

GEOLOGI DAN PEMANFAATAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK DAERAH BAHAYA BANJIR DENGAN METODE AHP DI DESA BANGUN REJO KECAMATAN TENGGARONG SEBERANG, KUTAI KARTANEGARA, KALIMANTAN TIMUR

**(Geologi And Utilization of GIS For Mapping Of Flood Hazard Areas Using
AHP Method In Bangun Rejo Village, Tenggarong Seberang District, Kutai
Kartanegara Regency, East Kalimantan Province)**

Dewi Arum Pertiwi

Hamzah Umar, Muhammad Dahlan Balfas, Muhammad Amin Syam, Dewi Arum Pertiwi, Fajar M. Iqbal
Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Jl. Sambaliung No.9, Kampus Gunung Kelua, Samarinda
**Email : hamzahumar6@gmail.com*

Abstrak

Banjir merupakan genangan air yang mengalir deras dengan ketinggian melebihi batas normal. Pada saat banjir akan menggenangi sebagian besar daratan yang biasanya tidak tergenangi air. Ketika musim hujan tiba, sebagian wilayah mengalami banjir curah hujan yang tinggi merupakan salah satu faktor penyebab banjir. daerah yang sering mengalami banjir antara lain pantai, daerah dataran banjir, daerah sepadan sungai, daerah cekungan. Pada daerah penelitian didapatkan daerah aman, rawan, sangat rawan dengan metode AHP serta memanfaatkan SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk analisis secara spasial. Parameter banjir yang digunakan antara lain Curah hujan, litologi, kemiringan lereng, tutupan lahan, jarak sungai, Elevasi. Dengan klasifikasi bahaya banjir wilayah yang termasuk daerah aman memiliki luas 11.866 m² menempati 38,93 % pada peta, yang termasuk daerah rawan memiliki luas 13.242 m² menempati 43,44% pada peta, dan yang termasuk daerah sangat rawan memiliki luas 5.370 m² menempati 17,61% pada peta.

Kata kunci: Banjir, metode AHP, Sistem Informasi Geografis (SIG), parameter banjir

Abstract

Flood is a pool of water that flows swiftly with a height exceeding normal limits. During the flood, it will inundate most of the land which is usually not inundated by water. When the rainy season arrives, some areas experience flooding. High rainfall is one of the factors causing flooding. areas that often experience flooding include beaches, floodplain areas, riverbank areas, basins. In the research area, it is found that the area is safe, vulnerable, very vulnerable with the AHP method and utilizes GIS (Geographic Information System) for spatial analysis. Flood parameters used include rainfall, lithology, slope, land cover, river distance, elevation. With the classification of flood hazards, areas including safe areas have an area of 11,866 m² occupying 38.93% on the map, including prone areas having an area of 13,242 m² occupying 43.44% on the map, and those including very prone areas having an area of 5,370 m² occupying 17, 61% on map.

Keywords: Flood, AHP method, Geographic Information System (SIG), flood parameters

Pendahuluan

Banjir didefinisikan sebagai tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air disuatu wilayah dan menimbulkan kerugian fisik, sosial dan ekonomi. Daerah yang biasanya tergenangi banjir Pada saat banjir, air akan menggenangi sebagian besar daratan yang biasanya tidak tergenangi air. Ketika musim hujan tiba, sebagian wilayah ada yang mengalami banjir. Curah hujan yang tinggi membuat beberapa wilayah tergenang air. Banjir yang sangat berbahaya adalah banjir

dahsyat yang terjadi dengan tiba-tiba dan bersifat menghanyutkan. Daerah Rawan Banjir adalah (1) daerah yang memiliki curah hujan yang tinggi, (2) daerah bebatuan yang memiliki daya serap air rendah, (3) daerah sekitar sungai dan menjadi aliran air sungai, (4) daerah permukiman padat dan kumuh, dan (5) daerah yang pernah mengalami bencana banjir.(Erlangga, 2007)

