

Penggunaan Metode AHP dan GIS Untuk Zonasi Daerah Rawan Banjir Rob di Wilayah Medan Utara

Novrizal Ardian Saputra¹, *A. Perwira Mulia Tarigan¹, A. Bima Nusa²

¹Program Studi S2 Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara

²Program Studi S3 Pengembangan Wilayah Daerah, Universitas Sumatera Utara

*a.perwira@usu.ac.id

Received: 30 Oktober 2019 Revised: 4 Juni 2020 Accepted: 16 Juni 2020

Abstract

Tidal floods that occur in the North Medan area due to overflowing of sea water when the tide enters the land, both directly and through river floods. The land area affected by tidal floods is getting wider and wider, so there needs to be an analysis of the level of vulnerability of tidal flooding so that the handling and prevention efforts can be on target. Determination of zonation with the level of tidal flood hazard involves various criteria, for this reason the AHP and GIS integration method is used to make rational decisions from several criteria and draw them on a zoning map. The results obtained in the North Medan area showed that 30.91 ha (0.33%) had very high levels, 1,515.98 ha (16.09%) had high levels, 4,411.92 ha (46.83%) had moderate levels, 3,176.83 ha (33.72%) had low levels, 284.81 ha (3.02%) had very low levels of vulnerability to tidal flooding.

Keywords: *Analytic hierarchy process, GIS, zonation of tidal flood*

Abstrak

Banjir rob yang terjadi pada area Medan Utara dikarenakan luapan air laut ketika pasang yang masuk ke daratan, baik secara langsung maupun secara tidak langsung yaitu melalui luapan air sungai. Area daratan yang terdampak banjir rob semakin lama semakin luas, sehingga perlu ada analisa terhadap zonasi tingkat kerawanan terjadi banjir rob agar upaya penanganan dan pencegahan dapat tepat sasaran. Penentuan zonasi dengan tingkat kerawanan banjir rob ini melibatkan berbagai kriteria, untuk itu digunakan metode integrasi AHP dan GIS agar dapat mengambil keputusan yang rasional dari beberapa kriteria serta menggambarannya pada sebuah peta zonasi. Hasil yang didapatkan pada area Medan Utara bahwa 30,91 ha (0,33%) mempunyai tingkat kerawanan sangat tinggi, 1.515,98 ha (16,09%) dengan tingkat kerawanan tinggi, 4.411,92 ha (46,83%) dengan tingkat kerawanan sedang, 3.176,83 ha (33,72%) dengan tingkat kerawanan rendah, 284,81 ha (3,02%) dengan tingkat kerawanan sangat rendah.

Kata kunci: *Analytic hierarchy process, GIS, zonasi resiko banjir rob*

Pendahuluan

Banjir adalah fenomena yang menghancurkan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia dan kerusakan properti (Marfai *et al.*, 2008). Sebagai negara kepulauan, Indonesia mempunyai banyak wilayah pesisir yang sangat rentan terkena banjir. Banjir ini menggenangi daerah pesisir yang lebih rendah dari elevasi muka air laut pasang, sehingga banjir ini selalu terjadi secara periodik pada waktu air laut pasang. Karakteristik banjir seperti ini secara umum disebut banjir rob. Menurut Kurniawan (Kurniawan, 2014), cara terjadi banjir

rob dapat secara langsung maupun tidak langsung. Banjir rob secara langsung terjadi pada daerah pesisir pantai, di mana air laut pasang langsung menggenangi daerah tersebut. Sedangkan banjir rob secara tidak langsung yaitu air laut pasang menggenangi daerah yang jauh dari tepi pantai melalui luapan air sungai dan diperparah dengan drainase yang tidak terawat pada daerah tersebut .

Berdasarkan kajian banjir rob di kota Semarang oleh Kurniawan (Kurniawan, 2014), faktor yang menyebabkan terjadinya banjir rob adalah: (1) adanya perbedaan elevasi di mana daratan

eksisting memang lebih rendah daripada permukaan air laut ketika terjadi pasang. (2) terjadi penurunan tanah eksisting pesisir yang sebelumnya diatas elevasi muka air laut pasang menjadi berada di bawah muka air laut pasang. Hal ini diakibatkan oleh *groundwater pumping* yang berlebihan dan bertambahnya beban di atas muka tanah yang akibat pertumbuhan kota. (3) bertambahnya tinggi permukaan air laut akibat pemanasan global. Hal ini berdasarkan dari hasil penelitian Puslitbang Permukiman dan Prasarana Wilayah tahun 2002 yang menyebutkan bahwa permukaan air laut di kawasan pesisir Kota Semarang mengalami kenaikan sebesar 5 mm setiap tahunnya. (4) sedimentasi pada sungai juga dapat mengakibatkan berkurangnya kapasitas sungai tersebut, sehingga air akan meluap dan mencari tempat yang lebih rendah. (5) faktor manusia, seperti pembuangan sampah sembarangan pada sungai dan perencanaan sistem drainase yang tidak tepat serta diperparah lagi dengan tidak dirawatnya sistem drainase tersebut dapat secara tidak langsung dapat mengakibatkan terjadinya banjir rob. (6) curah hujan yang tinggi dan fenomena alam lainnya dapat juga memperparah terjadinya banjir rob.

Lokasi penelitian ini adalah di area Medan Utara yang terdiri dari tiga kecamatan, yaitu Kecamatan Medan Belawan (enam kelurahan), Kecamatan Medan Labuan (enam kelurahan) dan Kecamatan Medan Marelan (lima kelurahan). Untuk menentukan upaya atau metode penanganan banjir rob yang efektif dan efisien, maka diperlukan analisis terhadap berbagai faktor dan kondisi lingkungan, seperti data tanah, kondisi lingkungan, faktor sosial sampai dengan sumber pendanaannya.

