan sistem perangkingan, dimana nilai yang tertinggi itulah yang menjadi keputusan akhir dari sistem (Sembiring & Sulindawaty, 2020). Pemetaan wilayah 11 Kecamatan di Kota Jambi yang diindikasikan sebagai daerah rawan banjir diperoleh dari hasil analisa 7 indikator yang mempengaruhinya yaitu curah hujan, drainase, pola pemukiman, batas sempadan sungai, elevasi, tata guna lahan dan sistem pengelolaan sampah.

Hasil tersebut dipetakan secara spasial yang menggambarkan 4 Kecamatan dengan resiko sebagai daerah sangat rawan banjir dengan kriteria tinggi, yaitu Kecamatan Danau Sipin, Kecamatan Telanai Pura, Kecamatan Danau Teluk dan Palayangan. 4 Kecamatan dengan resiko banjir menengah yaitu Kecamatan Jambi Timur, Kecamatan Kota Baru,

Kecamatan Jelutung, Kecamatan Alam Barajo dan Kecamatan Pasar Jambi. Pada 3 kecamatan lainnya berada pada daerah aman dari banjir (Gambar 5).



Gambar 5. Daerah Rawan Banjir Kota Jambi

Daerah yang menjadi wilayah rawan banjir yang terlihat dari peta adalah daerah yang berada di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Batanghari dan jalur anak sungai. DAS Batanghari dengan luas 4,537,881 Ha mempunyai 6 (enam) Sub DAS yaitu Batanghari Hulu, Batang Tebo, Batang Tabir, Batang Sumai, Batang Merangin-Tembesi dan Batanghari Hilir yang berpotensi sumberdaya air cukup tinggi (Tikno, 2000). Perangkingan menggunakan skoring dengan pemetaan yang dilakukan oleh Pryastuti et al., (2021) juga menemukan bahwa sebagian besar Kota Jambi terdiri dari daerah rawan banjir dan 3 kecamatan yang aman dari banjir yaitu Kecamatan Jambi Selatan, Kecamatan Jelutung dan Kecamatan Paal Merah.

3.2. Prediksi Banjir Kota Jambi

Dalam menentukan daerah rawan banjir dalam sistem dinamik membutuhkan data input terkontrol dan input tak terkontrol yang dalam perjalanannya akan menghasilkan output yang terkontrol dan tidak terkontrol. Input terkontrol pada penelitian ini yaitu drainase, pengelolaan sampah dan limbah dan tutupan lahan (*Land Fetures*). Sementara itu, input tak terkontrolnya adalah curah hujan tahunan, pola pemukiman, dan batas sempadan sungai. Dampak yang diakibatkan oleh banjir meliputi banyaknya pemukiman yang terendam, rusaknya infrastruktur mengganggu aktifitas manusia kerugian ekonomi, gangguan kesehatan bahkan dapat menimbulkan korban jiwa.

Tabel 5. Nilai Vektor dan Perangkingan Daerah Potensi Banjir

Vektor S	0,15	0,13	0,17	0,11	0,15	0,11	0,17	Jumlah Vektor S	Vektor V	Rangking
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7			
A1	1,23	1,20	1,00	1,13	1,18	1,13	1,31	8,19	0,090	2
A2	1,23	1,23	1,23	1,36	1,23	1,14	1,36	8,79	0,096	1
A3	1,23	1,24	1,31	1,17	1,23	1,13	1,31	8,63	0,095	1
A4	1,23	1,10	1,00	1,20	1,11	1,08	1,31	8,03	0,088	3
A5	1,23	1,16	1,21	1,13	1,18	1,08	1,31	8,30	0,091	2
A6	1,23	1,10	1,12	1,13	1,18	1,08	1,31	8,16	0,090	2
A7	1,23	1,24	1,21	1,20	1,23	1,08	1,31	8,50	0,093	1
A8	1,23	1,10	1,00	1,13	1,18	1,08	1,31	8,04	0,088	3
A9	1,23	1,16	1,00	1,20	1,11	1,08	1,31	8,09	0,089	2
A10	1,23	1,16	1,27	1,17	1,23	1,08	1,31	8,45	0,093	1
A11	1,23	1,16	1,00	1,13	1,00	1,08	1,31	7,92	0,087	3

Penentuan nilai dari konstanta atau variabel yang akan dijadikan struktur dalam model harus dilakukan sebelum melakukan analisa menggunakan struktur model. Nilai dari konstanta dan variabel untuk model pengendalian daerah rawan banjir ditunjukkan pada Tabel 6.