Kerentanan banjir adalah memperkirakan daerah-daerah yang mungkin menjadi sasaran banjir.Wilayah-wilayah yang rentan banjir biasanya terletak pada daerah datar,

dekat dengan sungai, berada di daerah cekungan dan di daerah pasang surut air laut. Sedangkan bentuklahan bentukan banjir pada umumnya terdapat pada daerah rendah sebagai akibat banjir yang terjadi berulang-ulang, biasanya daerah ini memiliki tingkat kelembaban tanah yang tinggi dibanding daerah-daerah lain yang jarang terlanda banjir. Kondisi kelembaban tanah yang tinggi ini disebabkan karena bentuklahan tersebut terdiri dari material halus yang diendapkan dari proses banjir dan kondisi drainase yang buruk sehingga daerah tersebut mudah terjadi penggenangan air. (Yusuf, 2005)

Pada daerah penelitian yang berlokasi di desa Bangun Rejo Tenggarong Seberang dilakukan pemetaan secara spasial untuk mengetahui daerah mana saja yang termasuk kedalam daerah bahaya atau rawan banjir.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memetakan daerah bahaya banjir serta mengetahui pengaruh geologi terhadap daerah banjir berdasarkan parameter curah hujan, parameter kemiringan lereng, parameter jarak sungai, parameter litologi, parameter penggunaan lahan, parameter elevasi. Kemudian dianalisa dengan menggunakan Metode AHP.

Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) merupakan teori umum mengenai pengukuran. Empat macam skala pengukuran yang biasanya digunakan secara berurutan adalah skala nominal, ordinal, interval dan rasio. Skala yang lebih tinggi dapat dikategorikan menjadi skala yang lebih rendah, namun tidak sebaliknya. Pendapatan per bulan yang berskala rasio dapat dikategorikan menjadi tingkat pendapatan yang berskala ordinal atau kategori (tinggi, menengah, rendah) yang berskala nominal. Sebaliknya jika pada saat dilakukan pengukuran data yang diperoleh adalah kategori atau ordinal, data yang berskala lebih tinggi tidak dapat diperoleh. AHP mengatasi sebagian permasalahan itu. (Saaty, 2001).

Geologi Cekungan Kutai

Cekungan Kutai memiliki sejarah yang kompleks (Moss et al., 1997), dan merupakan satu - satunya cekungan Indonesia yang telah berevolusi dari internal rifting fracture/foreland basin ke marginal-sag. Sebagian besar produk awal pengisi Cekungan Kutai telah terbalik dan diekspos (Satyana et al., 1999), pada Miosen Tengah sampai Miosen Akhir sebagai akibat dari terjadinya tumbukan / kolusi block Micro Continent. Dari peristiwa ini menyebabkan adanya pengangkatan cekungan, perubahan sumbu antiklin dan erosi permukaan yang mengontrol sedimentasi pada Delta Mahakam. Delta Mahakam terbentuk di

mulut sungai Mahakam sebelah timur pesisir pulau Kalimantan.

METODOLOGI

Tahap Pra Lapangan

Tahap pra lapangan yang dilakukan untuk penelitian ini meliputi:

A. Studi literatur

Kegiatan studi literatur ini dimaksudkan untuk mencari literatur yang berhubungan dengan penelitian sehingga dapat membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Literatur dapat berupa buku-buku yang berkaitan dengan penelitian ini serta menggunakan peta geologi regional dan peta kesampaian daerah sebagai bahan literatur lanjutan guna mengetahui lebih mendalam kondisi geologi di daerah penelitian.

B. Perumusan masalah

Dilaksanakan sesuai dengan maksud dan tujuan dari penelitian ini. Adapun maksud dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian dan memetakan daerah bahaya banjir dilokasi penelitian.

