

Kajian Karakteristik Banjir berdasarkan Peristiwa Bencana Terdahulu di Kota Keelung, Taiwan

*Study of Flood Characteristics Based on Historical Disaster Events
in Keelung City, Taiwan*

Nanda Khoirunisa^{1,2*}

¹Prodi Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119 Indonesia

²Institute of Earth Sciences, Collage of Ocean Science and Resource,
National Taiwan Ocean University, Taiwan, 20224
email: nandakhoirunisa@fmipa.unmul.ac.id

(Diterima/Received: 23 Januari 2024; Disetujui/Accepted: 13 Juni 2024)

ABSTRAK

Banjir merupakan salah satu bencana besar yang disebabkan oleh alam dan kegiatan manusia, yang sebagian besar disebabkan oleh perubahan kondisi alam. Frekuensi banjir dibandingkan dengan bencana lainnya meningkat pesat dan menimbulkan ancaman serius terhadap nyawa manusia dan kerugian harta benda. Mitigasi bencana banjir menjadi perhatian global terutama akibat urbanisasi dan perubahan iklim. Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik banjir menggunakan sistem informasi geografis (SIG) yang terintegrasi dengan data historis banjir tahun 2012 hingga 2018 di Kota Keelung, Taiwan. SIG digunakan untuk menghasilkan peta tematik faktor bahaya dan kerentanan seperti peta elevasi/ketinggian, kemiringan lereng, geometri desa, kepadatan sungai, dan jarak lokasi pada Kota Keelung dari sungai. Data yang digunakan adalah data DEM (*Digital Elevation Model*) dengan resolusi spasial 20 m. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa daerah berisiko tinggi terjadinya banjir di wilayah studi ini sebagian besar terletak di sekitar sungai/sistem drainase di Kota Keelung. Dapat disimpulkan bahwa penting untuk memberikan perhatian lebih untuk mencegah bencana banjir terutama di wilayah atau tempat-tempat yang dekat dengan sistem Sungai dan drainase perairan.

Kata Kunci: Karakteristik Banjir, Sistem Informasi Geografi, Bencana Terdahulu.

ABSTRACT

Floods are a significant natural and human-induced hazard caused mainly by transforming natural conditions. The frequency of floods, compared with other disasters, is rapidly increasing and posing a severe threat to human life and property. Mitigating flood disasters is a global concern, mainly due to urbanization and climate change. The study aims to determine the flood characteristics in Keelung City, Taiwan, using the geographic information system (GIS) integrated with historical flood data from 2012 to 2018. This research uses GIS to produce thematic maps of hazard and vulnerability factors in Keelung City, including elevation, slope, village geometry, river density, and distance from the river. The data source is digital elevation model data with a spatial resolution of 20 m. The findings demonstrate that high-risk flood areas in this study area are primarily located around the rivers and drainage system in Keelung City. We may conclude that paying more attention to preventing flood disasters is essential, especially for the districts or places near the river system.

Keywords: Flood Characteristic, Geographic Information System, Disaster Historical Events

1. Pendahuluan

Pembangunan dan urbanisasi kota yang terletak di wilayah pesisir telah meningkat secara signifikan selama beberapa dekade

terakhir. Wilayah pesisir mengalami perubahan lingkungan yang sangat besar dan sosial-ekonomi, tren ini diperkirakan akan terus berlanjut di masa mendatang. Mayoritas

kota-kota besar atau metropolitan di dunia terletak di pesisir (Brown *et al.*, 2013). Di Kota Tiongkok, China proses urbanisasi mendorong perpindahan penduduk menuju wilayah pesisir. Ada kecenderungan terjadinya migrasi ke wilayah pesisir, hal ini terkait dengan perubahan demografi global (Hugo, 2011).