Semua data yang ada di Tabel 6 menjadi input bagi model rekayasa. Hasil simulasi model dengan data saat pengambilan data ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Konstanta dan Variabel Daerah Rawan Banjir Tahun 2023

Tahun	Penduduk (Orang)	Rasio Banjir (%)	Kerugian (%)	Penduduk Terdampak Banjir
0	641.022	77	77	378.884
1	649.227	183,99	183,99	916.923
2	657.537	288,95	288,95	1.458.414
3	665.954	391,91	391,91	2.003.422
4	674.448	492,92	492,92	2.552.015
5	683.111	592	592	3.104.261
6	691.885	689,21	689,21	3.660.227
7	700.711	784,56	784,56	4.219.984
8	709.680	878,11	878,11	4.783.601
9	718.764	969,88	969,88	5.351.148
10	727.964	1.059,90	1.059,90	5.922.698

Sumber: Hasil Olah Data Menggunakan Powersim 10 Tahun 2024

Dari Tabel 7 terlihat peningkatan banjir yang akan terjadi di Kota Jambi apabila tidak ada kebijakan pemerintah dalam penanggulangan daerah rawan banjir. Hal ini mengingat adanya kepadatan penduduk yang tinggi di Kota Jambi dibandingkan daerah lain di Provinsi Jambi. Kepadatan penduduk dapat diatasi dengan menertibkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 153 Tahun 2014 Tentang *Grand Design* Pembangunan Kependudukan. Masalah penyumbatan sungai seperti pembuangan sampah

menjadi penyebab utama terjadinya banjir (Jocson et al., 2019).

Beberapa langkah dapat diambil dalam mengatasi dampak bencana banjir tersebut, seperti yang dirancang dalam struktur model Gambar 3. Rekayasa yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan mengurangi tinggi muka air sungai saat hujan ekstrim terjadi yaitu dengan memperbaiki sistem drainase, memperbaiki tata guna lahan, dan mengurangi rasio banjir dengan menegakkan kebijakan pemerintah. Dengan melakukan langkah-langkah perbaikan tersebut maka didapatkan terjadinya pengurangan jumlah penduduk terdampak bencana banjir dan mengurangi terjadinya kerugian hingga 0,32% di tahun 2033 seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Simulasi dengan Kondisi Penegakan Kebijakan Rekayasa

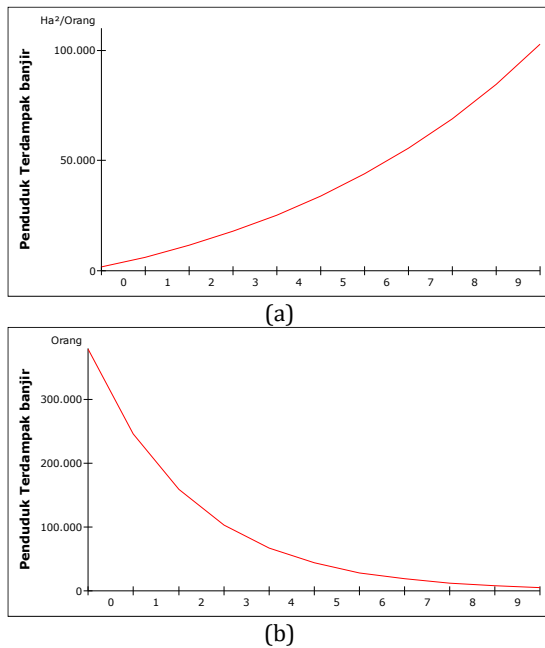
Tahun	Penduduk (Orang)	Rasio Banjir (%)	Kerugian (%)	Penduduk Terdampak Banjir
0	641.022	77	27,72	378.884
1	649.227	49,28	17,74	245.590
2	657.537	31,54	11,35	159.189
3	665.954	20,19	7,27	103.185
4	674.448	12,92	4,65	66.884
5	683.111	8,27	2,98	43.354
6	691.885	5,29	1,9	28.101
7	700.711	3,39	1,22	18.215
8	709.680	2,17	0,78	11.807
9	718.764	1,39	0,5	7.653
10	727.964	0,89	0,32	4.961

Sumber: Hasil Olah Data Menggunakan Powersim 10 Tahun 2024

Tabel 8 menunjukkan terjadinya penurunan jumlah penduduk terdampak banjir dari 378.884 orang/ hektar menjadi 4.960 orang/ hektar lahan di 10 tahun berikutnya.

