



PRE-POSITIONING PUSAT DISTRIBUSI BANTUAN BENCANA BANJIR DI KOTA SURAKARTA, INDONESIA DENGAN MENGGUNAKAN METODA FUZZY ELECTRE

PRE-POSITIONING OF RELIEF DISTRIBUTION CENTER FOR FLOOD IN SURAKARTA REGENCY, INDONESIA USING FUZZY ELECTRE METHOD

Eko Setiawan^{a*}, Anggit Kartiko Murti^a

^aTeknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surakarta; Sukoharjo

*Korespondensi: Eko.Setiawan@ums.ac.id

Info Artikel:

- Artikel Masuk: 16 Juni 2021
- Artikel diterima: 3 Agustus 2021
- Tersedia Online: 30 September 2022

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memilih lokasi pusat distribusi bantuan bencana banjir di Kota Surakarta, Indonesia. Untuk keperluan tersebut, penelitian ini menggunakan metoda fuzzy Electre. Pengambilan data dilakukan dengan penyebaran kuesioner dan pelaksanaan wawancara kepada pihak yang berwenang di Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Surakarta. Dengan menggunakan metode fuzzy Electre dan dengan penyebaran kuesioner maupun wawancara tersebut, didapatkan 4 kriteria - yakni: lokasi aman dan dekat dengan lokasi banjir; lokasi cukup berada di ketinggian; lokasi berada di kelurahan yang tidak terdampak; dan lokasi merupakan tempat terjadinya korban terbanyak - dan 16 alternatif lokasi. Dari pengolahan data, Lapangan Joyotakan di Kelurahan Serengan terpilih sebagai alternatif lokasi terbaik untuk dijadikan pusat distribusi bantuan bencana banjir di Kota Surakarta. Hasil penelitian ini diharapkan mampu membantu BPBD Kota Surakarta di dalam menentukan lokasi pusat distribusi bantuan bencana banjir di Kota Surakarta untuk beberapa tahun mendatang.

Kata Kunci: Fuzzy Electre, Penentuan Lokasi, Surakarta

ABSTRACT

This research aims at selecting the right location of relief distribution center for flood di Surakarta Regency, Indonesia. Fuzzy Electre method is applied to achieving the aim. Data are taken by giving questionnaires and doing interviews to the right person at the Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) of Surakarta Regency. By implementing the aforementioned fuzzy Electre method, distributing questionnaires and conducting interviews, 4 criteria - that is: location is safe and close to the disaster areas; location is at an altitude; location is in unaffected Kelurahan; and location is at the highest number of victims - and 16 location alternatives are obtained. From data processing, Jototakan Ground located in Kelurahan Serengan is chosen as the best alternative for the location of relief distribution center for flood in Surakarta regency. It is expected that the results of the research can help the BPBD of Surakarta Regency in selecting the best location of relief distribution center for flood taking place in the regency for the next couple of years.

Keyword: Fuzzy Electre, Location Selection, Surakarta

Copyright © 2022 GJGP-UNDIP

This open access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC-BY-NC-SA) 4.0 International license.

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan suatu bencana secara efektif sangat krusial di dalam upaya menyelamatkan nyawa manusia dan mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh bencana dimaksud (Chen et al., 2020). Di Indonesia, pengelolaan bencana diatur di antaranya di dalam UU RI No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana (Sekretariat Negara RI, 2007), Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan

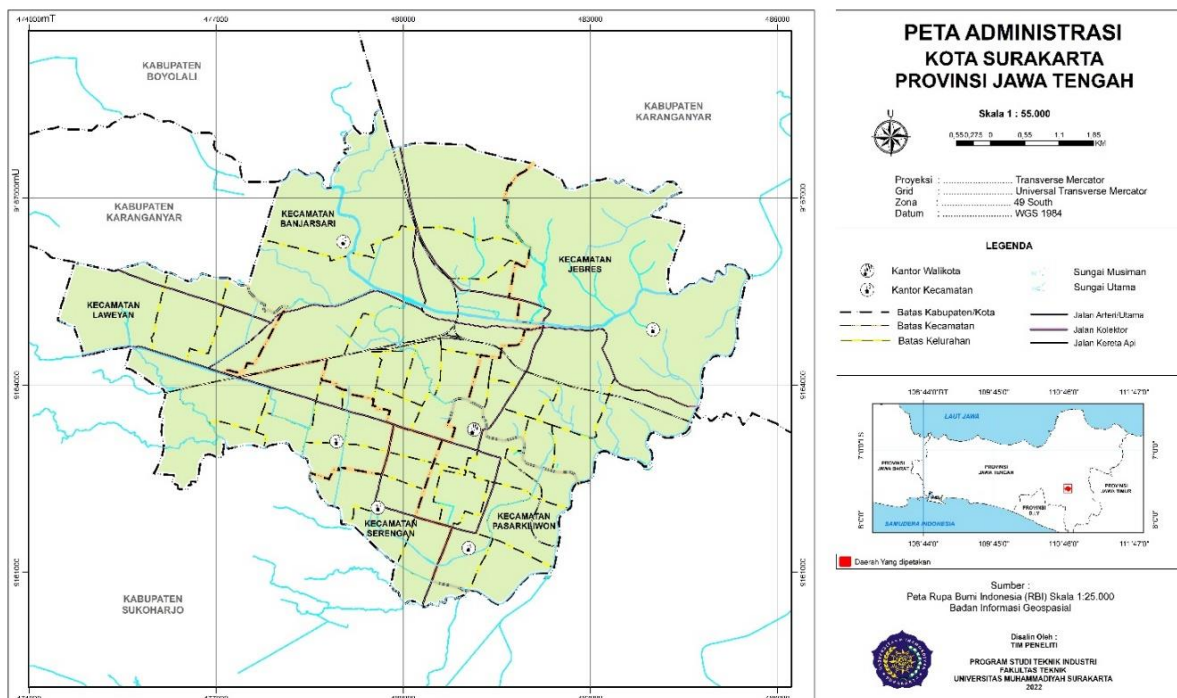
Penanggulangan Bencana (Sekretariat Negara RI, 2008), dan berbagai Peraturan Kepala (Perka) Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

Pengiriman bantuan kepada korban bencana alam secara tepat waktu dan efektif merupakan hal krusial (Mahootchi & Golmohammadi, 2018). Dukungan bantuan logistik harus tepat waktu, tepat lokasi, tepat sasaran, tepat kualitas, tepat kuantitas dan sesuai kebutuhan (BNPB, 2012). Perencanaan operasi bantuan kebencanaan yang tidak tepat dapat memperbanyak jumlah terjadinya lebih banyak kematian ketika bencana benar-benar terjadi (Doodman, Shokr, Bozorgi-Amiri, & Jolai, 2019).