Bumi dan khususnya wilayah pesisir rentan terhadap perubahan iklim, yaitu kenaikan permukaan laut dan banjir yang disebabkan oleh curah hujan ekstrem, namun sebagian besar wilayah pesisir di dunia berkembang lebih cepat dibandingkan populasi di daratan (Merkens *et al.*, 2016). Benua Asia memiliki jumlah penduduk tertinggi yang menetap di dataran banjir dan di Zona Pesisir Dataran Rendah atau *Low-Elevation Coast Zones* (LECZ) yang merupakan wilayah paling rentan terhadap perubahan iklim (Lichter *et al.*, 2010; Neumann *et al.*, 2015). Wilayah pesisir menerima dampak kenaikan permukaan laut secara intensif, erosi pantai, penurunan permukaan tanah, gelombang badai (Chen & Tfwala, 2018). Pada saat yang sama, penduduk di wilayah pesisir dihadapkan pada berbagai ancaman yang semakin meningkat, seperti 75% wilayah pesisir berpotensi banjir, dengan 49% peningkatan frekuensi banjir, dan 82% didominasi oleh gelombang pasang (McGranahan *et al.*, 2007).

Kondisi cuaca ekstrem di Taiwan yang merupakan negara kepulauan seperti curah hujan yang lebat dan angin topan yang dipicu oleh perubahan iklim, mungkin memperkuat fenomena bencana banjir. Dampak bencana banjir dapat menimbulkan kerugian harta benda akibat dan kerusakan yang disebabkan

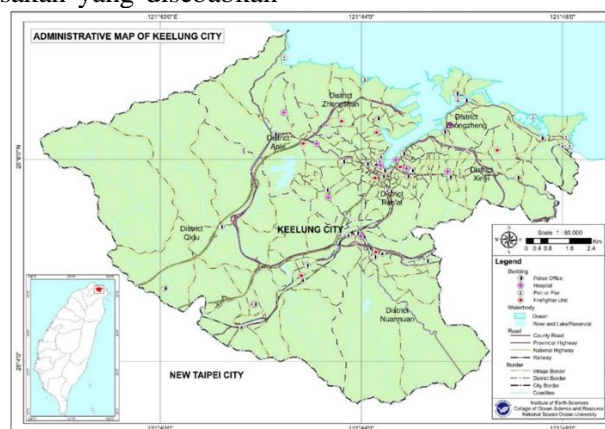
oleh arus yang dibawa oleh banjir. Penduduk yang terkena dampak juga perlu dievakuasi karena alasan keselamatan. Taiwan dengan kondisi sumber daya lahan yang terbatas berusaha untuk mengimbangi pembangunan perkotaan. Kota Keelung, salah satu kota pesisir di Taiwan Utara yang telah mengalami urbanisasi tinggi dan padat penduduk (Hsieh *et al.*, 2006). Bencana banjir sering terjadi di masa lalu karena angin topan dan badai hujan biasanya melanda wilayah hulu antara bulan Mei dan Oktober setiap tahunnya (Wu *et al.*, 2010).

Banyak penelitian dengan menggunakan berbagai pendekatan untuk mengevaluasi karakteristik banjir dan risiko banjir berdasarkan kerentanan, situasi hidrologi serta meteorologi (Rjeily *et al.*, 2017). Analisis pola spasial, karakteristik banjir mempunyai peran penting terutama pada bencana yang terjadi di sepanjang pesisir dan sungai, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik banjir, pola spasial dan distribusinya di wilayah kajian dengan menggunakan pendekatan berbasis Sistem Informasi Geografis yang terintegrasi dengan peristiwa banjir terdahulu di Kota Keelung, Taiwan.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat

Lokasi penelitian adalah Kota Keelung di Taiwan dengan tujuh distrik yaitu Zhongshan, Anle, Ren'ai, Zhongzheng, Xinyi, Qidu, dan Nuannuan yang terdiri dari 157 desa sebagai unit analisis (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2. Pengolahan Data

Untuk mengetahui karakteristik banjir, faktor-faktor utama penyebab bahaya banjir

yaitu elevasi, kemiringan lereng dan kepadatan sungai/drainase diekstraksi dari *Digital Elevation Model* (DEM) dengan resolusi 20-

meter yang berasal dari *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* (Nandi et al., 2016; Jung et al., 2014). Pengolahan data menggunakan *Software ArcGIS 10.8*. Data administrasi juga digunakan untuk merepresentasikan bentuk dan luas unit analisis (Kalantari et al., 2014).

