

Pemanfaatan Citra Landsat 8 Dan Data Dem untuk Mengetahui Tingkat Kerentanan Dan Mitigasi Banjir Rob Di Daerah Pekalongan, Jawa Tengah

Reza Krisnandi¹, Makruf Nur Hanafi¹, Veggy Virenli Ramli¹,
Ignatius Adi Prabowo^{1*}

¹ Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
korespondensi : adi.prabowo@itny.ac.id

ABSTRAK

Wilayah pesisir utara Pekalongan merupakan wilayah yang sering terkenadampak dari banjir pasang surut atau lebih dikenal dengan istilah banjir rob. Secara geomorfologi wilayah Pekalongan berada di daerah pesisir utara Pulau Jawa yang mana memiliki bentuklahan berupa dataran aluvial dan dataran banjir. Penelitian ini bertujuan untuk membuat zonasi sebaran banjir rob berdasarkan nilai pembobotan dari parameter dipesisir utara Pekalongan, dan memberikan arahan mitigasi dari banjir rob. Proses pengolahan peta didukung dengan menggunakan Citra Landsat 8 dan Data DEM. Metode penelitian yang digunakan berupa metode skoring, pembobotan dan overlay. Hasil penelitian berupa peta kerentanan banjir, kerentanan tinggi terletak pada kecamatan Pekalongan Utara dengan beda tinggi <5m (rendah) dan kemiringan lereng 2-7%(landai), kerentanan terletak pada kecamatan Siwalan dengan beda tinggi 5-50 m (sedang), dan kemiringan lereng 2-7% (landai), sedangkan pada kerentanan rendah terletak pada kecamatan Tirto dengan beda tinggi >50 m (tinggi), dan kemiringan lereng 8-13% (miring). Tahap mitigasi banjir rob terdiri dari 2 yaitu: mitigasi struktural dan mitigasi non struktural

Kata Kunci : Citra Landsat 8 & DEM, Kerentanan, Mitigasi, Pekalongan, Zonasi.

ABSTRACT

The northern coastal area of Pekalongan is an area that is often affected by tidal flooding or better known as tidal flooding. Geomorphologically, the Pekalongan region is located on the north coast of Java Island which has an alluvial plain and a flood plain. This study aims to zoning the distribution of tidal flooding based on the weighted value of the parameters on the north coast of Pekalongan, and to provide directions for tidal flood mitigation. The map processing process is supported by Landsat 8 imagery and DEM data. The research method used is in the form of scoring, weighting and overlay methods. The results of the study are flood vulnerability, high vulnerability is located in North Pekalongan Regency with a difference in height <5m (low) and a slope of 2-7% (ramps), vulnerability is located in Siwalan Regency with a difference in height of 5-50 m (moderate), and slopes. a slope of 2-7% (sloping), while low vulnerability is located in Tirto District with a difference of > 50 m (height), and 8-13% (slope). The tidal flood mitigation stage consists of 2 stages, namely structural mitigation and non-structural mitigation

Keywords: Landsat 8 & DEM, vulnerability, mitigation, Pekalongan, zoning.

PENDAHULUAN

Banjir rob disebut juga banjir genangan yang sering terjadi melanda wilayah yang topografinya lebih rendah dari pada permukaan air laut seperti di sepanjang pantai utara pulau jawa, karna disebabkan oleh meluapnya air laut ke daratan maka air yang menggenangi akibat banjir rob biasanya mempunyai warna yang cenderung lebih jernih dari pada air yang terjadi pada banjir biasanya. (Putra, D. R., & Marfai, M. A., 2012).

Wilayah Pekalongan terletak di pesisir utara pulau Jawa, yang secara garis besar memiliki dua satuan, yakni dataran tinggi pada bagian selatan dan dataran rendah di bagian utara. Pekalongan bagian utara merupakan dataran rendah yang berada di pesisir pantai utara Pulau Jawa. Pesisir utara Pekalongan sering kali mengalami penurunan muka tanah yang cukup tinggi. dengan geomorfologi dataran, yang mana memiliki bentuklahan berupa dataran aluvial pantai dan dataran banjir. Secara administrasi wilayah pesisir utara Pekalongan terdiri atas 4 Kecamatan, yaitu Kecamatan Siwalan, Wonokerto, Tirto, dan Pekalongan Utara. Secara geografis, wilayah Pekalongan terletak antara 60° 50' 42" - 60° 55' 44" Lintang Selatan dan 109° 37' 55" - 109° 42' 19" Bujur Timur dengan luas wilayah Pekalongan adalah 4.525 Ha atau 45,25 km².