Di Indonesia, UU RI No. 24 tahun 2007 pasal 18 menyebutkan bahwa “Untuk kesiapsiagaan dalam penyediaan, penyimpanan serta penyaluran logistik dan peralatan ke lokasi bencana, BNPB dan BPBD membangun sistem manajemen logistik dan peralatan”. Dalam hal ini, BNPB dan lembaga turunannya, BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah), dapat mendirikan gudang yang dapat difungsikan sebagai pusat distribusi bantuan kebencanaan. Pusat distribusi tersebut bertujuan untuk memudahkan pendistribusian logistik dan peralatan maupun menjamin ketersediaan logistik dan peralatan setiap waktu (BNPB, 2018).

Banjir merupakan salah satu jenis bencana alam. Meningkatnya frekuensi bencana banjir di seluruh dunia pada akhir-akhir ini disebabkan oleh fenomena yang beragam, di antaranya perubahan iklim (Miranda & Ferreira, 2019; Qi et al., 2021) serta urbanisasi yang meningkat dan penggunaan lahan (Miranda & Ferreira, 2019). Bencana banjir berdampak pada hilangnya nyawa manusia (Y. xin Chen, Tadikamalla, Shang, & Song, 2020; Qi et al., 2021; Smith, 2013; Yari et al., 2020) serta hilang atau rusaknya harta benda (Y. xin Chen et al., 2020; Evsyukov, Rudnev, Kuklev, & Borisov, 2014; Qi et al., 2021; Smith, 2013; Yari et al., 2020). Bencana banjir juga berimplikasi serius pada kualitas hidup dan kesehatan manusia (Okaka & Odhiambo, 2019).

Kota Surakarta – atau seringkali disebut dengan Solo – merupakan salah satu kota di Indonesia. Kota Surakarta terdiri atas 5 kecamatan - yakni Laweyan, Banjarsari, Serengan, Jebres, dan Kecamatan Pasar Kliwon - dan 54 kelurahan (BPS Kota Surakarta, 2021). Peta administrasi Kota Surakarta tersaji di Gambar 1, disalin dari (Dukcapil Kota Surakarta, 2021).



Sumber: Dukcapil Kota Surakarta, 2021
Gambar 1. Peta Wilayah Kota Surakarta

Kota Surakarta merupakan salah satu wilayah yang dilewati oleh Bengawan Solo, sungai terpanjang di Pulau Jawa. Hal ini berkontribusi terhadap terjadinya 23 kali banjir di Kota Surakarta selama periode waktu 2011-2021, menyebabkan 7690 orang terdampak dan 3152 jiwa harus diungsikan (BNPB, 2021). Data jumlah kelurahan di Surakarta yang mengalami bencana alam banjir dalam 10 tahun terakhir dapat dilihat di Tabel 1 (BPS Kota Surakarta, 2021). Ringkasan mengenai kelurahan-kelurahan di Kota Surakarta yang rawan banjir per 25 Oktober 2017 tersaji di Tabel 2 (Diskominfo Kota Surakarta, 2017).

Untuk mengurangi dampak banjir diperlukan tindakan-tindakan yang tepat (De Wrachien, Mambretti, & Schultz, 2011). Termasuk ke dalam tindakan-tindakan dimaksud adalah *pre-positioning* pusat distribusi bantuan kebencanaan, yakni penentuan lokasi pusat distribusi bantuan kebencanaan sebelum terjadinya bencana dimaksud. Lokasi pusat distribusi bantuan untuk potensi bencana yang mungkin timbul berperan penting di dalam operasi bantuan kebencanaan (T.-Y. Chen, 2017). *Pre-positioning* semacam itu dapat meningkatkan efisiensi operasi bantuan kebencanaan secara signifikan (Cavdur, Kose-Kucuk, & Sebatli, 2021).

Tabel 1. Jumlah Kelurahan di Kota Surakarta yang Mengalami Bencana Banjir Tahun 2018-2020

No.	Kecamatan	Jumlah Kelurahan yang Mengalami Banjir		
		2018	2019	2020
1	Laweyan	1	0	0
2	Serengan	1	0	0
3	Pasar Kliwon	1	1	3
4	Jebres	4	1	1
5	Banjarsari	1	0	3
Jumlah		8	2	7

Sumber: BPS Kota Surakarta, 2021

Tabel 2. Kelurahan-Kelurahan di Kota Surakarta yang Rawan Banjir Per 25 Oktober 2017

No.	Kecamatan	Kelurahan	Jumlah
1	Laweyan	Laweyan, Bumi, Jajar, Karangasem, Pajang	5
2	Serengan	Tipes, Joyotakan, Serengan, Jayengan	4
3	Pasar Kliwon	Semanggi, Sangkrah, kedunglumbu, Joyosuran, Pasar Kliwon, Kampung Baru	6
4	Jebres	Mojosongo, Jebres, Gandekan, Pucangsawit, Sewu, Sudioprajan	6
5	Banjarsari	Sumber, Banyuanyar, Gilingan, Nusukan, Kadipiro	5
Jumlah keseluruhan			26

Sumber: Diskominfo Kota Surakarta, 2017

Penelitian ini berkenaan dengan *pre-positioning* pusat distribusi bantuan bencana alam banjir di Kota Surakarta menggunakan metoda *fuzzy Electre*. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, penelitian dilakukan dengan melakukan wawancara dan menyebarkan kuesioner kepada pihak-pihak yang memiliki kompetensi. Dengan demikian, terdapat unsur subyektivitas dan *vagueness/fuzziness/kekaburan* pada pendapat dan penilaian oleh responden. Di samping itu, proses penentuan lokasi pusat distribusi bantuan bencana tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai kriteria. Karena kedua alasan tersebut, penulis menggunakan *Electre* yang mengakomodasi *fuzziness* sebagai metode penelitian.