Proses pengolahan data kepadatan sungai/drainase melalui serangkaian tahapan yaitu dimulai dengan mendeliniasi wilayah daerah aliran sungai dari data DEM untuk mengekstrak arah aliran (*Flow Direction*). Selanjutnya, tahapan untuk mendapatkan akumulasi aliran (*Flow Accumulation*). Kemudian, dilakukan perhitungan nilai raster (*Raster Calculation*) untuk mendapatkan tautan aliran (*Stream Link*) dan kemudian kepadatan aliran (*Stream Density*) dan kepadatan sungai/drainase (*Drainage Density*) dapat diekstraksi

2.3. Kajian Banjir Terdahulu

Peristiwa banjir terdahulu mengacu pada bencana banjir masa lalu yang dikumpulkan dari *Emergency Management Information Cloud (EMIC)* dari Taiwan pada periode 2015 hingga 2019 (Chang & Chen, 2016). Bencana banjir berjumlah 307 kejadian yang tersebar di tujuh distrik. Kepadatan peristiwa banjir terdahulu banjir menggunakan kepadatan Kernel (*Kernel Density*) untuk mengestimasi kerapatan data antara setiap titik data peristiwa banjir terdahulu. Adapun persamaan dari kernel density adalah sebagai berikut:

$$Density = \frac{1}{(radius)^2} \sum_{j=1}^n \left[\frac{3}{P} \cdot population_j \left(1 - \left(\frac{distance_j}{radius} \right)^2 \right) \right]$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Ketinggian/Evaluasi Kota Keelung

Ketinggian atau elevasi adalah parameter yang paling sering digunakan dalam analisis banjir. Bencana banjir terjadi di dataran rendah dibandingkan dengan tanah longsor yang lebih cenderung terjadi pada ketinggian yang lebih tinggi. Pada umumnya, air terus mengalir dari tempat yang lebih tinggi dataran tinggi ke dataran rendah. Di daerah penelitian, ketinggian berkisar antara 0 dan 783 m. Ketinggian atau elevasi diklasifikasikan menjadi lima kelas dengan masing-masing yaitu, <50, 51–150, 151–300, 301–500, dan

>500 m (Gambar 2). Sebaran luas wilayah berdasarkan klasifikasinya disajikan berikut ini (Tabel 1).

Tabel 1. Distribusi Elevasi Kota Keelung

Elevasi (m)	Area (km ²)	Persentase (%)
< 50	32.23	24,3
51 – 150	61.59	46,4
150 – 300	9.78	7,4
300 – 500	18.54	14,0
> 500	10.62	8,0

Gambar 2, menunjukkan dataran tinggi di bagian barat Distrik Qidu dan wilayah tenggara Distrik Nuannuan. Sedangkan, wilayah dataran rendah meliputi wilayah pantai dan dermaga terutama di bagian utara kota Keelung dan bagian tengah dekat pada aliran Sungai Keelung.

3.2. Kemiringan Lereng Kota Keelung

Peta kemiringan dibuat langsung dari DEM di lingkungan ArcGIS dengan memanfaatkan permukaan alat setelah menghilangkan kesenjangan data model ketinggian. Nilai sudut kemiringan aslinya bervariasi 0° dan 62,9°, dan nilainya direklasifikasi menjadi lima kategori yaitu 0°–5°, 5°–10°, 10°–25°, 25°–35°, >35°, diklasifikasikan sebagai sangat lembut, lembut, sedang, masing-masing curam dan sangat curam (Gambar 3). Pembagiannya berdasarkan wilayah klasifikasinya ditunjukkan di bawah ini (Tabel 2). Seperti yang ditunjukkan pada gambar, datar kawasan yang terletak di pusat Kota Keelung dekat dataran banjir dan lereng yang sangat curam terletak di bagian Distrik Nuannuan dan Qidu.

