



## Pemetaan Kerawanan Banjir Bandang di Kecamatan Dau, Kabupaten Malang Menggunakan Metode *Analytic Hierarchy Process*

Damar Panoto, Listyo Yudha Irawan, Syarah Dahlia, Gilang Aulia Herlambang,  
Annisa Nur Rasyidah

Prodi Geografi, Universitas Negeri Malang, Malang

E-mail: [damarpanoto@gmail.com](mailto:damarpanoto@gmail.com)

Diterima 18 Oktober 2020, Direvisi 14 November 2020, Disetujui Publikasi 30 Desember 2020

### Abstract

*Flash flood is one of the disaster hazards in Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Recorded flash flood events occurred in 2002, 2012 and 2020. In 2002, the flash flood event caused 1 human fatality and 67 house-damage. As a disaster mitigation effort, this research tried to map the flash flood susceptibility class in Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. This paper used AHP (Analytic Hierarchy Process) to map the flash flood susceptibility class. There are four stages in this research process, namely: 1) criteria parameter analysis, 2) AHP analysis, 3) raster data reclassification, and 4) raster data calculation. The results of the assessment of flash floods susceptibility class are divided into five classes, which are: very low, low, moderate, high, very high. In general, Kecamatan Dau has a low to moderate class of flash flood with Desa Kucur with very high susceptibility class. On the other hand, Desa Mulyoagung and Landungsari are villages with the very low susceptibility class. The distribution of high susceptibility class is at a distance of 10–25 from drainage channels or rivers. While the very high class is at a distance of 0–10 from the drainage channels or rivers.*

**Keywords:** *Flashflood; Dau District; Analytic Hierarvhy Process*

### Abstrak

Banjir Bandang merupakan salah satu ancaman bencana di Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Tercatat kejadian bencana banjir bandang terjadi di tahun 2002, 2012 dan 2020. Tahun 2002 kejadian banjir bandang mengakibatkan satu orang korban meninggal dunia dan mengakibatkan 67 rumah rusak. Sebagai upaya mitigasi bencana, penelitian ini melakukan pemetaan tingkat kerawanan banjir bandang di Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Pemetaan tingkat kerawanan banjir bandang dalam penelitian ini menggunakan metode AHP (*Analytic Hierarvhy Process*). Terdapat empat tahapan dalam proses penelitian ini, yaitu: 1) analisis parameter kriteria, 2) analisis AHP, 3) *reclassify* data raster, dan 4) kalkulasi data raster. Hasil penilai tingkat kerawanan banjir bandang di bagi menjadi lima kelas, yaitu: sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi. Secara umum Kecamatan Dau memiliki tingkat baya banjir bandang dengan kelas rendah hingga sedang. Umumnya Kecamatan Dau memiliki tingkat kerawanan banjir bandang dengan kelas rendah hingga sedang. Tingkat kerawanan banjir bandang sangat tinggi terdapat pada Desa Kucur. Sementara itu, tingkat kerawanan sangat rendah ada pada Desa Mulyoagung dan Landungsari. Distribusi tingkat kerawanan tinggi berada pada jarak 10–25 dari saluran drainase atau sungai. Sementara kelas sangat tinggi berada pada jarak 0–10 dari saluran drainase atau sungai.

**Kata Kunci:** Banjir Bandang; Kecamatan Dau; *Analytic Hierarvhy Process*

## A. Pendahuluan

Banjir bandang merupakan suatu peristiwa penggenangan akibat limpasan yang keluar dari alur sungai disebabkan debit sungai yang membesar tiba-tiba hingga melampaui kapasitas, memiliki kecepatan aliran tinggi dan biasanya membawa debris dalam alirannya (Mulyanto, 2012). Sebelum terjadinya banjir bandang biasanya telah terbentuk bendung alami akibat adanya longsor dari lereng-lereng di sepanjang aliran sungai. Kondisi ini akan sangat memungkinkan terjadinya banjir bandang ketika terjadi hujan dengan intensitas yang sangat tinggi (Wahyu, 2014). Selain faktor hujan, kondisi tanah penyusun lereng, vegetasi dan kemiringan lereng juga mempengaruhi banjir bandang.