Pada pemetaan kerentanan banjir ini memanfaatkan metode penginderaan jauh. Penginderaan jauh (*remote sensing*), yaitu ilmu untuk mendapatkan informasi mengenai permukaan bumi seperti lahan dan air dari citra yang diperoleh dari jarak jauh (Campbell, 1987). Menurut Lindgren (1985) Penginderaan Jauh yaitu berbagai teknik yang dikembangkan untuk perolehan dan analisis informasi tentang bumi. Subjek penelitian ini yaitu penggunaan

penginderaan jauh untuk mengetahui potensi bencana banjir di daerah pesisir utara Pekalongan. Oleh karena itu perlu adanya pemetaan daerah rentan banjir. Pemetaan daerah rawan banjir merupakan tahapan awal sebelum melakukan perencanaan kontrol terhadap banjir (Sinha *et al.*, 2008).

Tujuan

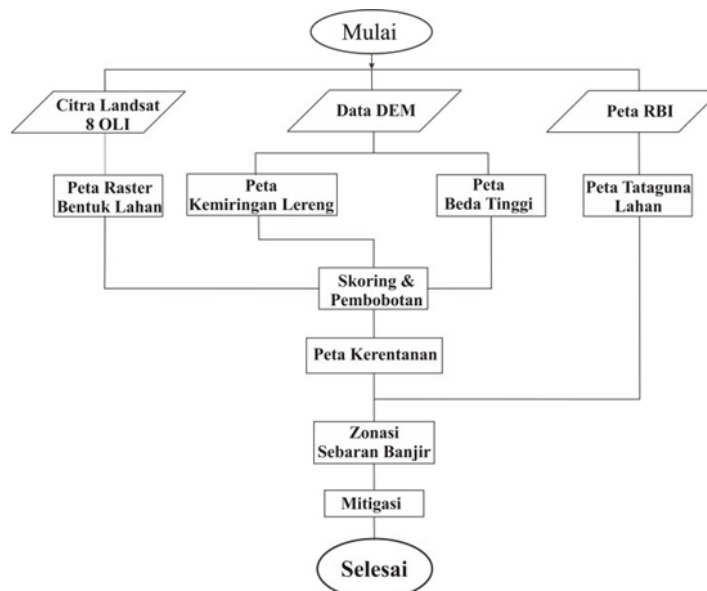
Membuat zonasi sebaran banjir rob berdasarkan nilai pembobotan dari parameter di daerah pesisir utara Pekalongan dan Memberikan arahan mitigasi baik secara struktural maupun non-struktural dari sebaran wilayah terdampak banjir rob berdasarkan citra penginderaan jauh dipesisir utara Pekalongan

Manfaat

Mengetahui Wilayah mana saja di pesisir utara Pekalongan yang rawan terhadap banjir rob dan membantu pelaksanaan penanganan banjir rob dengan cara melakukan tahapan mitigasi banjir rob, baik secara struktural maupun secara non struktural

METODE

Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif dan berupa data Citra Landsat &, data DEM, Peta RBI kemudian dilakukan proses skoring dan pembobotan untuk menghasilkan peta kerentanan. Kemudian hasil dari peta kerentanan di *overlay* peta tataguna lahan untuk menjadi peta zonasi sebaran banjir terakhir peta sebaran banjir digunakan sebagai acuan mitigasi banjir rob



Gambar 1. Diagram tahapan penelitian.

Metode skoring dan pembobotan menggunakan hasil dari pengolahan peta Citra Landsat 8 dan Data DEM dibagi menjadi 3 peta parameter meliputi kemiringan lereng, Beda Tinggi, dan geomorfologi. Ketiga parameter tersebut dilakukan proses skoring untuk menentukan skor masing-masing sub parameter kemudian diberikan pembobotan untuk menghasilkan peta kerentanan (Tabel 1).

Tabel 1. Skoring Parameter Banjir Rob (Modifikasi Andrade dan Szlafsztein, 2015)

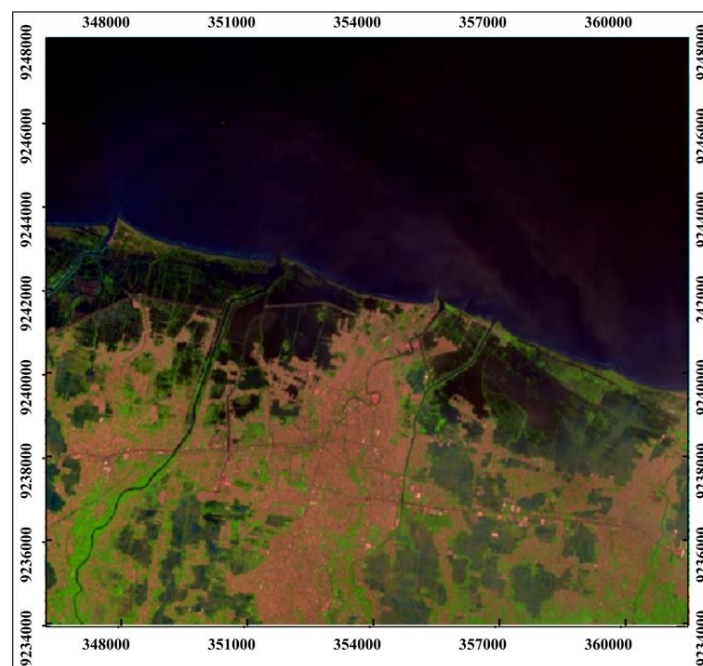
| No | Parameter | Interval/klasifikasi | Skor | Pembobotan |
|----|-------------------|----------------------|------|------------|
| 1 | Beda Tinggi | < 5 m | 3 | 30 % |
| | | 5 - 50 m | 2 | |
| | | > 50 m | 1 | |
| 2 | Kemiringan Lereng | 0 - 2 % | 3 | 30 % |
| | | 3 - 7 % | 2 | |
| | | 8 - 13 % | 1 | |