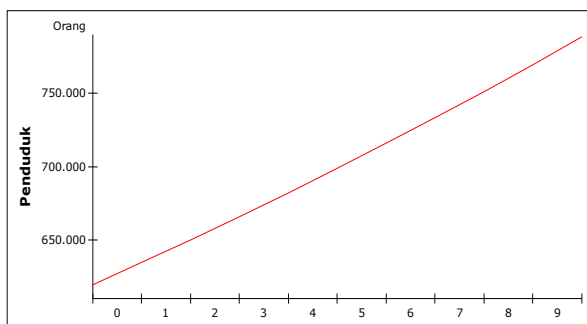
Tabel 6. Konstanta dan Variabel Daerah Rawan Banjir Tahun 2023

No	Konstanta dan Variabel	Nilai
Sub Model Penduduk:		
1.	Jumlah Penduduk	619.533 orang
2.	Laju Kelahiran	1,75 %
3.	Laju Kematian	0,26 %
4.	Migrasi Penduduk	1,59 %
5.	Transmigrasi penduduk	2,54 %
Kondisi Sungai:		
1.	Curah Hujan Tahunan	322,95 mm/thn
2.	Sedimen	9,81 ton/Ha
3.	Tinggi muka air rata-rata	8,85 m
4.	Lebar Sungai	450 m
5.	Kedalaman Sungai	6-7 m
6.	Elevasi	8%
7.	Aliran Masuk	4027 M ³ /detik
8.	Penguapan	1,77 m/thn
Sub Model Drainase:		
1.	Dimensi Drainase	60 %
2.	Keadaan Drainase	8 %
Sub Model Kecamatan:		
1.	Aktifitas Manusia	Buruk (40%)
2.	Luas Kota	16.989 Ha
5.	Land Features (tutupan lahan)	1.216,96 Ha (6.93%)
6.	Sempadan Sungai/Parit	Maksimal 3m
7.	Rasio Pertumbuhan Pemukiman	4,36%
8.	Kerentanan Banjir Kota	50%



Gambar 6. Grafik Penduduk Terdampak Banjir Kota Jambi (a). Penduduk Terdampak sebelum Rekayasa; (b). Penduduk Terdampak setelah Rekayasa

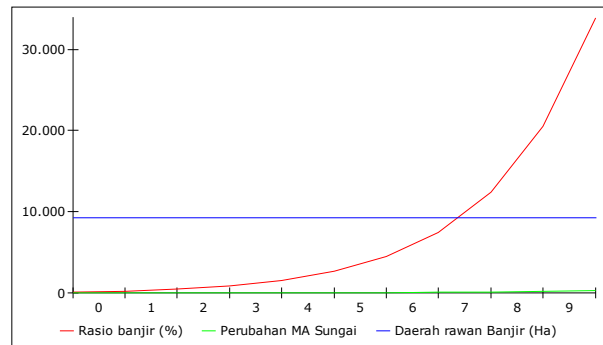
Gambar 6(a) menunjukkan peningkatan jumlah penduduk yang terdampak bencana banjir selama 10 tahun berikutnya, dan Gambar 3(b) menunjukkan jumlah penduduk terdampak banjir setelah dilakukan beberapa kebijakan dan perbaikan. Terlihat dari grafik tersebut apabila kondisi saat ini tetap dipertahankan maka jumlah penduduk yang terkena dampak bencana banjir akan semakin meningkat hingga mencapai 100.000 orang per hektar lahan. Maka untuk mengatasi hal ini dilakukan beberapa kebijakan yang akan mengurangi dampak bencana banjir 10 tahun ke depan. Peningkatan jumlah penduduk terdampak ini akibat pertambahan jumlah penduduk yang terjadi setiap tahun. Pertambahan penduduk akan terus meningkat dalam waktu 10 tahun ke depan diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Peningkatan Pertambahan Penduduk Kota Jambi 10 tahun ke depan

Rasio pertambahan jumlah penduduk tidak dapat dibendung, dari data statistik terjadi pertambahan penduduk Kota Jambi setiap tahun baik dari pertambahan kelahiran maupun dari migrasi penduduk. Simulasi yang dihasilkan pada Gambar 8 menunjukkan terjadinya peningkatan rasio banjir

dengan tanpa mengurangi daerah rawan banjir dan tanpa melakukan perubahan muara sungai.