Kecamatan Dau, Kabupaten Malang merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki ancaman bencana banjir bandang. Peristiwa banjir bandang di Kecamatan Dau pernah terjadi pada tahun 2002, 2012, dan 2020. Banjir bandang tahun 2002 mengakibatkan kerusakan dan kerugian yang paling parah. Meliputi kerusakan pada jembatan, lahan pertanian dan pemukiman, kehilangan harta benda, serta memakan satu korban jiwa. Sementara itu, banjir bandang tahun 2012 dan 2020 memiliki tingkat kerusakan yang lebih ringan, yakni mengakibatkan kerusakan lahan pertanian, dan kehilangan harta benda.

Salah satu upaya mitigasi bencana adalah melalui penyediaan peta tingkat kerawanan (Bui et al, 2019; Popa et al, 2019). Informasi tingkat kerawanan bencana berisi probabilitas atau kemungkinan kejadian bencana di masa mendatang. Tingkat keakuratannya di pengaruhi oleh metode analisis yang digunakan.

Pemetaan kerawanan banjir bandang dalam penelitian ini menggunakan model heuristik. Model heuristic adalah model

yang berbasis pengetahuan (subjektif). Sebagai upaya mengurangi tingkat subjektifitas dalam melakukan penilaian, penulis melakukan survei identifikasi karakteristik banjir bandang tahun 2020. Model heuristik telah banyak digunakan dalam pemetaan tingkat kerawanan bencana (Mandal dan Maiti, 2015). Salah satu metode analisis yang termasuk ke dalam model heuristik adalah AHP (*Analytic Hierarchy Process*). AHP menjadi salah satu model statistik heuristic yang paling populer karena proses penilaian pengaruh tiap kriteria di dalamnya yang kompleks (Pourghasemi et al., 2018). Oleh karena itu, penilaian kerawanan banjir bandang dalam penelitian ini menggunakan metode AHP.

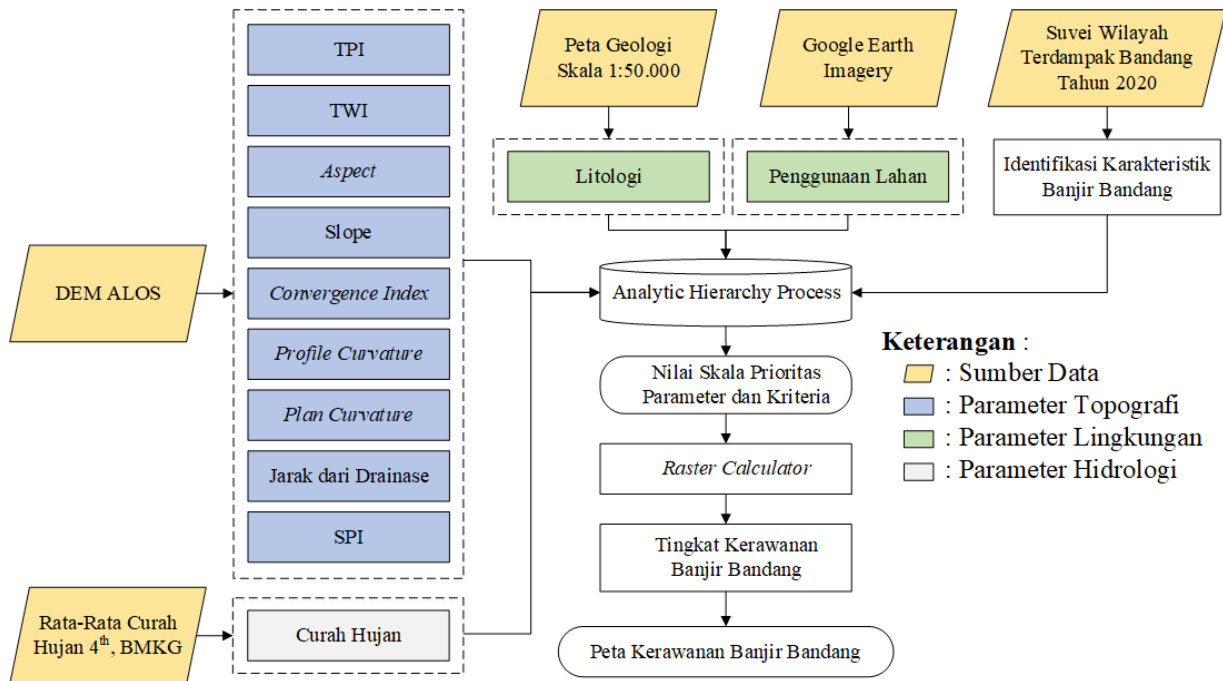
## B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan survei dan SIG (sistem informasi geografis). Proses survei bertujuan untuk identifikasi karakteristik banjir bandang di tahun 2020, hasilnya akan dijadikan sebagai dasar dalam melakukan penilaian dalam AHP. Sementara itu, SIG digunakan sebagai alat dalam melakukan berbagai analisis parameter dan visualisasi hasil penilaian kerawanan banjir bandang dalam penelitian ini.