Teknik *Multi-criteria decision making* (MCDM) merupakan teknik pengambilan keputusan dari beberapa pilihan alternatif yang ada. Terdapat dua macam kategori MCDM, yaitu *Multiple Objective Decision Making* (MODM) dan *Multiple Attribute Decision Making* (MADM). Perbedaannya adalah jika MADM tidak terlalu banyak membutuhkan analisa matematik atau dapat digunakan untuk pemilihan hanya terhadap sejumlah kecil alternatif saja, maka MODM menggunakan optimasi teknik-teknik matematik dan untuk jumlah alternatif yang sangat besar. *Analytic Hierarchy Process* (AHP) merupakan salah satu metode dari MADM (Rahardjo *et al.*, 2004).

Secara prinsip, tahapan analisis ini adalah dengan memberikan seperangkat alternatif yang akan dievaluasi oleh para *stakeholder* berdasarkan kriteria-kriteria yang bertentangan dan tidak seimbang. Kriteria-kriteria tersebut harus dapat diukur dan mempunyai nilai yang nantinya secara perhitungan dapat menghasilkan nilai akhir yang

menunjuk kepada alternatif sebagai keputusan yang terbaik.

Saat ini di seluruh dunia metode ini telah banyak digunakan pada berbagai bidang pekerjaan, seperti contohnya untuk menentukan kontraktor sebuah pekerjaan konstruksi (Al-Harbi, 2001), penilaian kesesuaian lahan (Agarwal *et al.*, 2013; Aydi *et al.*, 2016; Chabuk *et al.*, 2017; Gumusay *et al.*, 2016; Kamali *et al.*, 2015; Khodaparast *et al.*, 2018), perencanaan tata ruang wilayah perkotaan (Ahakili, 2016), manajemen sumber daya air (Calizaya *et al.*, 2010; Chowdary *et al.*, 2013), pemetaan wilayah banjir & resikonya (Ouma & Tateishi, 2014; Papaioannou *et al.*, 2015), pencemaran lingkungan (Serbu *et al.*, 2016).

Wątróbski (Wątróbski *et al.*, 2019) menyampaikan bahwa sampai dengan saat ini telah banyak metode MCA yang dikembangkan, antara lain: *Simple Additive Weighting* (SAW), *Technique for Order by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), AHP, *Simple Multi Attribute Rating Technique* (SMART), ELECTRE, *Multi Attribute Utility Theory* (MAUT) dan masih banyak yang lainnya. Setiap metode masing-masing memiliki keunggulan dan kelemahan, para pengambil keputusan harus mampu memilih metode mana yang akan digunakan yang sesuai dengan kebutuhan dan permasalahan yang dihadapi. Secara garis besar tahapan dalam AHP dibagi dalam dua tahap yaitu *structuring* dan *assessment*. Pada tahapan pertama atau *structuring* adalah proses menstrukturkan alur pengambilan keputusan berdasarkan komponen AHP, yaitu: penentuan tujuan dari keputusan yang akan diambil, penentuan kriteria-kriteria untuk mencapai tujuan yang ditentukan oleh para ahli yang ditunjuk, stakeholder yang berkepentingan dalam pengambilan keputusan ini atau dapat juga dari referensi/penelitian ilmiah yang sesuai, serta penentuan alternatif-alternatif keputusan yang tersedia dan paling mendekati kriteria-kriteria yang dibutuhkan pada tujuan.

Kriteria-kriteria AHP dalam penelitian ini ditentukan dari studi literatur, jurnal-jurnal ilmiah serta juga berdasarkan hasil diskusi dengan para ahli yang berkompeten di bidangnya. Beberapa jurnal ilmiah yang telah dilakukan *review* adalah jurnal ilmiah yang menggunakan metode AHP dengan topik yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu Ouma dan Tateishi (Ouma & Tateishi, 2014) yang menganalisa tingkat kerentanan terhadap resiko banjir menggunakan AHP dan menggambarkan dalam sebuah peta dengan GIS dan Papaioannou (Papaioannou *et al.*, 2015) menganalisa area dengan potensi resiko banjir menggunakan AHP dan GIS.

Hasil dari *review* beberapa jurnal ilmiah (Ouma & Tateishi, 2014; Papaioannou *et al.*, 2015) dan diskusi dengan para ahli, maka diputuskan bahwa kriteria AHP untuk penentuan zona rawan banjir rob di Medan Utara ini adalah:

Jenis tanah; kriteria ini memperhatikan kadar lempung dan pasir pada suatu area. Kadar pasir yang tinggi dapat mempercepat proses penyusutan banjir.

Curah hujan; pada daerah yang jauh dari garis pantai dapat juga terkena banjir rob akibat luapan dari sungai. Salah satu penyebab meningkatnya debit air sungai adalah dari curah hujan. Sehingga analisa terhadap tingkat curah hujan disebuah wilayah menjadi sangat penting, karena dapat meningkatkan kerawanan sebuah daerah terhadap banjir rob.

Tata guna lahan; kriteria ini berkaitan dengan penggunaan lahan yang terdampak oleh banjir rob tersebut. Karena banjir rob akan berdampak sangat besar, baik dari segi material maupun imaterial, apabila mengenai daerah yang digunakan sebagai pemukiman yang padat penduduk. Namun dampak tersebut akan lebih kecil apabila banjir rob terjadi pada lahan kosong atau daerah yang tidak memiliki fungsi.

Jarak dari sungai; banjir rob tidak hanya diakibatkan dari luapan air laut pasang, namun banjir tersebut dapat terjadi akibat luapan air sungai. Hal ini dikarenakan ada kemungkinan lebar sungai yang menyempit atau sedimentasi dasar sungai akibat dari pembuangan sampah sembarangan.

Jarak dari laut; banjir rob merupakan banjir yang berasal dari luapan air laut, sehingga daerah yang pertama kali terdampak banjir ini adalah daerah pesisir laut. Terutama daerah pesisir laut yang memiliki elevasi lebih rendah dari muka air pasang. Semakin jauh daerah tersebut dari garis pantai maka akan menurunkan tingkat kerawanan terkena banjir rob.

Elevasi; kriteria ini merupakan kriteria yang cukup penting, karena karakteristik banjir rob akan menggenangi daerah dengan elevasi lebih rendah dari muka air pasang.