| | | | | |
|---|--------------|------------------------|---|------|
| 3 | Bentuk Lahan | Dataran Aluvial Pantai | 3 | 40 % |
| | | Dataran Banjir | 3 | |
| | | Dataran Aluvial | 2 | |
| | | Kipas Aluvial | 1 | |

Bahan Pengolahan Data

Citra Landsat 8 OLI (*Operational Land Imager*)

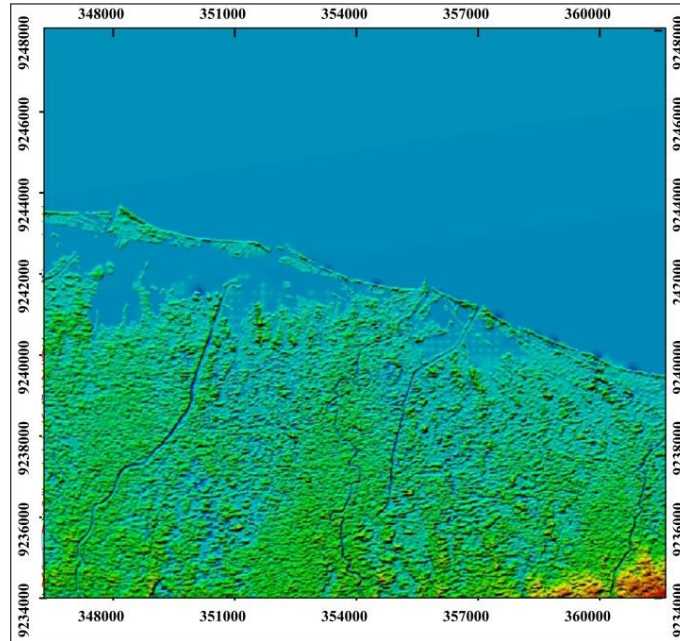
Interpretasi visual citra dilakukan dengan cara pengenalan ciri objek secara spasial menggunakan citra landsat 8 dengan kombinasi band 754. Karakteristik obyek dapat dikenali berdasarkan unsur-unsur interpretasi seperti warna, bentuk, ukuran, pola, tekstur, bayangan, letak dan asosiasi kenampakan obyek (Sampurno, R. M., & Thoriq, A, 2016). Kombinasi ini memberikan banyak informasi secara khusus tentang klasifikasi tutupan lahan yang kemudian diinterpretasikan kedalam aspek geomorfologinya. Kenampakan jenis tutupan lahan pada citra ditampilkan dengan warna yang berbeda-beda. Misalnya badan air diwakili dengan warna biru, warna hijau berubah menjadi warna hitam yang merupakan air dalam kondisi jernih, warna biru air kehitaman dapat dilihat adanya kontaminasi endapan- endapan adanya perubahan dari penutup lahan yang di tafsirkan bahwa vegetasi menjadi non vegetasi yaitu seperti luapan dari sungai dan laut, dan untuk lahan terbangun dan lahan terbuka diwakili dengan warna merah kecoklatan, kondisi tersebut sesuai dengan fakta kondisi di daerah pesisir utara Pekalongan.



Gambar 1. Citra Komposit 754

Data DEM SRTM

Data DEM SRTM merupakan salah satu model untuk menggambarkan bentuk pada permukaan bumi secara digital. Dilihat dari beberapa titik yang mewakili bentuk permukaan bumi dapat dibedakan dari bentuk acak, semi teratur dan teratur dilihat dari teknik pengumpulan datanya dapat dibedakan dalam pengukuran secara langsung pada objek (Gambar 2). Penelitian ini data DEM berguna untuk proses membuat peta kemiringan lereng dan membuat peta beda tinggi selanjutnya akan digabungkan dengan peta bentuk lahan yang merupakan hasil dari proses interpretasi secara manual menggunakan citra landsat 8 OLI (*Operational Land Imager*) untuk menghasilkan peta raster bentuk lahan, kemudian dilakukan proses skoring dan pembobotan pada setiap parameter.