Tabel 2. Distribusi Kemiringan Lereng Kota Keelung

Kemiringan Lereng (°)	Area (km ²)	Persentase (%)
0 – 5	17,60	13,26
5,1 – 10	13,22	9,96
10,1 – 25	68,0	51,97
25,1 – 35	25,51	19,21
>35,1	7,43	5,60

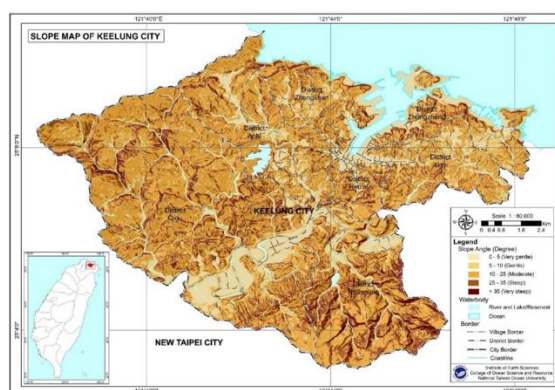
Lereng yang curam disertai curah hujan yang tinggi dapat menimbulkan padatnya jaringan sungai atau sistem drainase yang

umum di wilayah Tengah, selatan dan timur laut Kota Keelung, Taiwan. Hampir seluruh sungai di kawasan ini rawan bencana banjir yang menimbulkan kerusakan infrastruktur,

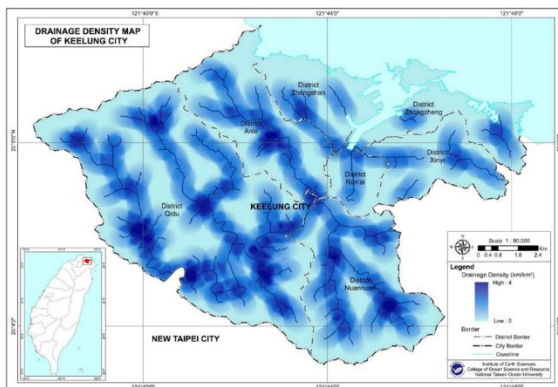
kerugian ekonomi, dan pengaruh terhadap kehidupan masyarakat. Peta jaringan drainase disajikan pada Gambar 4.



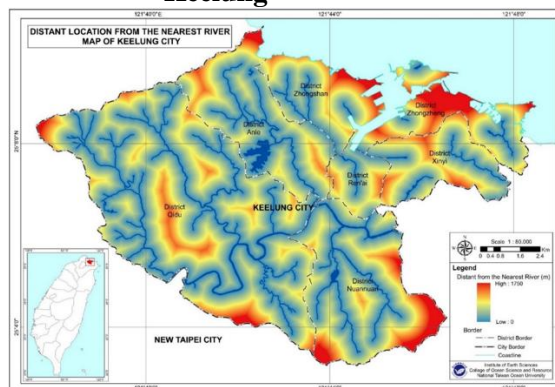
Gambar 2. Peta Elevasi Kota Keelung



Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng Kota Keelung



Gambar 4. Peta Kepadatan Sungai/Drainase Kota Keelung



Gambar 5. Peta Buffer atau Jarak terhadap Sungai/Drainase, Kota Keelung

Kemungkinan terjadinya banjir yang sangat tinggi dan terkait dengan tingginya kepadatan drainase serta berhubungan dengan wilayah limpasan permukaan yang lebih besar. Peta kepadatan drainase Kota Keelung dihitung dari peta jaringan drainase (Gambar 4) menggunakan kepadatan garis (*line density*) pada *Software ArcGIS* dengan rentang 0 hingga 4 km/km². Semakin tinggi limpasan permukaan menghasilkan daerah yang memiliki kepadatan drainase lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang kepadatan drainasenya rendah kepadatan drainase. Oleh karena itu, perluasan analisis banjir mungkin bergantung pada kepadatan sungai/drainase.