Sejauh pengetahuan penulis, belum ada penelitian terdahulu yang berkenaan dengan *pre-positioning* pusat distribusi bantuan bencana banjir menggunakan metoda *fuzzy Electre*. Banyak persoalan *pre-positioning* pusat distribusi bantuan dan/atau evakuasi kebencanaan dirumuskan sebagai *integer linear*

programming problem (ILP) atau *mixed-integer linear programming problem* (MILP) (Baskaya, Ertem, & Duran, 2017; Condeixa, Leiras, Oliveira, & de Brito, 2017; Duran, Gutierrez, & Keskinocak, 2011; Galindo & Batta, 2013; Gama, Santos, & Scaparra, 2016; Gu, Zhou, Das, Moon, & Lee, 2018; Liang, Yang, Qin, & Tinta, 2019; Mostajabdaveh, Gutjahr, & Sibel Salman, 2019; Pérez-Galarce, Canales, Vergara, & Candia-Véjar, 2017; Trivedi & Singh, 2017; Velasquez, Mayorga, & Cruz, 2019). Sebagian peneliti merumuskan persoalan sejenis sebagai *mixed-integer non-linear programming problem* (MINLP) (Abazari, Aghsami, & Rabbani, 2021; Bayram & Yaman, 2018). Beberapa makalah menyajikan persoalan *pre-positioning* pusat distribusi bantuan bencana sebagai persoalan kriteria-tujuan majemuk (Abazari et al., 2021; Bai, Gao, & Liu, 2018; Curran, Bates, & Bell, 2014; Geng, Hou, & Zhang, 2020; Godschall, Smith, Hubler, & Kremer, 2020; Mohammadi, Ghomi, & Jolai, 2016; Soltani-Sobh, Heaslip, Scarlatos, & Kaiser, 2016). Persoalan-persoalan tersebut diselesaikan dengan menggunakan berbagai metode, di antaranya berbagai teknik optimisasi metaheuristik (Abazari et al., 2021; Gu et al., 2018; Klibi, Ichoua, & Martel, 2018; Li, Nozick, Xu, & Davidson, 2012; Liang et al., 2019; Mohammadi et al., 2016; Mostajabdaveh et al., 2019; Ozbay, Çavuş, & Kara, 2019; Velasquez et al., 2019; Xu et al., 2018; Zhao, Chen, et al., 2019; Zhao, Coates, & Xu, 2019); teknik optimisasi eksak (Baskaya et al., 2017; Mostajabdaveh et al., 2019; Ozbay et al., 2019; Pérez-Galarce et al., 2017); dan teknik pemeringkatan (Curran et al., 2014; Geng et al., 2020; Godschall et al., 2020; Trivedi, 2018).

Makalah ini disusun sebagai berikut: bagian 2 menyajikan metode penelitian yang merupakan bahan utama penulisan makalah ini. Hasil penelitian dan pembahasannya disajikan di bagian 3. Bagian terakhir makalah ini merangkum kesimpulan penelitian dan memaparkan beberapa penelitian lanjutan yang dapat ditempuh.

2. DATA DAN METODE

Setelah perumusan masalah, penelitian dilanjutkan dengan observasi dan pengambilan data. Observasi dilakukan dengan maksud untuk mengetahui alternatif lokasi-lokasi mana saja yang memungkinkan untuk dijadikan pusat distribusi bantuan bencana banjir. Observasi dilakukan dengan melihat langsung berbagai lokasi yang berada di Kota Surakarta yang diperkirakan dapat menjadi alternatif pusat distribusi bantuan bencana banjir di kota tersebut. Wawancara dilakukan untuk mengetahui alternative-alternatif lokasi pusat distribusi bantuan bencana banjir tersebut dan berbagai atributnya. Kuesioner dimaksudkan untuk mendapatkan bobot kriteria dan kecocokan antara berbagai alternatif lokasi dengan kriteria yang telah ditentukan. Narasumber wawancara dan pemberian kuesioner adalah Kepala Bagian Kepegawaian dan Penyuluh Bencana BPBD Kota Surakarta. Tahap selanjutnya yaitu pengolahan data dengan menggunakan metoda *fuzzy Electre* yang dicetuskan oleh (Hatami-Marbini, Tavana, Moradi, & Kangi, 2013). Dalam hal ini, metoda *fuzzy Electre* dimaksud tersusun atas 8 langkah berikut ini:

Langkah 1: Dapatkan bobot kepentingan masing-masing atribut keputusan.

Berikan penilaian kinerja kepada tiap-tiap alternatif berkenaan dengan tiap-tiap atribut.

Nyatakan penilaian linguistik sebagai bilangan-bilangan *fuzzy*.

Lakukan agregasi terhadap bobot kepentingan dan penilaian kinerja.

Susunlah suatu matriks keputusan *fuzzy*.

Langkah 2: Lakukan normalisasi terhadap matriks keputusan *fuzzy*.

Langkah 3: Hitunglah matriks keputusan *fuzzy* ternormalisasi dan terbobot tersebut.

Langkah 4: Hitunglah “jarak” antara dua buah alternatif.

Langkah 5: Susunlah matriks *concordance*.

Susunlah matriks *discordance*.

Langkah 6: Susunlah matriks Boolean E dan F.

Langkah 7: Susunlah matriks agregat.

Langkah 8: Susunlah suatu grafik keputusan dan lakukan pemeringkatan terhadap alternatif keputusan.

Penjelasan rinci mengenai langkah-langkah tersebut dapat dilihat di (Hatami-Marbini et al., 2013).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alternatif lokasi pusat distribusi bantuan bencana banjir yang diperoleh disajikan di Tabel 3. Alternatif lokasi pusat distribusi tersebut berupa 16 lokasi yang tersebar di semua kecamatan yang terdapat di Kota Surakarta. Empat alternatif berlokasi di Kecamatan Serengan, empat alternatif berada di kecamatan Jebres, empat alternatif berlokasi di Kecamatan Laweyan, dua alternatif berada di Kecamatan Pasar Kliwon, dan dua alternatif lokasi terletak di Kecamatan Banjarsari.

Tabel 3. Alternatif Lokasi Pusat Distribusi Bantuan Bencana Banjir

No.	Alternatif	Kode	No.	Alternatif	Kode
1	Lapangan Joyotakan, Serengan	L1	9	Balai Kelurahan Semanggi, Pasar Kliwon	L9
2	Balai Kelurahan Joyotakan, Serengan	L2	10	Balai Kelurahan Kadipiro, Banjarsari	L10
3	Lapangan Pucangsawit, Jebres	L3	11	Lapangan Serengan, Serengan	L11
4	Balai Kelurahan Pucangsawit, Jebres	L4	12	Balai Kelurahan Serengan, Serengan	L12
5	Rumah Ketua RW 11 Pucangsawit, Jebres	L5	13	Balai Kelurahan Mojosongo, Jebres	L13
6	Lapangan Pajang, Laweyan	L6	14	Balai Kelurahan Laweyan, Laweyan	L14
7	Balai Kelurahan Pajang, Laweyan	L7	15	Balai Kelurahan Sangkrah, Pasar Kliwon	L15
8	Rumah Ketua RW 11 Pajang, Laweyan	L8	16	Balai Kelurahan Banyuanyar, Banjarsari	L16

Tabel 4 memaparkan pendapat narasumber, yakni Kepala Bagian Kepegawaian dan Penyuluh Bencana BPBD Kota Surakarta, tentang atribut-atribut yang digunakan di dalam menilai berbagai alternatif lokasi tersebut. Ada empat atribut lokasi bantuan bencana yang dipaparkan oleh narasumber yang dilihat dari jarak, ketinggian dari permukaan air, lokasi yang tidak terkena dampak bencana, dan jumlah korban bencana.