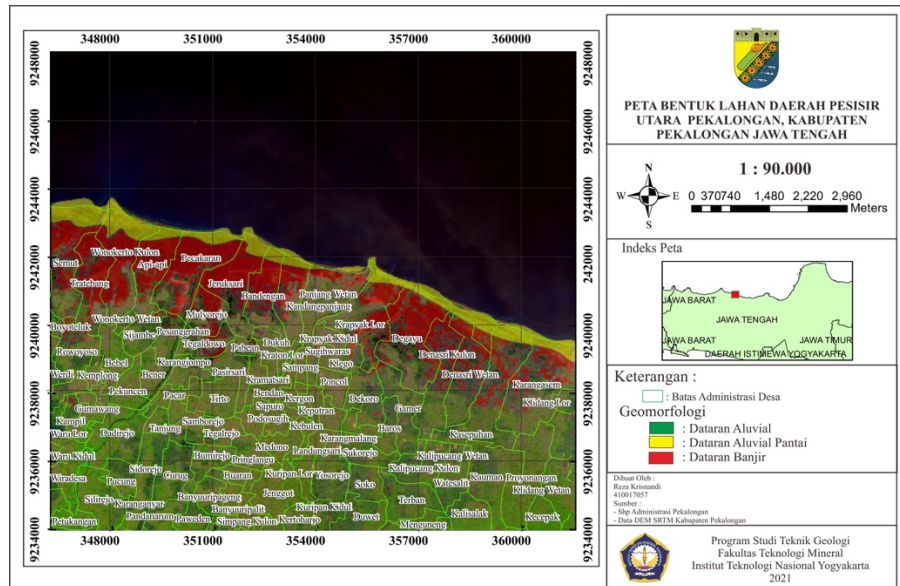
Gambar 2. Peta DEM SRTM

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengolahan didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Peta Bentuklahan

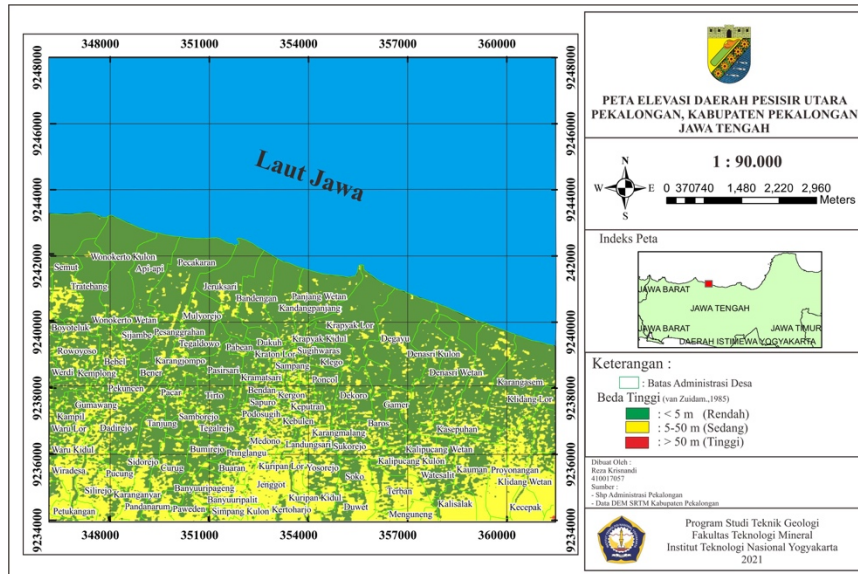
Peta bentuklahan didapatkan dari hasil interpretasi secara manual dengan menggunakan data citra landsat 8 OLI (*Operational Land Imager*). Berdasarkan hasil pengolahan didapatkan wilayah penelitian memiliki 3 bentuklahan, yaitu dataran aluvial pantai, dataran aluvial, dataran banjir (Gambar 3).



Gambar 3. Peta Bentuklahan Daerah Pesisir Utara Pekalongan

2. Peta Beda Tinggi

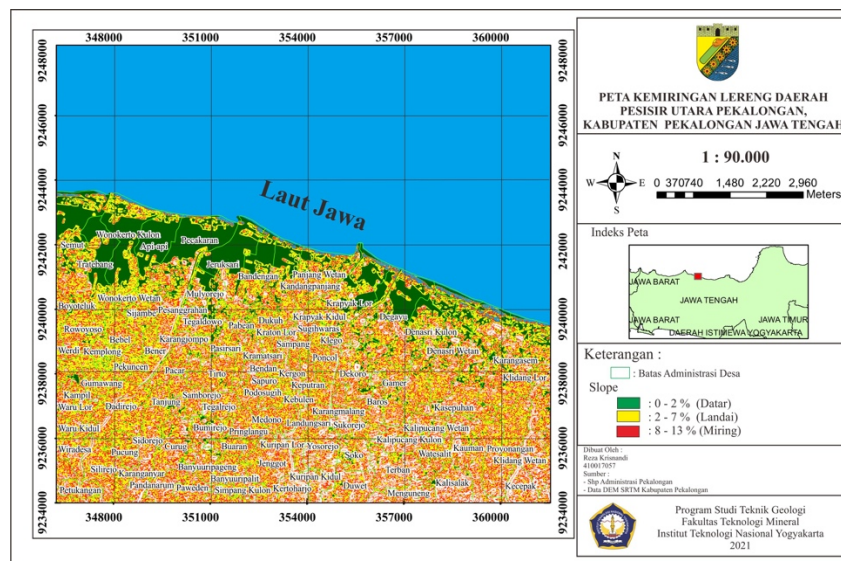
Peta Beda Tinggi didapatkan dari pengolahan Data DEM . Kemudiandilakukan pengklasifikasian dimana beda tinggi pada wilayah ini dibagi menjadi 3kelas, yaitu daerah dengan beda tinggi < 5 m (rendah), beda tinggi 5 - 50 m (sedang), dan beda tinggi > 50 m (tinggi). Berdasarkan data pada lokasi penelitian menunjukkan beda tinggi< 5 m (Gambar 4), menurut van Zuidam (1985). daerah dengan kondisi beda tinggi < 50 m merupakan wilayah dataran rendah