Peta jarak dari sungai atau buffer Sungai dihasilkan menggunakan beberapa zona penyangga dengan jarak ke sungai terdekat 0 hingga 1.750 m di sekitar sungai utama dan sistem anak sungainya. Perluasan bencana banjir bergantung pada jarak suatu daerah dari jaringan drainase. Daerah yang terletak dekat

dengan jaringan drainase, umumnya mengalami banjir dengan air lebih tinggi dibandingkan daerah yang letaknya jauh lokasi yang berada dekat jalur aliran. *Kia et al. (2011)*, mempertimbangkan wilayah dalam jarak 90 m dari jaringan drainase lebih rentan terhadap bencana banjir. Sementara *Samanta et al. (2016)* menilai bahwa wilayah yang letaknya kurang dari jarak 100 m sangat rawan banjir sedangkan jarak lebih dari 2.000 m memiliki potensi banjir yang sangat rendah (Gambar 5).

3.3. Kajian Banjir Terdahulu di Kota Keelung

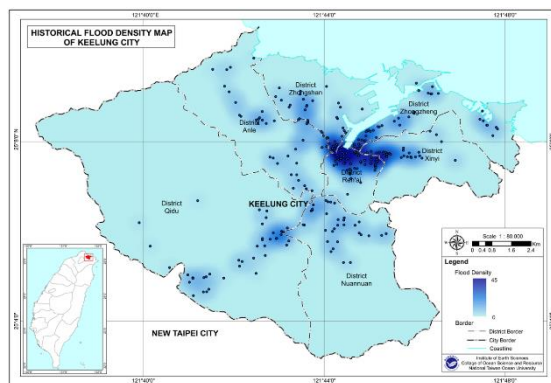
Hasil Peristiwa banjir terdahulu dicatat oleh Pemerintah Kota Keelung, Taiwan pada Tahun 2015 hingga 2019, terdapat 307 kejadian banjir yang tersebar di tujuh distrik di Kota Keelung, dan jumlah kejadiannya ditunjukkan pada Gambar 6. Proses pembuatan peta historis kepadatan banjir

adalah dengan menggunakan metode kernel density untuk mengetahui pola spasial dan kecenderungan riwayat bencana banjir di wilayah tersebut.

Pola spasial bencana banjir menunjukkan kejadian banjir mayoritas terjadi di daerah dermaga yang termasuk dalam Distrik Ren'ai bagian Utara, Distrik Zhongzheng wilayah barad data, Distrik Xinyi bagian barat, dan sedikit wilayah Distrik Zhongshan bagian tenggara. Jejak historis juga menunjukkan bencana banjir juga terjadi disekitaran aliran sungai atau drainase. Sebaran banjir di wilayah ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Bencana Banjir Tahun 2015-2019 di Kota Keelung

Distrik	Jumlah banjir	Persentase (%)
Qidu	45	14,7
Anle	40	13,0
Zhongshan	44	14,3
Ren'ai	61	19,9
Zhongzheng	47	15,3
Xinyi	33	10,7
Nuannuan	37	12,1



Gambar 6. Peta Historis Banjir Kota Keelung

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan Karakteristik dan pola historis bencana banjir dapat terlihat dengan jelas berdasarkan sistem informasi geografis (SIG) dan untuk mendefinisikan hubungan antara faktor-faktor bahaya banjir, tanpa berfokus pada pemodelan hidrologi yang kompleks. Selain itu, hasil analisis dapat digunakan sebagai data penting dan dasar untuk membandingkan potensi risiko banjir. Manfaat lain yaitu penentuan prioritas investasi dalam mitigasi dan pencegahan

bencana, serta analisis tingkat kerusakan akibat banjir yang dapat diprediksi seiring dengan berlanjutnya fenomena perubahan iklim. Analisis spasial melalui pemetaan berbasis SIG membantu untuk memahami tren, pola dan distribusi spasial kecenderungan antar Distrik di Kota Keelung, Taiwan. Analisis spasial menunjukkan bahwa pola titik banjir berada pada daratan rendah, datar/landai, dan sebagian besar bencana banjir terjadi di kawasan terbangun karena pola pemukiman di tepian sungai. Sebagian besar banjir terjadi di dekat sungai. Hal ini menunjukkan bahwa daerah berisiko tinggi dalam penelitian ini sebagian besar terletak di sekitar sungai/sistem drainase Kota Keelung.