Tabel 4. Atribut Lokasi Pusat Distribusi Bantuan Bencana Banjir

No.	Atribut	Kode
1	Lokasi aman dan dekat dengan lokasi banjir	A1
2	Lokasi cukup berada di ketinggian	A2
3	Lokasi berada di kelurahan yang tidak terdampak	A3
4	Lokasi merupakan tempat terjadinya korban terbanyak	A4

Atribut/ kriteria penentuan pusat lokasi distribusi bantuan bencana banjir yang digunakan di dalam penelitian ini (lihat Tabel 4) sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya. "Lokasi aman-bencana atau aman-risiko-bencana" merupakan atribut/kriteria/sub-kriteria yang digunakan di dalam penentuan lokasi gudang bantuan kemanusiaan (Ak & Acat, 2021; Hakim & Kusumastuti, 2018; Hallak & Mic, 2021; Roh, Shin, & Seo, 2018) dan lokasi pengungsian (Çetinkaya, Özceylan, Erbaş, & Kabak, 2016; Wei, Li, Li, Liu, & Cheng, 2012). "Kedekatan lokasi dengan wilayah yang terdampak bencana" sebagai atribut/kriteria/sub-kriteria penentuan lokasi gudang bantuan kemanusiaan dapat ditemui, misalnya, di dalam penelitian (Ak & Acat, 2021; Ali Torabi, Shokr, Tofighi, & Heydari, 2018; Hallak & Mic, 2021; Susanty, Bakhtiar, & Sulistyawan, 2016; Yılmaz & Kabak, 2020). Dalam kaitannya dengan lokasi pengungsian, atribut/kriteria/sub-kriteria berupa "Kedekatan lokasi dengan wilayah yang terdampak bencana" disebutkan, di antaranya, oleh (Çetinkaya et al., 2016; Sanyal & Lu, 2009; Tai, Lee, & Lin, 2010). Berkenaan dengan gudang bantuan kemanusiaan atau lokasi pengungsian

tersebut, atribut/kriteria/sub-kriteria berupa "Lokasi merupakan tempat terjadinya korban terbanyak" sejalan dengan atribut/kriteria/sub-kriteria "Kedekatan lokasi dengan korban/penerima bantuan" (Bolturk, Onar, Oztaysi, Kahraman, & Goztepe, 2016; Roh et al., 2018) atau "Lokasi yang dapat memberikan pelayanan maksimum kepada korban" (Sanyal & Lu, 2009). "Lokasi cukup berada di ketinggian" sejalan dengan atribut/kriteria/sub-kriteria yang digunakan di dalam (Çetinkaya et al., 2016).

Tabel 5 menyajikan penilaian narasumber mengenai kesesuaian alternatif berkenaan dengan tiap-tiap atribut dengan menggunakan skala penilaian STC (sangat tidak cocok), TC (tidak cocok), B (biasa saja), C (cocok), dan SC (sangat cocok). Dalam tabel tersebut terlihat bahwa distribusi pendapat narasumber di tiap lokasi memiliki kesesuaian dengan atribut yang disarankan. Terlihat dalam tabel, untuk atribut keamanan dan jarak (A1) dan ketinggian (A2), Lapangan Pajang; Balai Kelurahan Pajang; dan rumah Ketua RW 11 Pajang dinilai cocok, namun alternatif-alternatif tersebut secara umum dinilai sangat tidak cocok untuk atribut wilayah tidak terdampak (A2) dan jumlah korban (A4). Dari 16 alternatif lokasi, terdapat tujuh lokasi yang sangat tidak cocok untuk dijadikan lokasi pusat bantuan bencana dilihat dari semua atribut. Ketujuh lokasi tersebut adalah Balai Kelurahan Kadipiro, Lapangan Serengan, Balai Kelurahan Serengan, Balai Kelurahan Mojosongo, Balai Kelurahan Laweyan, Balai Kelurahan Sangkrah, dan Balai Kelurahan Banyuanyar.

Tabel 5. Penilaian Narasumber Mengenai Kesesuaian Alternatif Berkenaan dengan Tiap-Tiap Atribut

Kode	Alternatif	Atribut			
		A1	A2	A3	A4
L1	Lapangan Joyotakan, Serengan	B	C	STC	TC
L2	Balai Kelurahan Joyotakan, Serengan	C	C	TC	B
L3	Lapangan Pucangsawit, Jebres	SC	TC	STC	TC
L4	Balai Kelurahan Pucangsawit, Jebres	SC	STC	TC	TC
L5	Rumah Ketua RW 11 Pucangsawit, Jebres	SC	STC	STC	TC
L6	Lapangan Pajang, Laweyan	C	C	STC	STC
L7	Balai Kelurahan Pajang, Laweyan	C	C	TC	STC
L8	Rumah Ketua RW 11 Pajang, Laweyan	C	C	STC	STC
L9	Balai Kelurahan Semanggi, Pasar Kliwon	TC	STC	TC	SC
L10	Balai Kelurahan Kadipiro, Banjarsari	STC	STC	STC	STC
L11	Lapangan Serengan, Serengan	STC	STC	STC	STC
L12	Balai Kelurahan Serengan, Serengan	STC	STC	STC	STC
L13	Balai Kelurahan Mojosongo, Jebres	STC	STC	STC	STC
L14	Balai Kelurahan Laweyan, Laweyan	STC	STC	STC	STC
L15	Balai Kelurahan Sangkrah, Pasar Kliwon	STC	STC	STC	STC
L16	Balai Kelurahan Banyuanyar, Banjarsari	STC	STC	STC	STC

Hasil pembobotan atribut dapat dilihat pada Tabel 6, di mana skala penilaian yang digunakan adalah STP (sangat tidak penting), TP (tidak penting), CP (cukup penting), P (penting), dan SP (sangat penting). Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa atribut keamanan dan jarak (A1) memiliki bobot tertinggi dibandingkan bobot lainnya. Sementara itu, lokasi yang merupakan daerah yang tidak terdampak (A3) memiliki bobot terendah.