Gambar 4. Peta Beda Tinggi Daerah Pesisir Utara Pekalongan

3. Peta Kemiringan Lereng

Peta Kemiringan Lereng Wilayah Kota Pekalongan memiliki persentase kemiringan lereng 0-13 %. Pada penelitian ini wilayah Kota Pekalongan dibagi menjadi 3 kelas kemiringan lereng, kemiringan lereng 0-2 % (datar), kemiringan lereng 2-7 % (landai), dan kemiringan lereng 8-13 % (miring) (Gambar 5).



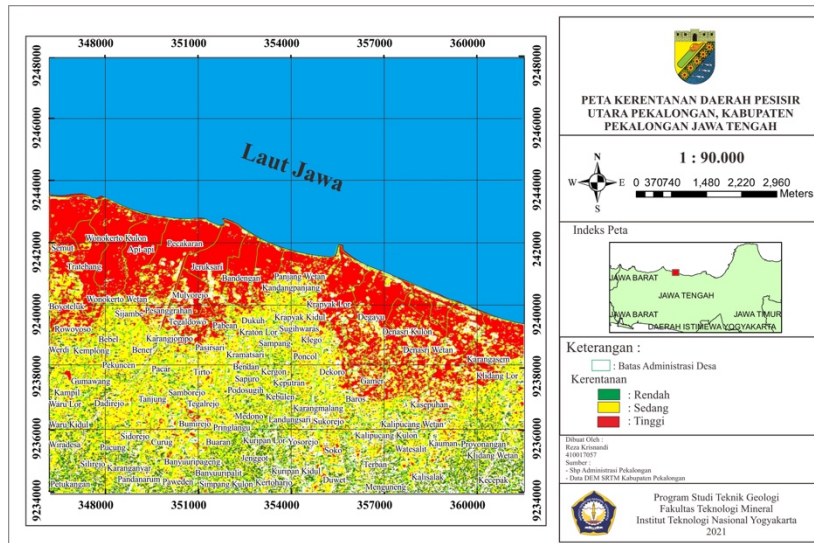
Gambar 5. Peta Kemiringan Lereng Daerah Pesisir Utara Pekalongan

Berdasarkan analisis sebagian besar wilayah pesisir Pekalongan memiliki persentase kemiringan lereng 2-7 % (landai). Daerah dengan kondisi lereng datar sampai landai merupakan daerah dataran banjir (van Zuidam.,1985). Kondisi tersebut sesuai dengan kondisi di lapangan, bahwa wilayah pesisir Pekalongan memiliki intensitas tinggi terkena banjir.

4. Peta Kerentanan

Hasil *overlay* dari semua parameter, didapatkan peta kerentanan banjir rob,dari peta di atas daerah dengan warna hijau merupakan daerah yang memiliki kerentanan banjir rob yang rendah, sedangkan daerah dengan warna kuning memiliki kerentanan banjir rob yang sedang, dan daerah dengan warna merah memiliki kerentanan banjir rob

yang tinggi.