Daftar Pustaka

- Brown, S., Nicholls, R.J., Woodroffe, C.D., Hanson, S., Hinkel, J., Kebede, A.S., Vafeidis, A.T. (2013). *Sea-Level Rise Impacts and Responses: A Global Perspective in C. W. Finkl (Ed.)*. Coastal Hazards, Netherlands: Springer. 6:117–149.
- Chang, H.S., & Chen, T.L. (2016). Spatial Heterogeneity of Local Flood Vulnerability Indicators within Flood-prone Areas in Taiwan. *Environmental Earth Sciences*, 75(23).
- Chen, C.N., & Tfwala, S. (2018). Impacts of Climate Change and Land Subsidence on Inundation Risk. *Water*, 10(2).
- Hsieh, L.S., Hsu, M.H., & Li, M.H. (2006). An Assessment of Structural Measures for Flood-prone Lowlands with High Population Density along the Keelung River in Taiwan. *Natural Hazards*, 37(1-2): 133-152.
- Hugo, G. (2011). Future Demographic Change and Its Interactions with Migration and Climate Change. *Global Environmental Change*, 21: 21-33.
- Jung, Y., Shin, Y., Jang, C.H., Kum, D., Kim, Y.S., Lim, K.J., Lee, S.O. (2014). Estimation of Flood Risk Index Considering the Regional Flood Characteristics: A Case of South Korea. *Paddy and Water Environment*, 12(S1): 41-49.
- Kalantari, Z., Nickman, A., Lyon, S.W., Olofsson, B., & Folkeson, L. (2014). A Method for Mapping Flood Hazard

- Along Roads. *Journal of Environmental Management*, 133: 69-77.
- Kia, M.B., Pirasteh, S., Pradhan, B., Mahmud, A.R., Sulaiman, W.N.A., & Moradi, A. (2011). An Artificial Neural Network Model for Flood Simulation using GIS: Johor River Basin, Malaysia. *Environmental Earth Sciences*, 67(1): 251-264.
- Lichter, M., Vafeidis, A.T., & Nicholls, R.J. (2010). Exploring Data-Related Uncertainties in Analyses of Land Area and Population in the "Low-Elevation Coastal Zone" (LECZ). *Journal of Coastal Research*, 27(4).
- McGranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. (2007). The Rising Tide: Assessing The Risks of Climate Change and Human Settlements in Low Elevation Coastal Zones. *Environment and Urbanization*, 19(1): 17-37.
- Merkens, J.L., Reimann, L., Hinkel, J., & Vafeidis, A.T. (2016). Gridded Population Projections for The Coastal Zone Under the Shared Socioeconomic Pathways. *Global and Planetary Change*, 145: 57-66.
- Nandi, A., Mandal, A., Wilson, M., & Smith, D. (2016). Flood Hazard Mapping in Jamaica Using Principal Component Analysis and Logistic Regression. *Environmental Earth Sciences*, 75(6).
- Neumann, B., Vafeidis, A.T., Zimmermann, J., & Nicholls, R.J. (2015). Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding-A Global Assessment. *PLoS ONE*, 10(3), e0118571.
- Rjeily, Y.B., Abbas, O., Sadek, M., Shahrour, I., & Chehade, H.F. (2017). Flood Forecasting within Urban Drainage Systems using NARX Neural Network. *Water Sci Technol*, 76(9-10), 2401-2412.
- Samanta, S., Pal, D.K. & Palsamanta, B. (2018). Flood Susceptibility Analysis Through Remote Sensing, GIS, and Frequency Ratio Model. *Applied Water Science*, 8 (66).
- Wu, S.J., Yang, J.C., & Tung, Y. (2010). Risk Analysis for Flood-Control Structure Under Consideration of Uncertainties in Design Flood. *Natural Hazards*, 58(1): 117-140.