C. Tahap Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang nantinya dipergunakan untuk mengetahui sebaran batuan, struktur daerah penelitian dan pengambilan percontohan batubara untuk uji laboratorium. Sumber data yang digunakan pada penelitian ini dibedakan menjadi 2 macam yaitu data primer dan data sekunder.

A. Data Primer

Data primer merupakan sumber data yang diperoleh dengan melakukan penelitian secara langsung pada objek penelitian.

a. Pengamatan lokasi penelitian

Pada tahap ini dilakukan pengamatan dan deskripsi batuan Sedimen pada daerah penelitian.

B. Data Sekunder

Sumber data sekunder merupakan data yang diperoleh dari data DEMNAS serta data yang didapat dari instansi pemerintahan dalam penelitian ini antara lain :

a. Data DEM

Data DEM merupakan dasar pembuatan peta parameter banjir antara lain : peta kemiringan lereng, peta elevasi, dan peta jarak sungai

b. Data Curah Hujan

Data curah hujan didapatkan dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sebagai data yang digunakan untuk pembuatan peta parameter curah hujan.

c. Tutupan Lahan

Untuk pembuatan peta parameter tutupan lahan didapatkan dengan mendigitasi peta citra pada lokasi penelitian

Tahap Pasca Lapangan

Penelitian ini diawali dengan studi literatur dan tahap pengambilan data-data kemudian dilakukan uji laboratorium dan pengolahan serta analisis data pada daerah penelitian. Adapun tahap-tahap pengolahan data & Analisis data antara lain sebagai berikut:

1. Peta Geologi, Peta Lintasan, Dan Peta Geomorfologi

Setelah semua data lapangan telah dikumpulkan maka langkah selanjutnya adalah pembuatan peta Lintasan yang menampilkan data persebaran dan kedudukan batuan. Kemudian dibuat peta geologi yang menunjukkan persebaran satuan batuan secara umum yang terdapat di daerah penelitian. Terakhir adalah pembuatan peta Geomorfologi yang menunjukkan bentuk lahan dan bentang alam pada daerah penelitian.

2. Penampang Stratigrafi

Pembuatan penampang stratigrafi dilakukan dengan cara mengurutkan urutan litologi dari yang tua sampai termuda pada lembaran penampang stratigrafi yang berisi informasi berupa pemerian litologi, penamaan satuan batuan, unsur perlapisan, struktur sedimen, hubungan antara satuan batuan yang satu dengan yang lain, penyebarannya, lingkungan pengendapan dan umur relative batuan.

Korelasi di lakukan dengan cara menampilkan 2 atau lebih penampang stratigrafi yang diinterpretasikan merupakan singkapan batuan yang sama atau terendapkan secara bersamaan.

3. Analisis dengan Metode AHP

Analisis dilakukan dengan melakukan perbandingan berpasangan, kemudian sintesa prioritas, kemudian dengan melakukan uji konsistensi $CR=0.1$ pada analisis ini bertujuan untuk mendapatkan bobot dari masing masing parameter.

4. Analisis Data Overlay

Pada analisis data overlay dilakukan penjumlahan hasil perkalian skor dan bobot dari AHP.

5. Peta Prediksi Banjir

Peta prediksi banjir merupakan peta hasil dari overlay peta parameter dan penjumlahan hasil perkalian skor dan bobot dari AHP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geomorfologi Daerah Penelitian

Berdasarkan aspek-aspek geomorfologi, maka bentuk lahan yang terdapat di daerah penelitian dapat dibagi menjadi 2 (dua) satuan bentuklahan, yaitu: Dataran Nyaris (D1) dan dataran limbah banjir (F1). penulis melakukan pengamatan morfologi daerah penelitian dan mengklasifikasikan bentuk lahan berdasarkan klasifikasi morfologi menurut Van Zuidam, 1985.