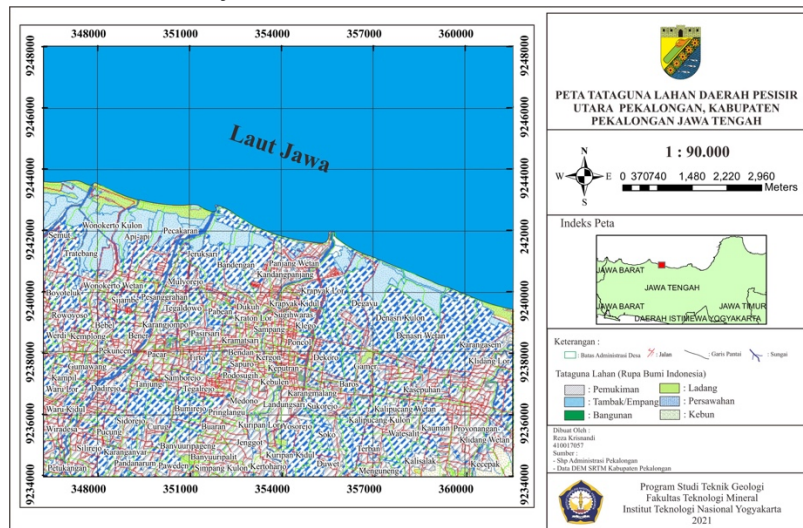


Gambar 6. Peta Kerentanan Banjir Rob Daerah Pesisir Utara Pekalongan

Berdasarkan hasil peta kerentanan yang dibuat wilayah dengan tingkat kerentanan paling tinggi berada di wilayah utara penelitian, dimana pada wilayah ini merupakan wilayah yang dekat dengan pesisir pantai, serta memiliki beda tinggi yang rendah dengan geomorfologi berupa dataran banjir dan dataran aluvial pantai. Wilayah dengan tingkat kerentanan rendah berada di wilayah selatan daerah penelitian, dimana di wilayah ini memiliki beda tinggi yang lebih tinggi berupa Dataran aluvial. Persebaran kerentanan banjir di wilayah pesisir Pekalongan banyak dipengaruhi oleh geomorfologi, beda tinggi dan kemiringan lereng.

5. Peta Zonasi Sebaran Banjir Rob

Peta tataguna lahan didapatkan dari pengolahan Peta RBI Kota Pekalongan. Penggunaan lahan pada wilayah ini paling besar digunakan sebagai pemukiman penduduk dan persawahan, selain itu penggunaan lahan pada wilayah ini dimanfaatkan untuk tambak ikan/empang, Tegalan/ladang, dan perkebunan. Beberapa lahan merupakan lahan kosong yang ditumbuhi semak belukar (Gambar 7). Peta Tataguna lahan kemudian di transparansikan dengan peta zonasi sebaran banjir guna untuk mengetahui penggunaan lahan yang terdampak banjir yang mana lahan pertanian memiliki resiko tinggi terdampak banjir karena terletak pada daerah dengan beda tinggi yang rendah, dan masuk kedalam bentuk lahan dataran banjir

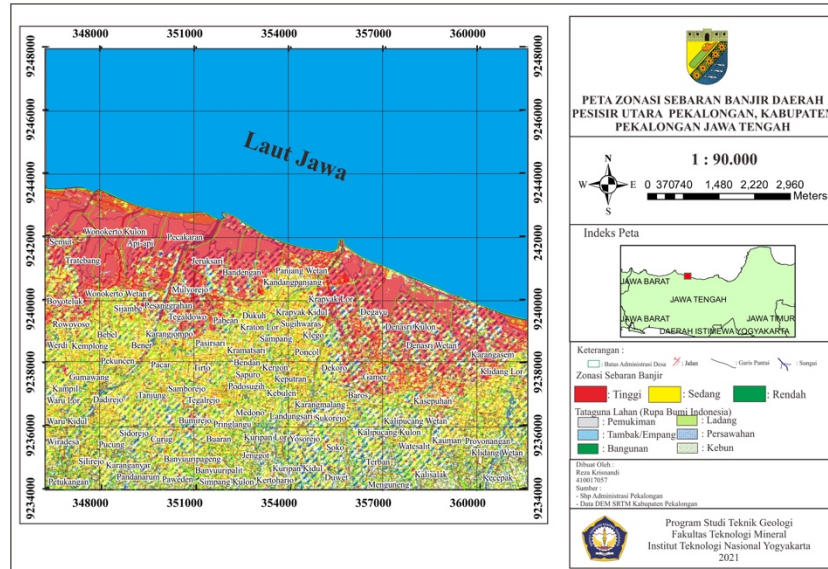


Gambar 7. Peta Tataguna Lahan Daerah Pesisir Utara Pekalongan

Pemukiman memiliki resiko terdampak banjir genangan, akibat drainase yang kurang baik, dan penurunan permukaan tanah akibat banyaknya bangunan penduduk. Sedangkan lahan empang/tambak yang terletak didekat

pantai rawan terjadi banjir rob akibat kenaikan permukaan air laut.

Secara keseluruhan, terlihat bahwa wilayah pesisir utara Pekalongan memiliki resiko banjir yang cukup tinggi (Gambar 8). hal ini karena daerah Kota Pekalongan memiliki litologi berupa endapan aluvial yang mana memiliki usia pembentukan yang masih muda, dan belum terkonsolidasi atau masih berupa endapan. Dimana dari karakteristik tersebut, endapan aluvial merupakan wilayah yang mudah tergenang oleh banjir. Sifat endapan yang belum terkonsolidasi.



Gambar 8. Peta Zonasi Sebaran Banjir Rob Daerah Pesisir Utara Pekalongan

Secara Geomorfologi daerah penelitian merupakan daerah yang memiliki morfologi berupa dataran rendah dengan morfologi pantai yang memiliki kemiringan rendah, sehingga rentan terjadi banjir akibat kenaikan permukaan air laut. Secara tektonik wilayah bagian utara pulau Jawa dan laut Jawa merupakan zona rendahan (*basin*), secara regional sistem subduksi yang ada di selatan pulau Jawa membentuk suatu sistem dimana wilayah utara Jawa masuk kedalam zona *back arc basin*. Dimana zona tersebut merupakan zona rendahan sehingga pada daerah wilayah utara pulau Jawa termasuk daerah penelitian memiliki resiko yang tinggi terjadi banjir.