Terdapat empat tahapan dalam proses penelitian ini, yaitu: 1) analisis parameter kriteria, 2) analisis AHP, 3) reclassify data raster, 4) kalkulasi data raster. Secara umum proses penelitian ini dapat di lihat pada Gambar 1.

### Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei sebagai dasar dalam melakukan karakterisasi banjir bandang di Kecamatan Dau. Adapun data sekunder adalah curah hujan, peta geologi skala 1:50.000, DEM Alos, dan Google Earth Imagery.

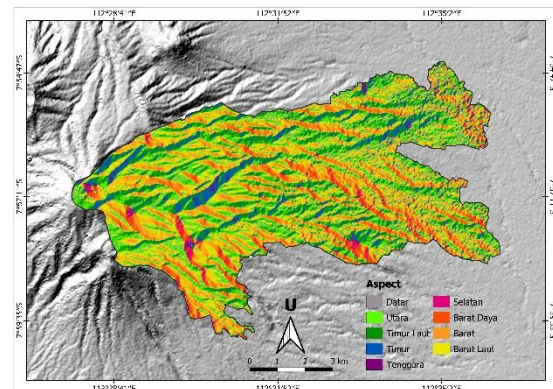


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### Analisis Parameter Kriteria

Terdapat empat parameter yang digunakan dalam pemetaan kerawanan banjir bandang ini, meliputi: 1) topografi, 2) litologi, 3) lingkungan, dan 4) hidrologi. Parameter topografi meliputi *Topographic Weatness Index* (TWI), *Topographic Pocation Index* (TPI), *Slope Power Index* (SPI), *aspect*, dan *slope* (Costace, 2019; Popa *et al*, 2019). Parameter topografi tersebut dihasilkan melalui proses analisis SIG menggunakan *software* QGIS 3.12, dan SAGA GIS 2.3.2. Parameter hidrologi meliputi curah hujan dan kerapatan drainase (Popa *et al*, 2019). Adapun parameter litologi meliputi material permukaan dan parameter lingkungan adalah penggunaan lahan (Popa *et al*, 2019).

*Aspect* atau arah hadap lereng berimplikasi pada tingkat kelambaban tanah (Costache, 2019). Tanah yang lembab umumnya memiliki tingkat infiltrasi yang lebih rendah. Sehingga terjadi limpasan permukaan (Gambar 2).



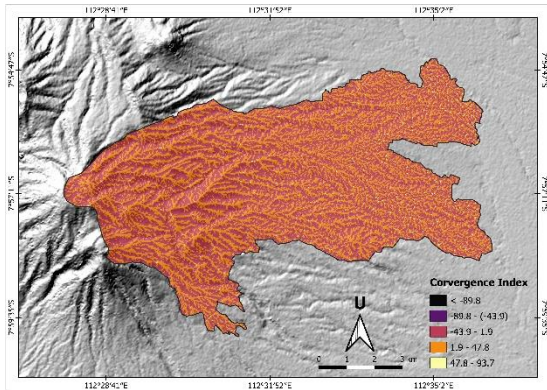
Gambar 2. *Aspect*

*Convergence Index* menggambarkan kondisi jaringan hidrologi permukaan (Gambar 3). Nilai negatif artinya terjadi konvergensi jaringan hidrologi sedangkan nilai positif menunjukkan adanya zona interfluvial. Parameter ini telah umum digunakan untuk pemetaan tingkat kerawanan banjir bandang (Zaharia *et al.*, 2015).