Tabel 6. Bobot Setiap Atribut

Atribut	Nilai Pembobotan	Jumlah Dibagi 3	Persen
Lokasi aman dan dekat dengan lokasi banjir (A1)	SP	4,667	0,298
Lokasi cukup berada di ketinggian (A2)	P	4	0,255
Lokasi berada di kelurahan yang tidak terdampak (A3)	CP	3	0,191
Lokasi merupakan tempat terjadinya korban terbanyak (A4)	P	4	0,255
Jumlah		15,667	1,000

Hasil perhitungan bobot fuzzy ternormalisasi dan hasil matriks normalisasi dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2. Kedua hasil tersebut diperlukan untuk menghasilkan Tabel 7, yakni bobot pada setiap atribut. Dari Tabel 7, terlihat bahwa lokasi yang memiliki bobot terbesar (0,0113) pada atribut A1 adalah Lapangan Pucangsawit, Jebres; Balai Kelurahan Pucangsawit, Jebres; dan Rumah Ketua RW 11 Pucangsawit, Jebres. Sementara itu, untuk atribut A2, lokasi yang memiliki bobot terbesar (0,0150) adalah Balai Kelurahan Pajang, Laweyan. Alternatif lokasi dengan bobot terbesar pada atribut A3 (yakni 0,0053) adalah Balai Kelurahan Joyotakan, Serengan; Balai Kelurahan Pucangsawit, Jebres; Balai Kelurahan Pajang, Laweyan; dan Balai Kelurahan Semanggi, Pasar Kliwon. Terakhir, pada atribut A4, lokasi yang memiliki bobot tertinggi adalah Balai Kelurahan Semanggi, Pasar Kliwon, dengan nilai bobot sebesar 0,0229.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Bobot pada Setiap Atribut

Kode	Alternatif	Atribut			
		A1	A2	A3	A4
L1	Lapangan Joyotakan, Serengan	0,0083	0,0110	0,0024	0,0093
L2	Balai Kelurahan Joyotakan, Serengan	0,0083	0,0110	0,0053	0,0093
L3	Lapangan Pucangsawit, Jebres	0,0113	0,0028	0,0024	0,0041
L4	Balai Kelurahan Pucangsawit, Jebres	0,0113	0,0012	0,0053	0,0041
L5	Rumah Ketua RW 11 Pucangsawit, Jebres	0,0113	0,0012	0,0024	0,0041
L6	Lapangan Pajang, Laweyan	0,0083	0,0110	0,0024	0,0018
L7	Balai Kelurahan Pajang, Laweyan	0,0083	0,0150	0,0053	0,0018
L8	Rumah Ketua RW 11 Pajang, Laweyan	0,0083	0,0110	0,0024	0,0018
L9	Balai Kelurahan Semanggi, Pasar Kliwon	0,0021	0,0012	0,0053	0,0225
L10	Balai Kelurahan Kadipiro, Banjarsari	0,0009	0,0012	0,0024	0,0018
L11	Lapangan Serengan, Serengan	0,0009	0,0012	0,0024	0,0018
L12	Balai Kelurahan Serengan, Serengan	0,0009	0,0012	0,0024	0,0018
L13	Balai Kelurahan Mojosongo, Jebres	0,0009	0,0012	0,0024	0,0018
L14	Balai Kelurahan Laweyan, Laweyan	0,0009	0,0012	0,0024	0,0018
L15	Balai Kelurahan Sangkrah, Pasar Kliwon	0,0009	0,0012	0,0024	0,0018
L16	Balai Kelurahan Banyuanyar, Banjarsari	0,0009	0,0012	0,0024	0,0018

Lampiran 3 dan Lampiran 4 masing-masing menyajikan hasil perhitungan indeks *concordance* dan indeks *discordance*. Perhitungan *concordance set* dominan dan *discordance set* dominan tersaji di Lampiran 5 dan Lampiran 6. Matriks agregat dominan, sementara itu, disajikan di Lampiran 7. Lampiran 3 hingga Lampiran 7 tersebut diperlukan untuk menghasilkan Tabel 8, yakni hasil penjumlahan baris dari matriks agregat dominan serta hasil pemeringkatan yang diperoleh. Urutan pemeringkatan di Tabel 8 didasarkan pada hasil penjumlahan baris dari matriks agregat dominan tersebut.

Tabel 8. Pemeringkatan Alternatif Lokasi

Kode	Alternatif	Jumlah Baris dalam Matriks Agregat Dominan	Peringkat
L1	Lapangan Joyotakan, Serengan	7	1
L4	Balai Kelurahan Pucangsawit, Jebres	5	2
L5	Rumah Ketua RW 11 Pucangsawit, Jebres	4	3
L7	Balai Kelurahan Pajang, Laweyan	3	4
L3	Lapangan Pucangsawit, Jebres	3	4
L2	Balai Kelurahan Joyotakan, Serengan	2	5
L6	Lapangan Pajang, Laweyan	1	6
L5	Rumah Ketua RW 11 Pajang, Laweyan	1	6
L9	Balai Kelurahan Semanggi, Pasar Kliwon	0	7
L10	Balai Kelurahan Kadipiro, Banjarsari	0	7
L11	Lapangan Serengan, Serengan	0	7
L12	Balai Kelurahan Serengan, Serengan	0	7
L13	Balai Kelurahan Mojosongo, Jebres	0	7
L14	Balai Kelurahan Laweyan, Laweyan	0	7
L15	Balai Kelurahan Sangkrah, Pasar Kliwon	0	7
L16	Balai Kelurahan Banyuanyar, Banjarsari	0	7

Berdasarkan serangkaian perhitungan yang telah dilakukan dan berujung hasil sebagaimana tersaji di Tabel 8, lapangan di Kelurahan Joyotakan (L1) terpilih sebagai alternatif dengan peringkat pertama; Balai Kelurahan Pucangsawit (L4) sebagai alternatif dengan peringkat kedua; serta rumah Ketua RW 11 Kelurahan Pucangsawit (L5) sebagai alternatif dengan peringkat ketiga. Dengan melihat hasil penjumlahan baris dalam matriks agregat dominan yang tersaji di Tabel 8, terlihat bahwa pengambil keputusan memiliki preferensi yang sangat tinggi terhadap Lapangan Joyotakan di Kecamatan Serengan sebagai alternatif lokasi pusat distribusi bantuan bencana banjir. Hal ini ditunjukkan oleh angka 7 sebagai jumlah baris dalam matriks agregat dominan bagi alternatif lokasi tersebut. Angka ini 2 satuan lebih tinggi daripada angka yang sama berkenaan dengan balai Kelurahan Pucangsawit, Jebres sebagai alternatif yang menempati peringkat kedua. Balai Kelurahan Pucang Sawit di Kecamatan Jebres, sementara itu, hanya dinilai sebagai alternatif yang sedikit lebih baik daripada Rumah Ketua RW 11 Pucangsawit di kecamatan yang sama.