Hampir seluruh penggunaan lahan yang ada di daerah penelitian terdampak banjir. Penggunaan lahan di wilayah pesisir Pekalongan yang beresiko tinggi terdampak banjir yaitu lahan pertanian, pemukiman, dan empang/tambak. Lahan pertanian memiliki resiko tinggi terdampak banjir karena terletak pada daerah dengan beda tinggi < 5 (rendah), kemiringan lereng 2-7% (landai) dan masuk kedalam bentuklahan dataran banjir. Pemukiman memiliki resiko terdampak banjir genangan, akibat drainase yang kurang baik, dan penurunan permukaan tanah akibat banyaknya bangunan penduduk. Sedangkan lahan empang/tambak yang terletak didekat pantai rawan terjadi banjir rob akibat kenaikan permukaan air laut.

Tabel 2. Daerah Sebaran Banjir rob di pesisir utara Pekalongan

| No | Kecamatan | Zonasi Sebaran Banjir Rob | Penggunaan Lahan |
|----|------------------|---------------------------|---|
| 1. | Pekalongan Utara | Tinggi, Sedang, Rendah | Tambak/Empang, Persawahan, Pemukiman, Kebun. |
| 2. | Tirto | Tinggi, Sedang, Rendah | Ladang, Tambak/Empang, Persawahan, Pemukiman, |
| 3. | Wonokerto | Tinggi, Sedang | Ladang, Tambak/Empang, Persawahan, Pemukiman |
| 4. | Siwalan | Tinggi, Sedang | Persawahan, Pemukiman |
| 5. | Wiradesa | Sedang | Persawahan, Pemukiman |
| 6. | Pekalongan Barat | Sedang | Persawahan, Pemukiman, Kebun |

| | | | |
|-----|--------------------|----------------|---|
| 7 | Pekalongan Timur | Tinggi, Sedang | Persawahan, Pemukiman, Ladang, Bangunan |
| 8 | Pekalongan Selatan | Sedang, Rendah | Persawahan, Pemukiman |
| 9. | Buaran | Sedang, Rendah | Persawahan, Pemukiman, Kebun |
| 10. | Warungasem | Sedang, Rendah | Persawahan, Pemukiman, Kebun |

Tahap Mitigasi Banjir Rob

Dalam upaya meminimalisir resiko kerentanan banjir rob yang terjadi pada daerah penelitian, maka perlu dilakukannya tahapan mitigasi banjir rob, baik secara mitigasi struktural maupun mitigasi non-struktural :

1. Mitigasi Struktural

- a) Membangun tanggul dan pintu air
Pembangunan tanggul sangatlah efektif untuk mengantisipasi air pasang dan menjadi penahan banjir rob ketika air laut pasang, dan perlunya meninggikan tanggul sementara yang telah dibangun oleh Pemerintah agar ketika air yang bertambah tinggi dapat ditahan oleh adanya tanggul yang berada pada sekitaran bantaran sungai, sedangkan pintu air dirancang untuk dapat mengurangi dampak banjir rob dengan cara membuka dan menutup sesuai dengan ketinggian air, pintu air dapat diletakan pada setiap sistem drainase untuk mengontrol keadaan air.
- b) Normalisasi sungai dan pembuatan sistem drainase
Normalisasi sungai berguna untuk mencegah terjadinya pendangkalan saluran sungai utamanya terdapat pada setiap sungai besar, yang disebabkan oleh penumpukan endapan sampah dan penumpukan endapan sedimen pada sungai untuk dikembalikan sesuai dengan fungsinya dan pembuatan sistem drainase memiliki fungsi untuk mencegah terjadinya genangan banjir dan dapat mengalirkan genangan air menuju ke hilir.
- c) Membangun rumah pompa
Pembangunan rumah pompa memiliki fungsi sebagai alat pengendali banjir rob dan sistem drainase, untuk memperlancar aliran air dan mempercepat penyusutan tinggi genangan rob agar daerah yang terdampak genangan cepatsurut, pembangunan rumah pompa dapat dibangun pada wilayah yang rawan banjir.
- d) Pengembangan kawasan hutan bakau
Keberadaan kawasan hutan bakau yang berguna untuk menjadi pemecah ombak alami dan dapat dikembangkan di kawasan banjir rob ekosistem ini mampu menyerap air dalam jumlah besar serta akar dari hutan bakau sendiri berguna untuk menahan gelombang air laut sehingga dapat mencegah terjadinya banjir rob.