Slope; faktor kemiringan atau *slope* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi resiko terkena banjir rob. Hal itu karena banjir rob akan lebih mudah menggenangi lokasi yang cenderung lebih datar.

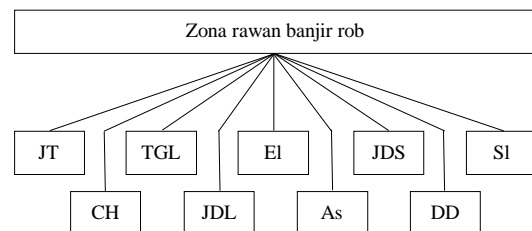
Aspek; sama halnya dengan faktor kemiringan atau *slope*, faktor aspek ini menganalisa arah

kemiringan dari suatu lokasi. Sebagai contoh di daerah pinggir sungai yang memiliki arah kemiringan/aspek kearah pemukiman sekitarnya, apabila terjadi banjir rob dari luapan air sungai maka banjir tersebut akan mengalir kearah pemukiman disekitarnya sesuai dengan arah kemiringan/aspek pada daerah tersebut. Begitupun sebaliknya, apabila daerah dipinggir sungai tersebut memiliki arah kemiringan/ aspek kearah sungai, maka luapan air sungai tidak akan berdampak luas.

Drainage density; pada lokasi penelitian terdapat banyak drainase yang tidak berfungsi dengan baik, seperti tersumbat akibat pembuangan sampah sembarangan. Sehingga kriteria ini cukup penting karena berkaitan erat dengan penyebab banjir serta penanggulangan ketika terjadi banjir.

Metode

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif yang deskriptif. Penelitian ini dilakukan dalam satu wilayah dan waktu tertentu, guna mendapatkan gambaran menyeluruh tentang daerah yang berpotensi (rawan) banjir rob di wilayah Medan Utara. Data yang digunakan bersumber dari beberapa instansi yaitu: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Sumatera Utara, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Prov. Sumatera Utara, Dinas Kehutanan Prov. Sumatera Utara dan instansi-instansi lain yang terkait. Dari kriteria-kriteria yang telah disepakati, maka selanjutnya dapat disusun struktur kriteria AHP, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Keterangan:

JT : jenis tanah; TGL: tata guna lahan; EI: elevasi; JDS: jarak dari sungai; SI: *slope*; CH: curah hujan; JDL: jarak dari laut; As : aspek; DD: *drainage density*

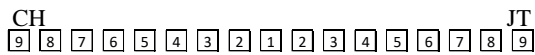
Gambar 1 . Struktur kriteria AHP zona rawan banjir rob.

Selanjutnya kriteria-kriteria tersebut akan diberi nilai bobot agar dapat dilakukan perhitungan AHP. Penilaian bobot ini melibatkan para ahli dari bidang akademisi dan beberapa tokoh masyarakat pada area penelitian dengan cara mengisi kuisioner perbandingan antar kriteria, seperti yang ditunjukkan pada contoh Gambar 2. Tahapan pertama penilaian bobot antar kriteria dilakukan

dengan membandingkan tingkat intensitas kepentingan antara dua kriteria. Dasar penilaian yang digunakan adalah skala dasar dari Saaty (2008) yaitu dengan membagi menjadi sembilan skala, seperti dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala penilaian antar kriteria

Intensitas kepentingan	Keterangan
1	Sama pentingnya
2	Kurang penting
3	Cukup penting
4	Cukup lebih penting
5	Kepentingannya tinggi
6	Kepentingannya lebih tinggi
7	Sangat penting
8	Amat sangat penting
9	Paling penting



Gambar 2. Kuisisioner perbandingan kriteria curah hujan dan jenis tanah

Nilai-nilai skala perbandingan antar kriteria yang telah disepakati tersebut, disusun dalam tabel matriks yaitu pada Tabel 2. Selanjutnya akan dilakukan tahapan perhitungan AHP, seperti dirangkum dari Gumusay (Gumusay *et al.*, 2016), yang pertama menentukan nilai normalisasi dengan membagi nilai tiap kriteria dengan total nilai tiap kolom. Kemudian menjumlahkan tiap baris nilai hasil normalisasi sehingga akan didapatkan nilai *priority vector* seperti Tabel 4. Selanjutnya menghitung bobot per kriteria (W) dengan membagi nilai per *priority vector* dengan jumlah total *priority vector*, sesuai pada Tabel 3, dan yang terakhir melakukan uji konsistensi AHP. Tahapan uji konsistensi berturut-turut adalah: menghitung perkalian matrik antara bobot (W) dan skor kriteria (A), hasil perkalian matrik dibagi dengan bobot (W) dari kriteria tersebut, menghitung nilai λ_{max} , dengan Persamaan (1), kemudian menentukan nilai *random consistency* (RI) berdasarkan Tabel 7, menghitung nilai

consistency index (CI), dan yang terakhir menghitung nilai *consistency ratio* (CR).

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{t=1}^n (A \times W)_t}{n} \quad (1)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1 \quad (3)$$

Tabel 2. Bobot kriteria (W)

Kriteria	Bobot
Elevasi (El)	0,234
Slope (Sl)	0,099
Aspek (As)	0,058
Jarak dari laut (JDL)	0,181
Jarak dari sungai (JDS)	0,194
Tata guna lahan (TGL)	0,117
Curah hujan (CH)	0,050
Drainage density (DD)	0,033
Jenis tanah (JT)	0,033

Analisa yang dihasilkan melalui AHP ini nantinya akan dilakukan analisis spasial menggunakan GIS dengan tahapan yang pertama adalah proses *digitasi* peta menggunakan GIS; setiap peta yang diperoleh dari instansi terkait harus dipastikan bahwa peta tersebut siap untuk diolah dengan menggunakan *software* GIS. Syarat sebuah peta dinyatakan siap untuk diproses lanjut pada penelitian ini, adalah: (a) peta tersebut merupakan *file* dengan format GIS (.shp), (b) peta tersebut memuat keterangan yang dibutuhkan seperti nama kecamatan, penggunaan lahan dan lain sebagainya, (c) peta yang akan diolah harus sesuai dengan kondisi real di lapangan. Berikutnya klasifikasi parameter pada peta eksisting; proses klasifikasi ini adalah merubah parameter yang ada pada peta eksisting menjadi nilai agar dapat diolah secara aritmatik dalam perhitungan AHP. Penentuan klasifikasi ini dilakukan melalui diskusi bersama para ahli yang berkompeten. Klasifikasi akan dibagi dengan lima tingkat resiko yang memiliki skor dan warna yang berbeda. Pengklasifikasian tiap kriteria ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 3. Matriks perbandingan antar kriteria (A)