Gambar 8. Grafik Peningkatan Pertambahan Penduduk Kota Jambi 10 tahun ke depan

Tingginya dampak akibat banjir tersebut dapat diminimalisir dengan meningkatkan kebijakan pemerintah dalam regulasi kerugian banjir sehingga dapat menurunkan rasio banjir, walaupun belum sepenuhnya menghabiskan resiko banjir yang terjadi karena efek curah hujan yang tetap. Analisis GIS yang dilakukan dalam menggambarkan hasil analisa WP untuk menentukan daerah yang rawan banjir menunjukkan beberapa kecamatan yang menjadi perhatian untuk menganalisa penyebab, dampak dan faktor-faktor yang dapat mengurangi kejadian banjir di Kota Jambi menggunakan analisis dinamik menggunakan powersim. Hasil model dinamik menunjukkan pengurangan banjir setiap tahun dan setelah 10 tahun ke depan banjir berkurang. Hal ini tercipta jika ada dukungan dari pemerintah terkait untuk mengambil keputusan dan regulasi agar banjir tidak terjadi lagi.

Untuk meningkatkan kewaspadaan dan kesiapan terhadap banjir, dapat dilakukan dengan penerapan hukum yang ketat, koordinasi yang tepat dengan masyarakat dan pemerintah, serta rencana pencegahan dan penanggulangan banjir yang lebih baik (Jocson et al., 2019). Pertambahan penduduk yang pesat dapat mengurangi tutupan vegetasi dan berdampak pada tata guna lahan di masa yang akan datang dan menambah daerah terdampak banjir sehingga dibutuhkan penerapan hukum yang tepat (Utami et al., 2018).

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini berupa simulasi dari beberapa kriteria yang dianggap sebagai pemicu tingginya banjir yaitu, curah hujan, sistem drainase, tata kelola sampah dan limbah, elevasi, tata guna lahan, tutupan lahan, dan pola pemukiman. Hasil yang ditemukan dalam penelitian ini, daerah rawan banjir 8 kecamatan di Kota Jambi (73%) yaitu, Kecamatan Alam Barajo, Telanaipura, Danau Teluk, Jambi Timur, Pasar Jambi, Palayangan, Kota Baru, dan Danau Sipin. Kecamatan yang aman 3 (tiga) kecamatan (27%) berada pada skala aman yaitu, Kecamatan Jambi Selatan, Jelutung, dan Paal Merah.