2. Mitigasi Non-struktural

- a) Membentuk komunitas masyarakat yang siaga bencana banjir rob
Pembentukan komunitas masyarakat tanggap bencana yang berfungsi untuk merencanakan mitigasi dan adaptasi mengenai hal-hal yang harus dilakukan dalam upaya penanganan banjir rob.
- b) Perlu adanya peta bahaya kenaikan air laut dan peta zonasi sebaran banjir
Dengan adanya peta bahaya kenaikan air laut sehingga dapat memberikan informasi kepada masyarakat sekitar mengenai resiko dan bahaya kenaikan air laut, dan peta zonasi sebaran banjir rob berguna untuk memberikan informasi wilayah mana saja yang rawan akan banjir rob, serta dapat membantu Pemerintah kota dalam menanggulangi dampak dari banjir rob.

KESIMPULAN

Dari hasil dan analisis yang telah dilakukan dipesisir utara Pekalongan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Zonasi sebaran banjir rob dibagi menjadi 3 kerentanan yaitu dengan kerentanan tinggi, kerentanan sedang, dan kerentanan rendah.
 - ❖ Zonasi sebaran banjir rob dengan kerentanan tinggi ditemukan pada penggunaan lahan area ladang, tambak/empang, persawahan dan pemukiman yang berada pada pesisir pantai. Berdasarkan data pada lokasi penelitian menunjukkan beda tinggi < 5 m (rendah) pada dataran rendah umumnya merupakan daerah rawan banjir tahunan, dan memiliki persentasi kemiringan lereng 2 – 7 % (landai). Daerah dengan kondisi lereng datar sampai landai merupakan daerah dataran banjir. Kondisi tersebut sesuai dengan kondisi dilapangan, bahwa wilayah pesisir utara pekalongan memiliki intensitas tinggi terkena banjir.

- ❖ Zonasi sebaran banjir rob dengan kerentanan sedang ditemukan pada penggunaan lahan pemukiman, persawahan, bangunan dan kebun, berdasarkan data pada lokasi penelitian dengan kerentanan sedang ditunjukkan pada beda tinggi 5 – 50 m (sedang) dan pada kemiringan lereng 2 – 7 % (landai) yang terletak pada tengah lokasi penelitian.
 - ❖ Zonasi sebaran banjir rob dengan kerentanan rendah terletak pada bagian selatan wilayah penelitian dan ditemukan pada penggunaan lahan pemukiman, persawahan, bangunan dan kebun. Berdasarkan data pada lokasi penelitian ditunjukkan pada beda tinggi > 50 (tinggi) dan kemiringan lereng 8 – 13 % yang berarti pada lokasi ini tidak terkena banjir rob.
2. Mitigasi banjir rob berguna untuk meminimalisir resiko kerentanan banjir baik secara mitigasi struktural, maupun non-struktural
- ❖ Mitigasi Struktural pada kerentanan tinggi seperti menanam hutan bakau di wilayah pesisir, membuat tanggul dan meninggikan tanggul sementara, dan pembangunan rumah pompa, mitigasi non struktural perlu adanya peta bahaya kenakan muka air laut dan peta zonasi sebaran banjir rob.
 - ❖ Mitigasi Struktural pada kerentanan sedang maka perlu adanya pembuatan drainase, dan mitigasi non struktural menyosialisasikan kesiagaan tanggap bencana banjir rob.
 - ❖ Mitigasi Struktural pada kerentanan rendah maka diperlukan normalisasi sungai dan mitigasi non struktural membentuk masyarakat tanggap banjir rob.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Ditjen Dikti Kemendikbut-ristek atas insentif Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) skema Artikel Ilmiah, dan saya mengucapkan Terimakasih kepada Program Studi Teknik Geologi Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, yang telah membimbing dalam penelitian ini, bapak Ignatius Adi Prabowo, S.T., M.Si. selaku dosen pendamping yang memberikan masukan serta saran dalam penulisan laporan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bakosurtanal, 2020. Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional.
- [2] Campbell, J. 1987. *Introduction To Remote Sensing*. Third Edition. New. York, The Guilford Press.
- [3] de Andrade, M.N. dan Szlafsztein, C.F. 2015. Community participation in flood mapping in the Amazon through interdisciplinary methods. *Journal of Natural Hazards*, 78(3), pp. 1491-1500.
- [4] Lindgren, D. 1984. *Land use planning and remote sensing*. Volume 2.
- [5] Putra, D.R. dan Mafai, M.A. 2012. Identifikasi Dampak Banjir Genangan (Rob) Terhadap Lingkungan Permukiman Di Kecamatan Pademangan Jakarta Utara.. *Jurnal Bumi Indonesia*, Issue 1.
- [6] Sampurno, R.M. dan Thoriq, A. 2016. Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra landsat 8 operational land imager (OLI) di Kabupaten Sumedang (land cover classification using landsat 8 operational land imager (OLI) data in Sumedang Regency). *Jurnal Teknotan*, 10(2).
- [7] Sinha, R. Bapalu, G.V., Singh, L.K. dan Rath, B. 2008. Flood risk analysis in the Kosi river basin, north Bihar using multi-parametric approach of analytical hierarchy process (AHP). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 36(4), pp. 335-349.
- [8] Van Zuidam, R.A. 1983. *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. International Institute for aerospace survey and earth sciences-ITC. Smits Publishers. The Hague. The Netherlan.