Kriteria	El	Sl	As	JDL	JDS	TGL	CH	DD	JT
El	1,00	3,00	4,0	2,00	1,00	3,00	4,0	5	5
Sl	0,33	1,00	2,0	0,50	0,50	0,50	2,0	4	4
As	0,25	0,50	1,0	0,25	0,25	0,33	2,0	2	2
JDL	0,50	2,00	4,0	1,00	1,00	2,00	4,0	5	5
JDS	1,00	2,00	4,0	1,00	1,00	2,00	4,0	5	5
TGL	0,33	2,00	3,0	0,50	0,50	1,00	3,0	3	3
CH	0,25	0,50	0,5	0,25	0,25	0,33	1,0	2	2
DD	0,20	0,25	0,5	0,20	0,20	0,33	0,5	1	1
JT	0,20	0,25	0,5	0,20	0,20	0,33	0,5	1	1
$\Sigma =$	4,07	11,50	19,5	5,90	4,90	9,83	21,0	28	28






Tabel 4. Nilai *priority vector* pada tiap kriteria

Kriteria	El	Sl	As	JDL	JDS	TGL	CH	DD	JT	Priority vector
El	0,25	0,26	0,21	0,34	0,20	0,31	0,19	0,18	0,18	2,108
Sl	0,08	0,09	0,10	0,08	0,10	0,05	0,10	0,14	0,14	0,890
As	0,06	0,04	0,05	0,04	0,05	0,03	0,10	0,07	0,07	0,522
JDL	0,12	0,17	0,21	0,17	0,20	0,20	0,19	0,18	0,18	1,627
JDS	0,25	0,17	0,21	0,17	0,20	0,20	0,19	0,18	0,18	1,750
TGL	0,08	0,17	0,15	0,08	0,10	0,10	0,14	0,11	0,11	1,055
CH	0,06	0,04	0,03	0,04	0,05	0,03	0,05	0,07	0,07	0,448
DD	0,05	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,04	0,300
JT	0,05	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04	0,04	0,300
$\Sigma =$										9,000

Tabel 5. Klasifikasi tiap kriteria

Kriteria	Skor	Kriteria	Skor	Kriteria	Skor
Elevasi (El)		Jarak dari laut (JDL)		Curah hujan (CH)	
>4 m	1	13,01-16 km	1	159-161 mm	1
3,01-4 m	2	10,01-13 km	2	161,01-166 mm	2
2,01-3 m	3	7,01-10 km	3	166,01-171 mm	3
1,01-2 m	4	4,01-7 km	4	171,01-177 mm	4
0-1 m	5	0-4 km	5	177,01-181 mm	5
<i>Slope</i> (Sl)		Jarak dari sungai (JDS)		<i>Drainage density</i> (DD)	
>15%	1	>600 m	1	<i>Very low</i>	1
10,01-15%	2	450,01-600 m	2	<i>Low</i>	2
6,01-10%	3	300,01-450 m	3	<i>Moderate</i>	3
3,01-6%	4	150,01-300 m	4	<i>High</i>	4
0-3%	5	0-150 m	5	<i>Very high</i>	5
Aspek (As)		Tata guna lahan (TGL)		Jenis tanah (JT)	
Utara dan Timur Laut	1	<i>Mangrove</i>	1	Alluvial	1
Timur dan Barat Laut	2	Persawahan, ladang, tambak dan kebun	2	Fluviomarine	3
Barat	3	Fasilitas publik	3	Reklamasi	4
Tenggara	4	Industri, pergudangan, perdagangan dan transportasi	4	Rawa	5
Selatan dan Barat Daya	5	Pemukiman	5		

Tabel 6. Klasifikasi parameter

Tingkat kerawanan banjir rob	Skor	Notasi warna
Sangat rendah	1	 Hijau tua
Rendah	2	 Hijau muda
Sedang	3	 Kuning
Tinggi	4	 Jingga
Sangat tinggi	5	 Merah

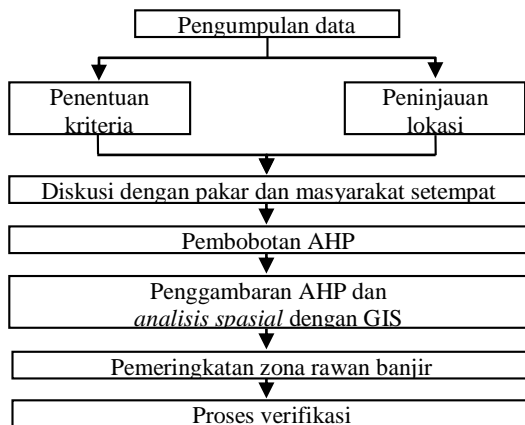
Tabel 7. Nilai Konsistensi acak (RI)