Masyarakat terdampak banjir dalam waktu 10 tahun semakin berkurang dengan melakukan berbagai rekayasa kebijakan dan perbaikan infrastruktur drainase dibandingkan dengan tanpa adanya perbaikan. Demikian juga dengan dampak kerugian yang dialami masyarakat dapat dikurangi setelah melakukan rekayasa. Meskipun demikian dibutuhkan aplikasi nyata dari pemangku kebijakan untuk mewujudkan rekayasa pengurangan daerah banjir dan dampak yang ditimbulkannya sebagai mitigasi bagi pemerintah. Metode ini dapat dikombinasikan dengan metode pengambilan keputusan untuk mendapatkan hasil yang lebih konkrit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami disampaikan kepada LPPM UIN Sulthan Thaha Saifuddin Jambi yang telah memberikan dana dan pihak-pihak terkait yang telah membantu demi terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agonafir, C., Lakhankar, T., Khanbilvardi, R., Krakauer, N., Radell, D., & Devineni, N. (2023). A Review of Recent Advances in Urban Flood Research. *Water Security*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2023.100141>
- AlAli, A. M., Salih, A., & Hassaballa, A. (2023). Geospatial-Based Analytical Hierarchy Process (AHP) and Weighted Product Model (WPM) Techniques for Mapping and Assessing Flood Susceptibility in the Wadi Hanifah Drainage Basin, Riyadh Region, Saudi Arabia. *Water (Switzerland)*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/w15101943>
- Baturohmah, H. (2023). Pemodelan Sistem Dinamik dalam Peningkatan Profitabilitas Produksi Menggunakan Ventana Simulation. *Jurnal Restikom : Riset Teknik Informatika Dan Komputer*, 5(1), 64–72. <https://restikom.nusaputra.ac.id>
- Berhitu, Y., Rahakbauw, D. L., & Ilwaru, V. Y. I. (2024). Application of the Weighted Product Method in Determining the Selection of Exemplary Students at Public Junior High School 67 Central Maluku. *Pattimura International Journal of Mathematics (PIJMath)*, 3(1), 23–30. <https://doi.org/10.30598/pijmathvol3iss1pp23-30>
- BPS Kota Jambi. (2021). *Kota Jambi Dalam Angka 2021*. BPS Kota Jambi.
- Dewata, I., & Umar, I. (2019). Management of Flood Hazard Areas in Pasaman River Basin of West Pasaman Regency West Sumatra Province. *International Journal of GEOMATE*, 17(64), 230–237. <https://doi.org/10.21660/2019.64.64420>
- Fitri, S. H., & Sumunar, D. R. S. (2019). The Direction of Development of Jambi City Based on Flood Disaster Mitigation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 271(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/271/1/012019>
- Fitriyani, A., Komarudin, R., Iqbal Maulana, Y., & Haidir, A. (2020). Penerapan Metode Weighted Product (WP) Pada Pemilihan Supplier Kimia Terbaik PT. Mayer Indah Indonesia Bogor. *Informatika, Bianglala*, 8(1), 2020.
- Jocson, J., Florencondia, N., & Subia, G. S. (2019). Flood Prevention and Mitigation Initiatives towards a Flood-Free City. *Technology, and Sciences (ASRJETS) American Scientific Research Journal for Engineering*, 58(1), 215–224. <http://asrjetsjournal.org/>
- Kurnia, M., Rusman, M., Aditya, W., & Astrina. (2023). Prediksi Konsumsi Listrik di Kota Makassar Menggunakan Pemodelan Sistem Dinamis. *Arika*, 17(02), 66–72.
- Prasetyo, D., Nazili, & Lalan, H. (2022). Analisa Saluran Drainase Primer Pada Kelurahan Sijenjang Kecamatan Jambi Timur Kota Jambi. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 5(3), 23–34. <https://ft.ekasakti.org/index.php/JAES/index/>
- Pryastuti, L., Rustan, & MZ, N. (2021). Pemetaan Tingkat Kerawanan Banjir Menggunakan Metode Scoring dan Metode Overlay Berbasis Sistem Informasi Geografis di Kota Jambi. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 05(02), 132–141. <http://dataonline.bmkg.go.id/home>
- Purnomo, R., Pamungkas, M. H., Arrofi, D., & Goni, A. (2018). Flood prediction using integrated sensor based on internet of thing and radio frequency as flood risk reduction. In I. T. Meilano I., Cummins P.R., & Zulfakriza null (Eds.), *AIP Conference Proceedings*. American Institute of Physics Inc.
- Sembiring, B., & Sulindawaty. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Tempe Siap Jual Dengan Metode Weight Product. *Jurnal Teknoif Teknik Informatika*, 8(2), 53. <https://doi.org/10.21063/jtif.2020.v8.2.53-58>
- Sukmaningrum, A., & Imron, A. (2017). Memanfaatkan Usia Produktif dengan Usaha Kreatif Industri Pembuatan Kaos pada Remaja di Gresik. *Paradigma*, 5(3).
- Umar, I., & Dewata, I. (2023). *Pendekatan Sistem dalam Manajemen Sumber Daya Alam*. Deepublish.
- Umar, I., Dewata, I., Barlian, E., Anwar, S., & Suarti, Y. (2019). Priority Selection of Residential Development Areas with Flood Hazard in Limapuluh Kota District, West Sumatra. *International Journal of GEOMATE*, 16(55), 138–144. <https://doi.org/10.21660/2019.55.39291>
- Utami, N., Sapei, A., & Apip. (2018). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan DAS Batanghari Jambi. *Prosiding Seminar Nasional PERTETA*, 224–230.