Tabel 1. Satuan Geomorfik

BENTUK ASAL	LAHAN	SIMBOL	ASPEK GEOMORFOLOGI			Pemerian
			MORFO METRI	MORFO GRAFI	STRUKTUR PASIF	
Fluviall	Dataran Limbah Banjir	F1	0-2%	Datar	Material lepas	Merupakan 1% dalam peta, dengan bentuk dataran limbah banjir di sekitar dengan aliran sungai.
Denudasional	Dataran nyaris	D1	30-70%	Curam	Litologi batu Pasir	Merupakan 43% dalam peta, dengan bentuk lahan dataran nyaris.

Pola pengaliran daerah penelitian

sungai memiliki jaringan atau anak sungai yang nantinya membentuk pola tertentu berdasarkan kondisi geologi daerah sekitar. Hasil dari pengamatan serta interpretasi peta dan klasifikasi yang ada, pola pengaliran sungai yang terbentuk pada daerah penelitian merupakan pola aliran subdendritik. Pola aliran subdendritik

merupakan pola ubahan dari pola aliran dendritic yang dipengaruhi oleh topografi dan proses struktur yang masih kecil.

Startigrafi daerah penelitian

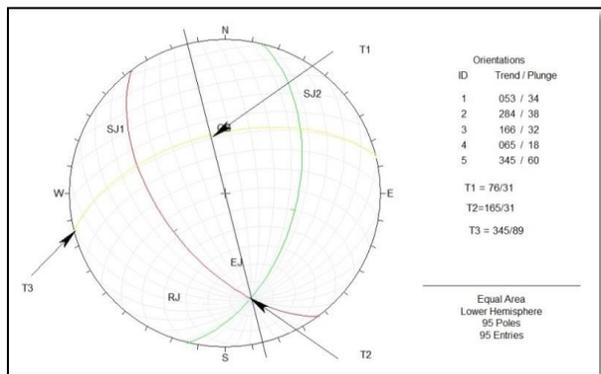
Setelah melakukan pemetaan didapatkan tiga satuan batuan yang ada di Daerah penelitian diurutkan dari muda ke tua yaitu:

1. Endapan alluvial
2. Satuan Batupasir Bangun Rejo
3. Satuan Batupasir Embalut.

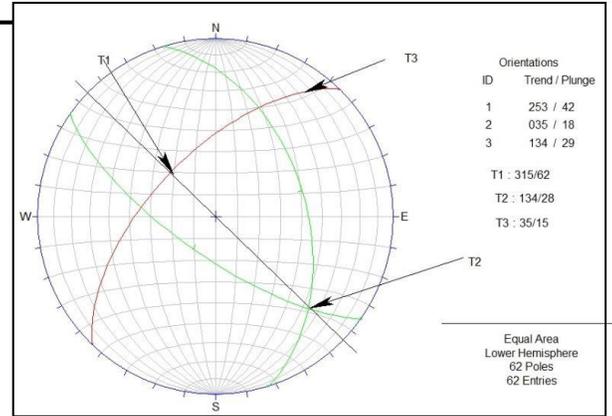
Struktur Geologi Daerah Penelitian

Kekar

Kekar yang terdapat pada daerah penelitian yaitu kekar gerus (shear joint). Pada 2 stasiun pengamatan yaitu pada lokasi pengamatan 3, lokasi pengamatan 30, Pada hasil analisis struktur menggunakan aplikasi dips didapatkan arah tegasan utamanya adalah Barat Laut ke Tenggara.