Ukuran matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Lokasi penelitian dibagi menjadi area-area atau grid dengan ukuran 10 m x 10 m menggunakan GIS, dengan pertimbangannya agar penilaian keputusan zona rawan banjir rob dapat rasional dan aktual, area seluas 100 m² diasumsikan kurang lebih sama dengan luas area yang dibutuhkan untuk hunian per satu keluarga, dan penentuan ukuran juga mempertimbangkan kemampuan

maksimal dari *hardware* untuk mengolah data GIS. Tahap terakhir adalah proses integrasi AHP dan GIS yaitu penggabungan semua peta dan penskoran AHP. Proses ini adalah menjumlahkan nilai (hasil perkalian skor *grid* dengan bobot AHP) pada *grid* dengan posisi yang sama dari semua kriteria. Setelah terbentuk peta zona rawan banjir rob, maka selanjutnya harus dilakukan proses

verifikasi yaitu untuk menguji kebenaran dari zonasi tersebut. Proses verifikasi ini dilakukan dengan mengambil langsung bukti berupa citra atau foto pada kondisi real di lapangan. Untuk mendeteksi banjir dengan analisis gambar, pada beberapa studi literatur umumnya terdiri dari tiga cara, yaitu: (a) penggunaan gambar dari satelit; (b) penggunaan gambar dari kamera tetap di tanah; dan (c) penggunaan gambar dari pesawat terbang atau *unmanned aerial vehicle* (UAV) atau yang biasa dikenal dengan drone. Dengan mempertimbangkan akurasi data, biaya dan fleksibilitas, maka metode UAV adalah metode yang relatif lebih murah, lebih fleksibel namun dapat menghasilkan akurasi gambar yang baik, bahkan dalam kondisi cuaca buruk (Popescu *et al.*, 2017). Agar mendapatkan hasil yang maksimal dalam proses verifikasi ini, maka ada beberapa kriteria yang bisa dijadikan pedoman, antara lain: (1) verifikasi menggunakan Teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) yang mempunyai kamera untuk mengambil foto udara dengan luas area minimal 100m x 100m, (2) pengambilan foto udara dilakukan pada kondisi sebelum dan saat terjadi banjir rob pada area yang sama, (3) foto udara diambil pada ketinggian ±50 m dari muka tanah, agar dapat dianalisa dengan akurat, (4) setiap foto udara harus memiliki *overlap* agar dapat dengan mudah dilakukan penggabungan, dan (5) foto udara diambil pada kondisi hari terang. Tahapan pada penelitian ini digambarkan dalam bagan alur penelitian pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

Uji konsistensi AHP

Setelah didapatkan nilai bobot semua kriteria, maka dilakukan uji konsistensi AHP dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menghitung perkalian matrik antara bobot dan skor kriteria.

$$\begin{aligned}
 &0,234 \begin{bmatrix} 1 \\ 0,33 \\ 0,25 \\ 0,5 \\ 1 \\ 0,33 \\ 0,25 \\ 0,2 \\ 0,2 \end{bmatrix} + 0,099 \begin{bmatrix} 3 \\ 1 \\ 0,5 \\ 2 \\ 2 \\ 0,5 \\ 2 \\ 0,25 \\ 0,25 \end{bmatrix} + 0,058 \begin{bmatrix} 4 \\ 2 \\ 1 \\ 4 \\ 3 \\ 0,5 \\ 0,5 \\ 0,5 \end{bmatrix} + \\
 &0,181 \begin{bmatrix} 2 \\ 0,5 \\ 0,25 \\ 1 \\ 1 \\ 0,5 \\ 0,25 \\ 0,2 \\ 0,2 \end{bmatrix} + 0,194 \begin{bmatrix} 1 \\ 0,5 \\ 1 \\ 1 \\ 0,5 \\ 0,25 \\ 0,2 \\ 0,2 \end{bmatrix} + 0,117 \begin{bmatrix} 3 \\ 0,5 \\ 0,33 \\ 2 \\ 1 \\ 0,33 \\ 0,33 \end{bmatrix} + \\
 &0,05 \begin{bmatrix} 4 \\ 2 \\ 2 \\ 4 \\ 4 \\ 3 \\ 1 \\ 0,5 \end{bmatrix} + 0,033 \begin{bmatrix} 5 \\ 4 \\ 2 \\ 5 \\ 5 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} + 0,033 \begin{bmatrix} 5 \\ 4 \\ 2 \\ 5 \\ 5 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,203 \\ 0,906 \\ 0,532 \\ 1,689 \\ 1,807 \\ 1,104 \\ 0,453 \\ 0,306 \\ 0,306 \end{bmatrix} \quad (4)
 \end{aligned}$$

2. Hasil perkalian matriks tiap kriteria dibagi lagi dengan bobot dari kriteria tersebut, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \frac{2,203}{0,234} &= 9,409; \quad \frac{1,689}{0,181} = 9,348; \quad \frac{0,453}{0,05} = 9,097; \\
 \frac{0,906}{0,099} &= 9,158; \quad \frac{1,807}{0,194} = 9,293; \quad \frac{0,306}{0,033} = 9,177; \quad (5) \\
 \frac{0,532}{0,058} &= 9,179; \quad \frac{1,104}{0,117} = 9,417; \quad \frac{0,306}{0,033} = 9,177
 \end{aligned}$$

3. Menghitung nilai λ_{max} dengan cara menjumlahkan semua hasil pada Persamaan 5 dan dibagi dengan jumlah kriteria, yaitu:

$$\lambda_{max} = \frac{83,225}{9} = 9,251 \quad (6)$$

4. Menghitung nilai indeks konsistensi/*consistency index* (CI) dengan cara sebagai berikut:

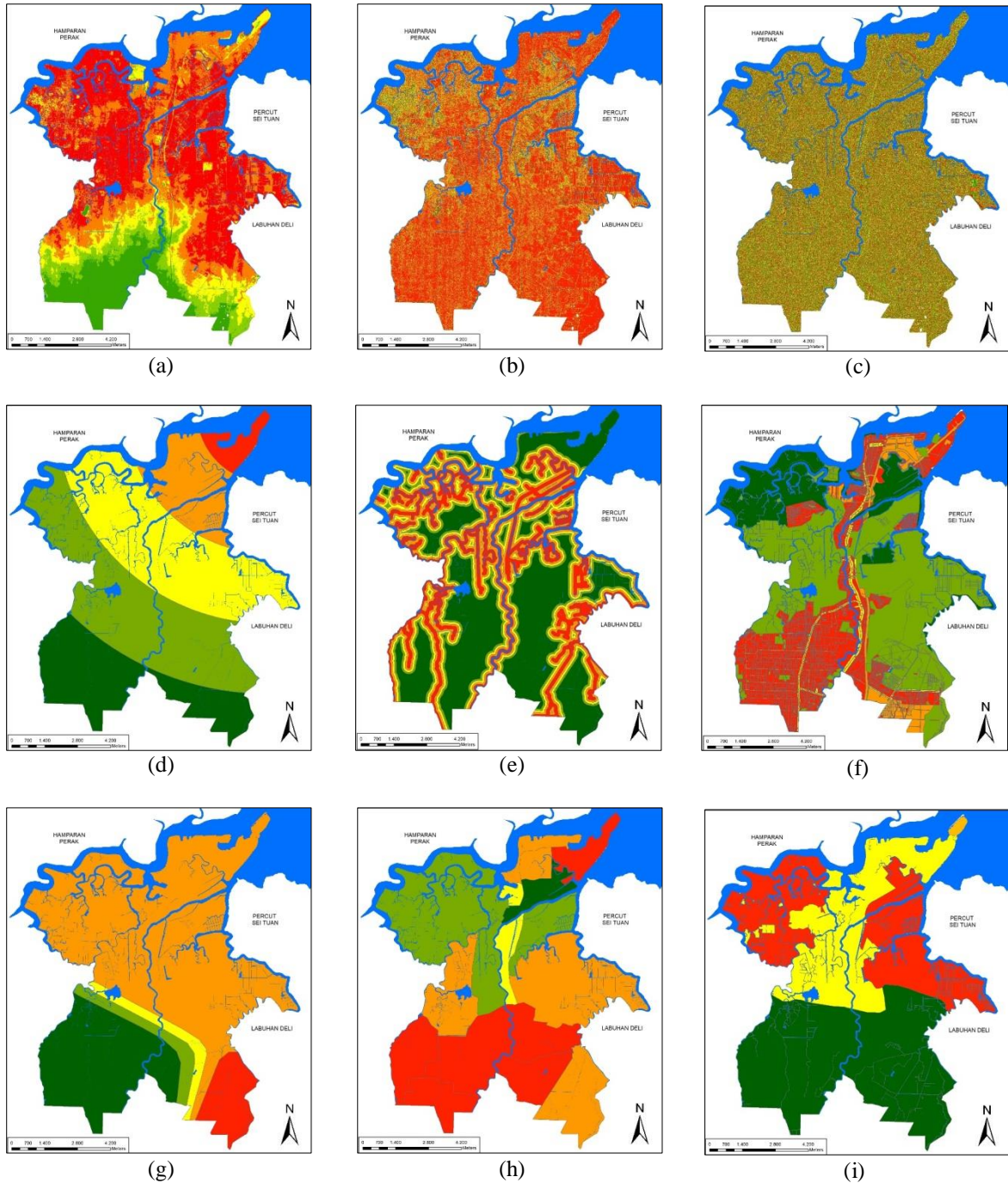
$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{9,251 - 9}{9 - 1} = 0,031 \quad (7)$$

5. Menentukan nilai konsistensi acak/*random consistency* (RI) berdasarkan Tabel 7, yaitu 1,45.

6. Menghitung nilai rasio konsistensi/*consistency ratio* (CR) dengan rumus:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,031}{1,45} = 0,021 \quad (8)$$

Dari hasil perhitungan uji konsistensi AHP di atas, didapatkan nilai CR lebih kecil dari 0,1 sehingga analisa AHP ini dapat dinyatakan konsisten.



Gambar 4. Peta hasil klasifikasi tiap kriteria: (a) elevasi, (b) *slope*, (c) aspek, (d) jarak dari laut, (e) jarak dari sungai, (f) tata guna lahan, (g) curah hujan, (h) *drainage density*, (i) jenis tanah

Hasil penskoran dan klasifikasi dengan GIS

Klasifikasi yang telah dilakukan sesuai Tabel 5, selanjutnya di-integrasi-kan dengan GIS di mana klasifikasi dibagi dalam lima tingkat (Tabel 6). Hasil klasifikasi tersebut berupa peta masing-masing kriteria yang ditunjukkan pada Gambar 4. Dilihat dari dokumentasi yang ada, kondisi banjir rob yang melanda area Medan Utara sudah sangat parah, pada tahun 2017 diberitakan ketinggian air maksimum ketika terjadi banjir rob telah mencapai

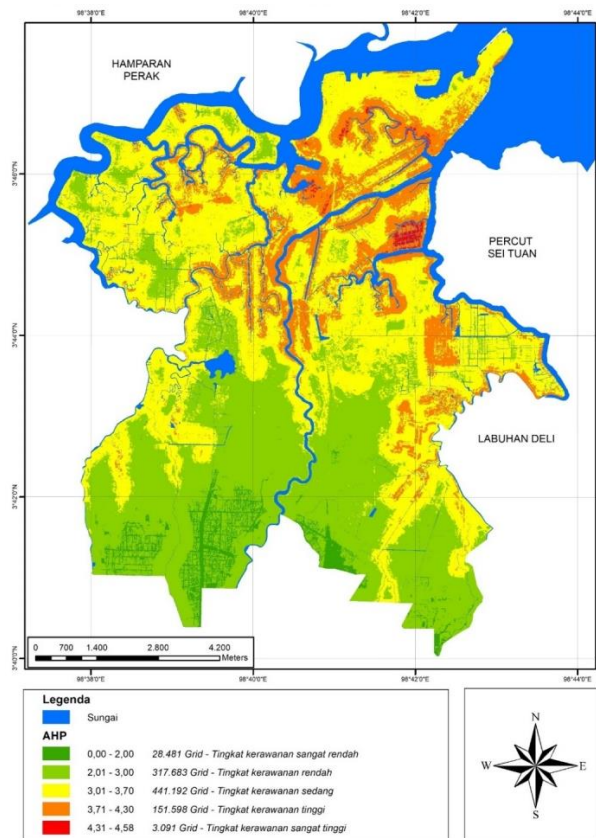
50 cm (Santama, 2017). Setelah dilakukan klasifikasi, terlihat bahwa area Medan Utara mempunyai elevasi lebih rendah di sisi utara yang berbatasan dengan laut. Dampak dari banjir rob semakin parah ketika melanda area pemukiman, terlihat pada Gambar 4(f), klasifikasi area pemukiman banyak yang berada pada daerah dengan elevasi rendah. Dari hasil klasifikasi *slope* pada Gambar 4(b), area Medan Utara mayoritas memiliki tingkat resiko tinggi, karena kondisi lahan yang sebagian besar mempunyai kemiringan