Tabel 8 juga menyajikan delapan lokasi yang menempati posisi alternatif terendah, yaitu Balai Kelurahan Semanggi (L9); Balai Kelurahan Kadipiro (L10), Serengan Kecamatan (L11), Lapangan Serengan (L12), Balai Kelurahan Mojosongo (L13), Balai Kelurahan Laweyan (L14), Balai Kelurahan Sangkrah (L15), dan Balai Kelurahan Banyuanyar (L16) sebagai tiga alternatif dengan peringkat terendah. kedelapan alternatif tersebut sama sekali tidak menjadi preferensi pengambil keputusan dalam kaitannya dengan pemilihan lokasi pusat distribusi bantuan bencana banjir ini. Hal ini terlihat dari hasil penjumlahan baris dalam matriks agregat dominan berkenaan dengan kedelapan alternatif tersebut yang bernilai 0.

Terpilihnya lapangan Joyotakan, Serengan sebagai alternatif yang paling diinginkan oleh pengambil keputusan tidaklah mengherankan. Sebagaimana diketahui, Bengawan Solo – dan beberapa anak sungainya di Kota Surakarta, di antaranya Kali Pepe dan Kali Jenes - merupakan sumber banjir bagi wilayah-wilayah bantaran sepanjang sungai tersebut, termasuk di Kota Surakarta. Dari berbagai data masa lalu, wilayah-wilayah di bantaran Bengawan Solo di Surakarta seringkali mengalami banjir. Hal ini terjadi, misalnya, di Kelurahan Sewu, Kecamatan Jebres dan Kelurahan Semanggi, Kecamatan Pasar Kliwon berkenaan dengan banjir di awal tahun 2021 (Tribunnews.com, 2021); di Kelurahan Sewu dan di Kelurahan Jebres, Kecamatan Jebres dan di Kelurahan Semanggi, Kecamatan Pasar Kliwon berkenaan dengan banjir di bulan Desember 2020 (Solo Pos, 2020); di Kelurahan Jebres, Kecamatan Jebres selama puluhan tahun (Solo Pos, 2021); dan di

Kelurahan Sewu dan Kelurahan Jebres, Kecamatan Jebres, hampir setiap tahun (Jawa Pos Radar Solo, 2021). Kelurahan Joyotakan relatif dekat dengan wilayah-wilayah yang sering dilanda banjir tersebut. Aspek kedekatan dengan wilayah banjir, sebagaimana tersaji di Tabel 6, merupakan kriteria dengan bobot tertinggi.

Pentingnya kedekatan alternatif terpilih dengan wilayah bencana juga merupakan temuan dari beberapa penelitian sebelumnya. (Ak & Acat, 2021) menemukan bahwa, dari lima kriteria untuk menentukan alternatif lokasi gudang kemanusiaan, “Karakteristik geografis” merupakan kriteria terpenting ke-2, sedangkan “Kedekatan alternatif lokasi dengan wilayah bencana” merupakan sub-kriteria dengan bobot tertinggi di dalam kriteria karakteristik geografis tersebut. Di dalam penelitian (Hallak & Mic, 2021) mengenai penentuan lokasi gudang bantuan kemanusiaan berupa wabah Covid-19 di Syria, kriteria “Kedekatan alternatif lokasi dengan kamp-kamp permintaan” menempati peringkat tertinggi ke-2 dari 9 kriteria. Dalam kaitannya dengan penentuan lokasi gudang darurat bencana di Provinsi DKI Jakarta, Indonesia (Susanty et al., 2016), “Kedekatan dengan lokasi rawan bencana” didapati sebagai sub-kriteria dengan bobot kepentingan tertinggi ke-2 dari 19 sub-kriteria yang diperoleh.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Lapangan Joyotakan di Kecamatan Serengan merupakan alternatif terbaik untuk dijadikan lokasi pusat distribusi bantuan bencana banjir di Wilayah Kota Surakarta dalam beberapa tahun setelah dilaksanakannya penelitian ini. Pilihan tersebut didasarkan pada 4 atribut, yaitu lokasi aman dan dekat dengan banjir, tempat yang lebih tinggi, kelurahan yang tidak terdampak dan korban terbanyak. Hasil yang diberikan yaitu berupa pemeringkatan alternatif-alternatif yang telah ditentukan, yang mana peringkat tertinggi adalah lokasi yang terbaik untuk dijadikan pusat distribusi bantuan logistik bencana banjir, lokasi ini yaitu Lapangan Joyotakan, Serengan Surakarta. Dihasilkannya Lapangan Joyotakan di Kelurahan Joyotakan, Kecamatan Serengan sebagai alternatif lokasi terbaik diharapkan membantu BPBD Kota Surakarta di dalam menentukan lokasi pusat distribusi bantuan bencana banjir di Kota Surakarta untuk beberapa tahun mendatang.

5. PERNYATAAN RESMI

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada BPBD Kota Surakarta dan BPS Kota Surakarta yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Astrid yang telah membantu proses penyiapan peta pada Gambar 1 di dalam makalah ini.

6. REFERENSI

- Abazari, S. R., Aghsami, A., & Rabbani, M. (2021). Prepositioning and distributing relief items in humanitarian logistics with uncertain parameters. *Socio-Economic Planning Sciences*, 74(August 2019), 100933. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100933>
- Ak, M. F., & Acat, D. (2021). Selection of humanitarian supply chain warehouse location: A case study based on the MCDM methodology. *European Journal of Science and Technology*, (22), 400–409. <https://doi.org/10.31590/ejosat.849896>
- Ali Torabi, S., Shokr, I., Tofighi, S., & Heydari, J. (2018). Integrated relief pre-positioning and procurement planning in humanitarian supply chains. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 113(March), 123–146. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.03.012>
- Bai, X., Gao, J., & Liu, Y. (2018). Prepositioning emergency supplies under uncertainty. Parametric optimization method. *Engineering Optimization*, 50(7), 1114–1133. <https://doi.org/10.1080/0305215X.2017.1328508>
- Baskaya, S., Ertem, M. A., & Duran, S. (2017). Pre-positioning of relief items in humanitarian logistics considering lateral transshipment opportunities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 57, 50–60. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2016.09.001>
- Bayram, V., & Yaman, H. (2018). Shelter location and evacuation route assignment under uncertainty: A benders decomposition approach. *Transportation Science*, 52(2), 416–436. <https://doi.org/10.1287/trsc.2017.0762>