Gambar 1. Hasil Analisis Kekar LP 3



Gambar 1. Hasil Analisis Kekar LP 3

Parameter Bahaya banjir

Parameter pendukung dalam melakukan analisa bahaya banjir ini diantaranya: curah hujan, kemiringan lereng, tutupan lahan, litologi, jarak sungai dan elevasi. Kenam parameter berikut akan dihitung bobotnya menggunakan metode AHP.

a. Parameter Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu faktor penyebab banjir dikarenakan curah hujan yang sangat tinggi dapat menyebabkan volume air pada suatu daerah akan meningkat. Berikut data curah hujan daerah penelitian 10 tahun terakhir :

Tabel 2. Data Curah hujan 10 tahun terakhir

X	Y	kecamatan	Ch rata-rata mm/thn
513418.69	9961734.778	Bangun Rejo	2,525
501632.79	9959843.158	Loa Ulune	2,336
508181.29	9968202.785	Separi	2,510
506871.66	9958004.313	Tanjung Baru	2,539
509490.75	9964502.684	Embalut	2,284

Sumber : Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional (LAPAN)

Tabel 3. Nilai parameter curah hujan

Kelas	Keterangan	Nilai
>2500	Sangat Basah	5
2001 - 2500	Cukup Basah	4
1501 – 2000	Basah	3
1000 – 1500	Kering	2
< 1000	Sangat Kering	1

Sumber: modifikasi millary dan dede, 2018

b. Parameter Kemiringan lereng

Kemiringan lereng merupakan faktor penyebab banjir. Ketinggian dan kemiringan lereng sangat penting dalam stabilitas suatu daerah.

kemiringan Lereng yang memiliki klasifikasi tingkat pengaruh terhadap potensi rentan banjir mulai dari yang terendah hingga tertinggi.

Tabel 4. Persentase Parameter Kemiringan Lereng

Kemiringan (%)	Keterangan	Nilai	Luas (m ²)	Persentase (%)
0-7	Datar	5	11532400	6.84
7-15	Landai	4	6570450	44.04
15-35	Bergelombang	3	5085320	25.09
35-70	Curam	2	1203720	19.42
>70	Sangat Curam	1	1790860	4.59
		Jumlah	26182750	100

Sumber: modifikasi Ariyora, Budisusanto dan Prasasti, 2015.

c. Parameter Tutupan Lahan

Tutupan lahan menjadi faktor penyebab banjir. Tutupan lahan juga akan mempengaruhi keadaan banjir suatu daerah, tutupan lahan memiliki peran pada besarnya air limpasan yang berasal dari hujan. Berikut persentase dan nilai dari parameter tutupan lahan.

Tabel 5. Persentase Parameter Tutupan Lahan

No	Indikator penggunaan lahan	Nilai	Luas (m ²)	Persentase (%)
1	Tambang, Danau/ Kolong air, Sawah, sungai/rawa	5	1149740	44.2
2	Ladang, Perumahan	4	2658121	10.1
3	Perkebunan, semak/belukar	3	8674973	33.2
4	Hutan sekunder	1	3284469	12.5
		Jumlah	2611496	100%

Sumber: Modifikasi dari Arsyad, 2012

d. Parameter Litologi

Peran parameter litologi dalam analisis bahaya juga menjadi faktor yang berpengaruh. Pada lokasi penelitian terdapat 2 jenis litologi yaitu Aluvial dan batupasir. Dalam peta parameter ini dibagi menjadi 3

kelas untuk menentukan tingkat bahayanya dengan indeks nilai antara 1 – 3. Aluvial memiliki tingkat bahaya yang paling tinggi yaitu 3 karena alluvial sebagian besar memiliki kerawanana banjir yang tinggi karena sebagian terdapat sungai besar serta kemiringan lereng yang relatif rendah. Bentuklahan ini juga memiliki material tanah yang cukup halus sampai kasar sehingga kapasitas penyerapan air menjadi cukup beragam.

Tabel 5. Persentase parameter Litologi

No	Litologi	Nilai	Luas (m ²)	Persentase (%)
1	Batupasir	1	10915600	41.69139749
2	Aluvial	3	15266300	58.30860251
			26181900	100 %

Sumber : modifikasi pandega dan hastuti 2019

e. Parameter Jarak Sungai

Sementara itu, pemberian sekor pada parameter jarak sungai diperoleh dari hasil analisis *buffering*. Penentuan jarak berdasarkan pada kriteria lokasi dataran banjir yang umumnya sejauh 300 hingga 900 meter dari aliran sungai berikut nilai untuk jarak sungai.