rendah. Hal ini diperparah juga dengan dengan *drainage density* yang cukup tinggi pada Gambar 4(h). Banjir rob yang melanda masyarakat Medan Utara sebagian berasal dari luapan air sungai, Hal ini terlihat pada Gambar 4(e) yang menunjukkan bahwa area ini dilalui cukup banyak sungai. Kondisi curah hujan yang tinggi pada Gambar 4(g) menyebabkan air pasang yang bergerak ke darat tertahan aliran air yang bersumber dari hujan deras sehingga kondisi ini yang menyebabkan banjir rob (detikNews, 2012). Dari jenis tanah pada Gambar 4(i), kondisi tanah pada daerah utara justru tanah dengan kondisi yang tidak mudah menyerap air

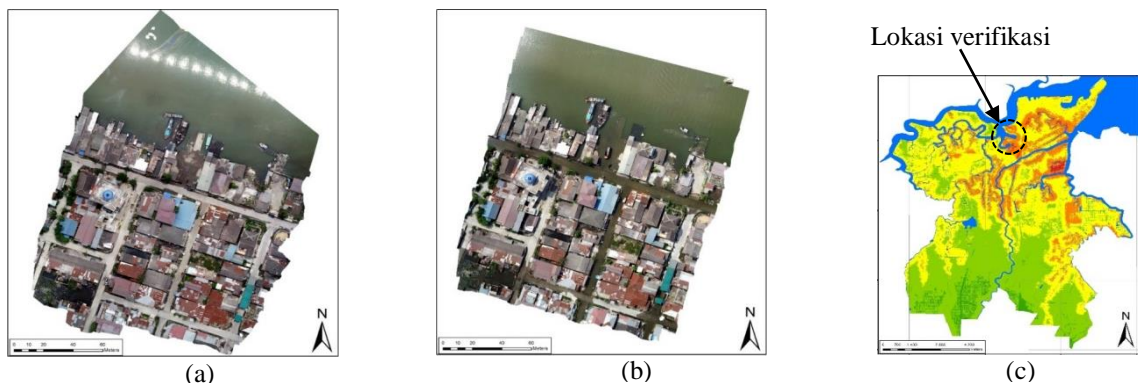
sehingga semakin meningkatkan resiko banjir rob pada daerah tersebut.

Hasil penggabungan semua peta klasifikasi

Peta klasifikasi kriteria di atas selanjutnya dibuat grid dengan ukuran 10 m x 10 m, sehingga setiap grid berisi skor dari ke 9 kriteria. Skor masing-masing kriteria tersebut dikalikan dengan bobot kriterianya dan dijumlahkan keseluruhan. Hasil peta zonasi dari skor AHP tersebut dapat terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta AHP zona rawan banjir rob di Medan Utara



Gambar 6. Hasil verifikasi: (a) kondisi sebelum terjadi banjir rob, (b) kondisi ketika terjadi banjir rob, (c) lokasi verifikasi.

Hasil analisa dari peta zonasi tersebut, menunjukkan bahwa area yang memiliki tingkat kerawanan banjir rob tinggi berada pada sisi utara. Ada beberapa lokasi seperti pelabuhan, meskipun berada dipaling utara, namun hanya memiliki tingkat kerawanan sedang. Hal ini dikarenakan desain ketinggian bangunan tersebut sudah memperhitungkan bahaya banjir rob. Lokasi dengan tingkat kerawanan banjir rob tinggi dan sangat tinggi, diakibatkan oleh banjir rob melalui sungai yang terletak tidak jauh dari muara laut.

Proses verifikasi

Proses ini menguji kebenaran hasil zonasi yang telah dibuat dengan cara melakukan tinjauan langsung ke lapangan saat terjadi banjir rob seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Verifikasi dilakukan tanggal 4 Juli 2019 pada waktu sebelum dan saat terjadi banjir rob. Lokasi yang dipilih untuk verifikasi adalah lokasi dengan tingkat kerawanan tinggi. Hasil verifikasi di lapangan, banjir rob menggenangi pemukiman setinggi ± 40 cm dan durasi terjadinya banjir sekitar 4-5 jam.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka ada beberapa poin kesimpulan yang dapat disampaikan adalah pemetaan zona rawan banjir dapat dilakukan secara rasional dan konsisten berdasarkan AHP dengan mempertimbangkan 2 aspek, yaitu aspek teknis berupa elevasi, *slope*, aspek, jarak dari laut, jarak dari sungai, curah hujan, jenis tanah dan *drainage density*, dan juga dengan aspek sosial lingkungan berupa tata guna lahan.

Pada saat ini dari hasil analisa tingkat kerawanan banjir rob di area Medan Utara, didapatkan hasil: (a) tingkat kerawanan sangat rendah seluas 284,81 ha (3,02%), (b) tingkat kerawanan rendah seluas 3.176,83 ha (33,72%), (c) tingkat kerawanan sedang seluas 4.411,92 ha (46,83%), (d) tingkat kerawanan tinggi seluas 1.515,98 ha (16,09%), (e) tingkat kerawanan sangat tinggi seluas 30,91 ha (0,33%). Dari hasil analisa diketahui bahwa dari 3 kecamatan pada Medan Utara, Kecamatan Medan Labuhan memiliki daerah terbesar untuk tingkat kerawanan yang sangat tinggi (skor AHP 4,3-4,7) yaitu 18,04 ha. Namun apabila kita juga memperhatikan daerah dengan tingkat kerawanan banjir rob tinggi (skor AHP 3,7-4,3), maka di Kecamatan Medan Belawan justru yang memiliki daerah terbesar dengan tingkat kerawanan tinggi (712,71 ha) dan sangat tinggi (12,87 ha).