- BNPB. (2012). *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 10 tahun 2012 tentang Pengelolaan bantuan logistik pada status keadaan darurat bencana* (p. 40). p. 40.
- BNPB. (2018). Peraturan Badan Nasional Penanggulangan Bencana Republik Indonesia nomor 04 tahun 2018 tentang Sistem manajemen logistik dan peralatan. *Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 828*, p. 13.
- BNPB. (2021). Data & Informasi Bencana Indonesia. Retrieved February 26, 2021, from BNPB website: <https://dibi.bnpb.go.id/>
- Bolturk, E., Onar, S. C., Oztaysi, B., Kahraman, C., & Goztepe, K. (2016). Multiattribute warehouse location selection in humanitarian logistics using hesitant fuzzy AHP. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 8(2), 271–298. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v8i2.387>
- BPS Kota Surakarta. (2021). *Kota Surakarta dalam Angka*. Surakarta: BPS Kota Surakarta.
- Cavdur, F., Kose-Kucuk, M., & Sebatli, A. (2021). Allocation of Temporary Disaster-Response Facilities for Relief-Supplies Distribution: A Stochastic Optimization Approach for Afterdisaster Uncertainty. *Natural Hazards Review*, 22(1), 05020013. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)nh.1527-6996.0000416](https://doi.org/10.1061/(asce)nh.1527-6996.0000416)
- Çetinkaya, C., Özceylan, E., Erbaş, M., & Kabak, M. (2016). GIS-based fuzzy MCDA approach for siting refugee camp: A case study for southeastern Turkey. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18, 218–231. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.07.004>
- Chen, T.-Y. (2017). A likelihood-based assignment method for multiple criteria decision analysis with interval type-2 fuzzy information. *Neural Computing and Applications*, 28(12), 4023–4045. <https://doi.org/10.1007/s00521-016-2288-6>
- Chen, Y. xin, Tadikamalla, P. R., Shang, J., & Song, Y. (2020). Supply allocation: bi-level programming and differential evolution algorithm for Natural Disaster Relief. *Cluster Computing*, 23(1), 203–217. <https://doi.org/10.1007/s10586-017-1366-6>
- Condeixa, L. D., Leiras, A., Oliveira, F., & de Brito, I. (2017). Disaster relief supply pre-positioning optimization: A risk analysis via shortage mitigation. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 25, 238–247. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.09.007>
- Curran, R. W., Bates, M. E., & Bell, H. M. (2014). Multi-criteria decision analysis approach to site suitability of U.S. Department of Defense humanitarian assistance projects. *Procedia Engineering*, 78, 59–63. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.039>
- De Wrachien, D., Mambretti, S., & Schultz, B. (2011). Flood management and risk assessment in flood-prone areas: Measures and solutions. *Irrigation and Drainage*, 60(2), 229–240. <https://doi.org/10.1002/ird.557>
- Diskominfo Kota Surakarta. (2017). Separuh Kelurahan di Surakarta Rawan Banjir. Retrieved May 31, 2021, from Diskominfo Kota Surakarta website: <https://surakarta.go.id/?p=8253>
- Doodman, M., Shokr, I., Bozorgi-Amiri, A., & Jolai, F. (2019). Pre-positioning and dynamic operations planning in pre- and post-disaster phases with lateral transshipment under uncertainty and disruption. *Journal of Industrial Engineering International*, 15(s1), 53–68. <https://doi.org/10.1007/s40092-019-0317-7>
- Dukcapil Kota Surakarta. (2021). Peta Kota Surakarta. Retrieved May 18, 2021, from <https://dispendumcapil.surakarta.go.id/pelayanan-kami/pelayanan-online/siaksara/>
- Duran, S., Gutierrez, M. A., & Keskinocak, P. (2011). Pre-positioning of emergency items for CARE international. *Interfaces*, 41(3), 223–237. <https://doi.org/10.1287/inte.1100.0526>
- Evsyukov, Y. D., Rudnev, V. I., Kuklev, S. B., & Borisov, D. G. (2014). Changed bottom relief of Golubaya Bay after the catastrophic flood of July 6-7, 2012, northeastern Black Sea. *Doklady Earth Sciences*, 456(1), 627–630. <https://doi.org/10.1134/S1028334X14030246>
- Galindo, G., & Batta, R. (2013). Prepositioning of supplies in preparation for a hurricane under potential destruction of prepositioned supplies. *Socio-Economic Planning Sciences*, 47(1), 20–37. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2012.11.002>
- Gama, M., Santos, B. F., & Scaparra, M. P. (2016). A multi-period shelter location-allocation model with evacuation orders for flood disasters. *EURO Journal on Computational Optimization*, 4(3–4), 299–323. <https://doi.org/10.1007/s13675-015-0058-3>
- Geng, S., Hou, H., & Zhang, S. (2020). Multi-criteria location model of emergency shelters in humanitarian logistics. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su12051759>
- Godschall, S., Smith, V., Hubler, J., & Kremer, P. (2020). A decision process for optimizing multi-hazard shelter location using global data. *Sustainability (Switzerland)*, 12(15), 1–18. <https://doi.org/10.3390/SU12156252>
- Gu, J., Zhou, Y., Das, A., Moon, I., & Lee, G. M. (2018). Medical relief shelter location problem with patient severity under a limited relief budget. *Computers and Industrial Engineering*, 125, 720–728. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.03.027>