Tabel 6. Persentase Parameter Jarak Sungai

Jarak sungai	Keterangan	skor
1. 0-50 m	Sangat dekat	5
2. 100-250 m	Dekat	4
3. 250-500 m	Sedang	3
4. >500 m	Sangat Jauh	1

Sumber: Primayuda, Aris. 2006

f. Parameter Elevasi

Parameter ketinggian memiliki peran besar terhadap penyebaran banjir di suatu wilayah dimana parameter ini memiliki pengaruh besar dalam mengontrol arah dari limpahan air dan kedalaman banjir. Daerah yang memiliki ketinggian yang tinggi memiliki potensi banjir sangat rendah dibandingkan daerah yang memiliki ketinggian yang rendah potensi banjirnya tinggi.

Tabel 7. Persentase Parameter Elevasi

No	Elevasi (m)	Keterangan	Sekor	Luas (m ²)	Persentase (%)
1	0-5 m	Sangat rendah	5	8333761	32.04
2	5-10 m	Rendah	4	9878137	37.98
3	10-25 m	Sedang	3	4273040	16.43
4	25-45 m	Tinggi	2	1201648	4.62
5	>45 m	Sangat Tinggi	1	2319802	8.92
				26006388	100 %

Sumber : modifikasi Millary, 2018

Pembobotan Parameter Berdasarkan Metode AHP

Untuk menentukan nilai bobot pada parameter dapat dilakukan penetapan dari nilai semua parameter yang dikemukakan oleh Saaty pada tahun 1990. Kemudian dibuat perbandingan dari setiap parameter yang memiliki nilai intensitas kepentingan yang berbeda, Selanjutnya dilakukan langkah normalisasi, Setelah itu dari semua elemen nilai kolom dijumlahkan dan dibagi dari setiap totalnya. Dari langkah yang telah dilakukan kemudian menghasilkan nilai bobot dari keseluruhan parameter yang dimana dengan merata ratakan setiap baris dari elemen normalisasi. Dari permasalahan yang ada untuk menentukan daerah rawan banjir pengambilan keputusan tingkat kriteria parameter banjir didapatkan dari jurnal “Pemetaan Wilayah Rawan Banjir Menggunakan Metode Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) di Sub DAS Minraleng, Kabupaten Maros” (Fadhil dan Oktaviani 2019).

Tabel.8 Tingkat kepentingan Keriteria-Kriteria banjir

Parameter	Keterangan
Curah Hujan	Lebih berpengaruh dari kriteria-kriteria lain
Kemiringan Lereng	lebih penting dari Penggunaan lahan dan jenis tanah
Tutupan Lahan	Sama penting dengan jenis tanah
Litologi	Berpengaruh terhadap banjir
Jarak sungai	Lebih berpengaruh dari pada tutupan lahan
Elevasi	Lebih berpengaruh dari pada Tutupan lahan dan litologi

Dalam menggantikan asumsi, penilaian kriteria ditentukan melalui perbandingan berpasangan. Skala yang digunakan adalah skala 1 sampai 9. berikut matriks perbandingan berpasangan tiap kriteria banjir :

Tabel 9. Matrix Perbandingan Dan Bobot

Curah hujan	Kemiringan lereng	Jarak sungai	Tutupan lahan	Elevasi	Litologi	Σ	Bobot	W_i
0.45	0.37	0.6	0.29	0.39	0.28	2.40	0.40	4
0.15	0.12	0.06	0.12	0.23	0.17	0.87	0.15	1.5
0.15	0.37	0.2	0.29	0.23	0.28	1.54	0.25	2.5
0.06	0.04	0.02	0.04	0.02	0.01	0.21	0.04	0.4
0.09	0.04	0.06	0.12	0.07	0.17	0.57	0.10	1
0.09	0.04	0.04	0.12	0.02	0.05	0.38	0.06	0.6