Dari hasil penskoran daerah rawan banjir rob pada tingkat kelurahan, diketahui bahwa peringkat 3

besar untuk daerah yang paling rawan terkena banjir rob dengan parameter luas area yang beresiko tinggi dan sangat tinggi, antara lain: (a) Kecamatan Medan Labuhan - Kelurahan Nelayan Indah dengan luas area 316,12 ha. (b) Kecamatan Medan Belawan – Kelurahan Pulau Sicanang dengan luas area 231,96 ha. (c) Kecamatan Medan Belawan – Kelurahan Bagan Deli dengan luas area 133,87 ha.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Dr. Ir. Ahmad Perwira Mulia, M.Sc selaku ketua dosen yang membimbing jalannya penelitian ini, Dr. Zaid Perdana Nasution, ST, MT; Dr. Ir. Fahmi, ST, M.Sc, IPM; Ridwan Anas, ST, MT, Ph.D dan Medis S. Surbakti, ST, MT, Ph.D sebagai para ahli yang memberi masukan serta arahan pada penelitian ini, Ahmad Bima Nusa, ST. MT. sebagai rekan yang bersama-sama melakukan penelitian dengan penulis, Ivan Indrawan, ST. MT. dan Muhammad Faisal, ST. MT. sebagai para ahli yang memberikan saran penilaian skor kriteria dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Agarwal, E., Agarwal, R., Garg, R., & Garg, P. (2013). Delineation of groundwater potential zone: an AHP/ANP approach. *Journal of Earth System Science*, 122(3), 887–898.
- Ahakili, B. (2016). Metode multi criteria planning of urban infrastructure system (MCPUIS) dalam perencanaan tata ruang wilayah perkotaan. *Jurnal Technopreneur (JTech)*, 4(1), 43–51.
- Al-Harbi, K. M. A.-S. (2001). Application of the AHP in project management. *International Journal of Project Management*, 19(1), 19–27.
- Aydi, A., Abichou, T., Nasr, I. H., Louati, M., & Zairi, M. (2016). Assessment of land suitability for olive mill wastewater disposal site selection by integrating fuzzy logic, AHP, and WLC in a GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(1), 59.
- Calizaya, A., Meixner, O., Bengtsson, L., & Berndtsson, R. (2010). Multi-criteria decision analysis (MCDA) for integrated water resources management (IWRM) in the Lake Poopo Basin, Bolivia. *Water Resources Management*, 24(10), 2267–2289.
- Chabuk, A. J., Al-Ansari, N., Hussain, H. M., Knutsson, S., & Pusch, R. (2017). GIS-based assessment of combined AHP and SAW methods

- for selecting suitable sites for landfill in Al-Musayyab Qadhaa, Babylon, Iraq. *Environmental Earth Sciences*, 76(5), 209.
- Chowdary, V., Chakraborty, D., Jeyaram, A., Murthy, Y. K., Sharma, J., & Dadhwal, V. (2013). Multi-criteria decision making approach for watershed prioritization using analytic hierarchy process technique and GIS. *Water Resources Management*, 27(10), 3555–3571.
- DetikNews. (2012). Selain Supermoon, Banjir Rob di Medan juga Disebabkan Curah Hujan Tinggi. Retrieved from news.detik.com website: https://news.detik.com/berita/d-1912589/selain-supermoon-banjir-rob-di-medan-juga-disebabkan-curah-hujan-tinggi?_ga=2.5504054.4473571.1564980712-994419755.1527820920
- Gumusay, M. U., Koseoglu, G., & Bakirman, T. (2016). An assessment of site suitability for marina construction in Istanbul, Turkey, using GIS and AHP multicriteria decision analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(12), 677.
- Kamali, M., Alesheikh, A. A., Khodaparast, Z., Hosseiniakani, S. M., & Borazjani, S. A. A. (2015). Application of delphi-AHP and fuzzy-GIS approaches for site selection of large extractive industrial units in Iran. *Journal of Settlements and Spatial Planning*, 6(1), 9.
- Khodaparast, M., Rajabi, A. M., & Edalat, A. (2018). Municipal solid waste landfill siting by using GIS and analytical hierarchy process (AHP): a case study in Qom city, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 77(2), 52.
- Kurniawan, L. (2014). Kajian Banjir Rob di Kota Semarang (Kasus Dadapsari). *Alami*, 8(2).
- Marfai, M. A., King, L., Sartohadi, J., Sudrajat, S., Budiani, S. R., & Yulianto, F. (2008). The impact of tidal flooding on a coastal community in Semarang, Indonesia. *The Environmentalist*, 28(3), 237–248.
- Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2014). *Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment*, *Water*, 6, 1515–1545.
- Papaioannou, G., Vasiliades, L., & Loukas, A. (2015). Multi-criteria analysis framework for potential flood prone areas mapping. *Water Resources Management*, 29(2), 399–418.
- Popescu, D., Ichim, L., & Stoican, F. (2017). Unmanned aerial vehicle systems for remote estimation of flooded areas based on complex image processing. *Sensors*, 17(3), 446.
- Rahardjo, J., Yustina, R., & Stok, R. E. (2004). Penerapan multi-criteria decision making dalam pengambilan keputusan sistem perawatan. *Jurnal Teknik Industri*, 2(1), 1–12.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.
- Santama, J. (2017). Banjir Rob 50 Cm di Belawan Sumut, Ratusan Rumah Terendam. Retrieved from news.detik.com website: https://news.detik.com/berita/d-3485681/banjir-rob-50-cm-di-belawan-sumut-ratusan-rumah-terendam?_ga=2.253377292.4473571.1564980712-994419755.1527820920
- Serbu, R., Marza, B., & Borza, S. (2016). A spatial Analytic Hierarchy Process for identification of water pollution with GIS software in an eco-economy environment. *Sustainability*, 8(11), 1208.
- Wątróbski, J., Jankowski, J., Ziemba, P., Karczmarczyk, A., & Zioło, M. (2019). Generalised framework for multi-criteria method selection. *Omega*, 86, 107–124