- Hakim, R. T., & Kusumastuti, R. D. (2018). A model to determine relief warehouse location in East Jakarta using the analytic hierarchy process. *International Journal of Technology*, 9(7), 1405–1414. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v9i7.1596>
- Hallak, J., & Mic, P. (2021). Multi criteria decision making approach to the evaluation of humanitarian relief warehouses integrating fuzzy logic: A case study in Syria. *European Journal of Science and Technology*, (22), 71–80. <https://doi.org/10.31590/ejosat.850693>
- Hatami-Marbini, A., Tavana, M., Moradi, M., & Kangi, F. (2013). A fuzzy group Electre method for safety and health assessment in hazardous waste recycling facilities. *Safety Science*, 51(1), 414–426. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.08.015>
- Jawa Pos Radar Solo. (2021). Kisah Mereka Yang Akrab Disapa Banjir Bengawan Solo. Retrieved June 1, 2021, from <https://radarsolo.jawapos.com/> website: <https://radarsolo.jawapos.com/read/2021/02/05/239563/kisah-mereka-yang-akrab-disapa-banjir-bengawan-solo>
- Klibi, W., Ichoua, S., & Martel, A. (2018). Prepositioning emergency supplies to support disaster relief: A case study using stochastic programming. *Infor*, 56(1), 50–81. <https://doi.org/10.1080/03155986.2017.1335045>
- Li, A. C. Y., Nozick, L., Xu, N., & Davidson, R. (2012). Shelter location and transportation planning under hurricane conditions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(4), 715–729. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.12.004>
- Liang, B., Yang, D., Qin, X., & Tinta, T. (2019). A risk-averse shelter location and evacuation routing assignment problem in an uncertain environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20), 1–28. <https://doi.org/10.3390/ijerph16204007>
- Mahootchi, M., & Golmohammadi, S. (2018). Developing a new stochastic model considering bi-directional relations in a natural disaster: a possible earthquake in Tehran (the Capital of Islamic Republic of Iran). *Annals of Operations Research*, 269(1–2), 439–473. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2596-y>
- Miranda, F. N., & Ferreira, T. M. (2019). A simplified approach for flood vulnerability assessment of historic sites. *Natural Hazards*, 96(2), 713–730. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-03565-1>
- Mohammadi, R., Ghomi, S. M. T. F., & Jolai, F. (2016). Prepositioning emergency earthquake response supplies: A new multi-objective particle swarm optimization algorithm. *Applied Mathematical Modelling*, 40(9–10), 5183–5199. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2015.10.022>
- Mostajabdaveh, M., Gutjahr, W. J., & Sibel Salman, F. (2019). Inequity-averse shelter location for disaster preparedness. *IIE Transactions*, 51(8), 809–829. <https://doi.org/10.1080/24725854.2018.1496372>
- Okaka, F. O., & Odhiambo, B. D. O. (2019). Health vulnerability to flood-induced risks of households in flood-prone informal settlements in the Coastal City of Mombasa, Kenya. *Natural Hazards*, 99(2), 1007–1029. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03792-0>
- Ozbay, E., Çavuş, Ö., & Kara, B. Y. (2019). Shelter site location under multi-hazard scenarios. *Computers and Operations Research*, 106, 102–118. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.02.008>
- Pérez-Galarce, F., Canales, L. J., Vergara, C., & Candia-Véjar, A. (2017). An optimization model for the location of disaster refuges. *Socio-Economic Planning Sciences*, 59, 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2016.12.001>
- Qi, W., Ma, C., Xu, H., Chen, Z., Zhao, K., & Han, H. (2021). A review on applications of urban flood models in flood mitigation strategies. In *Natural Hazards*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04715-8>
- Roh, S. Y., Shin, Y. R., & Seo, Y. J. (2018). The Pre-positioned Warehouse Location Selection for International Humanitarian Relief Logistics. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 34(4), 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2018.12.003>
- Sanyal, J., & Lu, X. X. (2009). Ideal location for flood shelter: A geographic information system approach. *Journal of Flood Risk Management*, 2(4), 262–271. <https://doi.org/10.1111/j.1753-318X.2009.01043.x>
- Sekretariat Negara RI. (2007). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. *Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 66*, p. 50. Jakarta, Indonesia: Sekretariat Negara RI.
- Sekretariat Negara RI. (2008). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana. *Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 42*, p. 73.
- Smith, K. (2013). *Environmental Hazards: Assessing Risks and Reducing Disaster* (6th Editio). New York: Routledge.
- Solo Pos. (2020). Ini Titik Banjir di Solo Akibat Luapan Sungai Bengawan Solo Tadi Malam. Retrieved June 1, 2021, from [solopos.com](https://www.solopos.com/ini-titik-banjir-di-solo-akibat-luapan-sungai-bengawan-solo-tadi-malam-1097299) website: <https://www.solopos.com/ini-titik-banjir-di-solo-akibat-luapan-sungai-bengawan-solo-tadi-malam-1097299>

- Solo Pos. (2021). Menanti Janji Pemkot Tuntaskan Banjir di Kota Solo. Retrieved June 1, 2021, from solopos.com website: <https://www.solopos.com/menanti-janji-pemkot-tuntaskan-banjir-di-kota-solo-1128137>
- Soltani-Sobh, A., Heaslip, K., Scarlatos, P., & Kaisar, E. (2016). Reliability based pre-positioning of recovery centers for resilient transportation infrastructure. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 324–333. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.09.004>
- Susanty, A., Bakhtiar, A., & Sulistyawan, A. (2016). Penentuan Lokasi Gudang Darurat Bencana Di Provinsi Dki Jakarta Dengan Pendekatan Ahp, Cluster Analysis, Dan Topsis. *Jurnal Ilmiah Manajemen*, VI(3), 434–448.
- Tai, C. A., Lee, Y. L., & Lin, C. Y. (2010). Urban disaster prevention shelter location and evacuation behavior analysis. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 9(1), 215–220. <https://doi.org/10.3130/jaabe.9.215>
- Tribunnews.com. (2021). Ini Daftar Wilayah di Solo Raya yang Terendam Banjir, Terparah di Kampung Sewu dan Semanggi. Retrieved June 1, 2021, from Tribunnews.com website: <https://www.tribunnews.com/regional/2021/02/04/ini-daftar-wilayah-di-solo-raya-yang-terendam-banjir-terparah-di-kampung-sewu-dan-semanggi>
- Trivedi, A. (2018). A multi-criteria decision approach based on DEMATEL to assess determinants of shelter site selection in disaster response. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 722–728. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.07.019>
- Trivedi, A., & Singh, A. (2017). A hybrid multi-objective decision model for emergency shelter location-relocation projects using fuzzy analytic hierarchy process and goal programming approach. *International Journal of Project Management*, 35(5), 827–840. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.12.004>
- Velasquez, G. A., Mayorga, M. E., & Cruz, E. A. R. (2019). Prepositioning inventory for disasters: a robust and equitable model. *OR Spectrum*, 41(3), 757–785. <https://doi.org/10.1007/s00291-019-00554-z>
- Wei, L., Li, W., Li, K., Liu, H., & Cheng, L. (2012). Decision support for urban shelter locations based on covering model. *Procedia Engineering*, 43, 59–64. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.011>
- Xu, W., Zhao, X., Ma, Y., Li, Y., Qin, L., Wang, Y., & Du, J. (2018). A multi-objective optimization based method for evaluating earthquake shelter location-allocation. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 9(1), 662–677. <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1470114>
- Yari, A., Ostadtaghizadeh, A., Ardalan, A., Zarezadeh, Y., Rahimiforoushani, A., & Bidarpoor, F. (2020). Risk factors of death from flood: Findings of a systematic review. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18(2), 1643–1653. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00511-x>
- Yılmaz, H., & Kabak, Ö. (2020). Prioritizing distribution centers in humanitarian logistics using type-2 fuzzy MCDM approach. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(5), 1199–1232. <https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2019-0310>
- Zhao, X., Chen, J., Xu, W., Lou, S., Du, P., Yuan, H., & Ip, K. P. (2019). A three-stage hierarchical model for an earthquake shelter location-allocation problem: Case study of Chaoyang District, Beijing, China. *Sustainability (Switzerland)*, 11(17). <https://doi.org/10.3390/su11174561>
- Zhao, X., Coates, G., & Xu, W. (2019). A hierarchical mathematical model of the earthquake shelter location-allocation problem solved using an interleaved MPSO–GA. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1), 1712–1737. <https://doi.org/10.1080/19475705.2019.1609605>