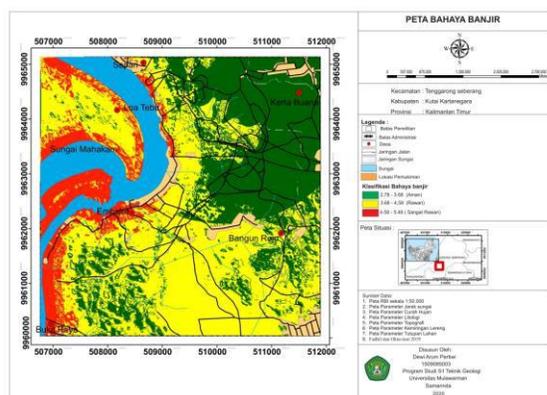
Analisis Tingkat Kerawanan Banjir

Penentuan daerah bahaya banjir memerlukan nilai bobot dari masing – masing parameter. Dalam tahap pengerjaanya menggunakan metode AHP Setelah pembobotan pada setiap parameter maka dilakukan penggabungan parameter tersebut menggunakan kalkulator raster, *overlay* dilakukan untuk seluruh peta parameter kemudian diklasifikasikan menjadi klas aman, rawan, sangat rawan dengan menggunakan persamaan intval

yaitu rang tertinggi di kurangi range terendah di bagi jumlah kelas .

Tabel 10. Persentase Luas Wilayah Rawan Banjir

No	Klasifikasi	Luas (m ²)	Persentase (%)
1	Aman	7232692	27.69
2	Rawan	12949800	49.58
3	Sangat Rawan	5931636	22.71
	Jumlah	26114128	100%



Gambar 3. Peta Bahaya Banjir

KESIMPULAN

1. Pengaruh geologi terhadap daerah rawan banjir pada lokasi penelitian di pengaruhi oleh 2 faktor keadaan geomorfologi dan litologi.
3. Didapatkan daerah bahaya banjir dengan klasifikasi

- Aman memiliki luas 7232692 m² menempati 27.69 % pada peta,
- Rawan memiliki luas 12949800 m² menempati 49.58% pada peta,

- Sangat rawan memiliki luas 5931636 m² menempati 22.71% pada peta,

DAFTAR PUSTAKA

- Moss, S.J., dan Chambers, J. (1999a): *Tertiary facies architecture in the Kutai Basin, Kalimantan Indonesia. Journal of Asian Earth Sciences*, 17, 157-187.
- Fadhil Muhammad Faris, dan Oktaviani Nahra Syafira. 2019 Pemetaan Wilayah Rawan Banjir Menggunakan Metode Spatial *Multi-Criteria Evaluation* (SMCE) di Sub DAS Minraleng, Kabupaten Maros. Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-6.
- Pandega A.K dan Hastuti .E.W.D. 2019. Analisis Potensi Banjir Berdasarkan Metode AHP Daerah Sumber Jaya Dan Sekitarnya, Kabupaten Oku Selatan, Perovinsi Sumatra Utara. Dalam: Seminar Nasional AVoER XI 2019 Palembang,
- Budi Yanto, Eko, 2005. *Sistem Informasi Geografis Menggunakan ARC VIEW GIS*. Yogyakarta: Andi.
- Arsyad, S. 2012. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press. Edisi Kedua
- Widiawaty & Dede Moh. 2018. Pemodelan Sepasial Bahaya Dan Kerentanan Bencana Banjir Di Wilayah Timur Kabupaten Cirbon. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana* Vol. 9, No. 2 Tahun 2018 Hal. 142-153
- Saaty, T. L. (2001). *The Analytic Network Process: Decision Making with Dependence and Feedback*. Pittsburg: RWS Publications.
- M A Syam et al 2019 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **279** 012002