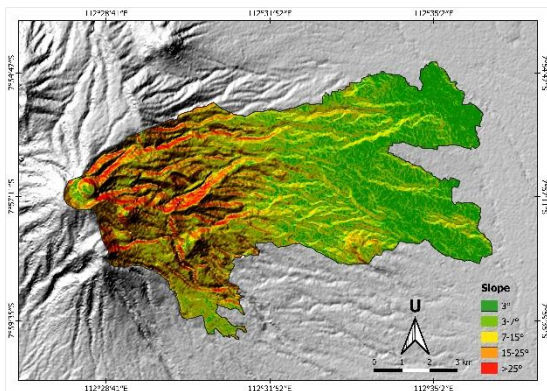
Nilai *Slope* berdampak pada kontrol aliran permukaan dan akumulasi air (Zaharia *et al.*, 2017). Adapun *Plan Curvature* (5) dan *Profile Curvature* (6) berimplikasi pula pada aliran permukaan.



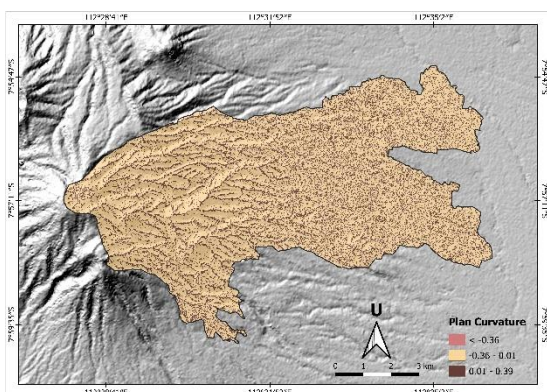
*Plan Curvature* dan *Profile Curvature* membagi medan menjadi tiga bagian. Meliputi *concave*, *convex*, dan *flat*. Nilai positif yang semakin tinggi adalah *convex*. Sementara itu, minus yang lebih rendah adalah *concave* dan nilai yang mendekati nol adalah *flat*.



Gambar 3. *Convergence Index*

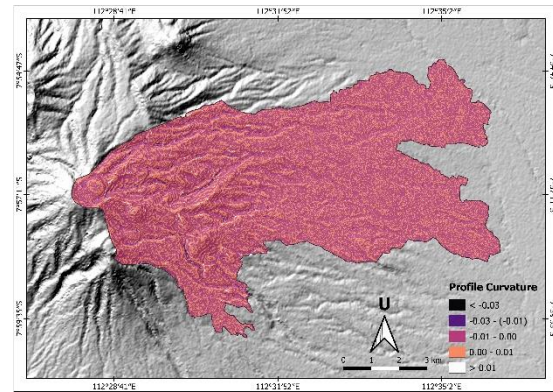


Gambar 4. *Slope*



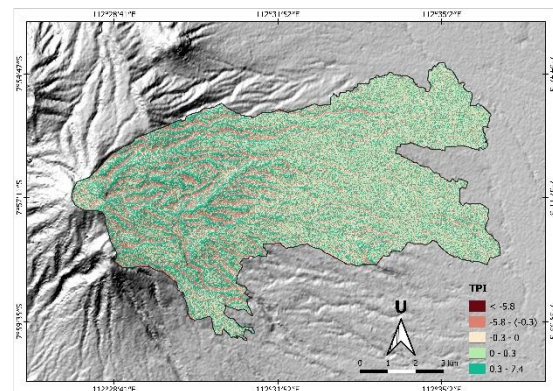
Gambar 5. *Plan Curvature*

Topographic Position Index (Gambar 7) mencerminkan perbedaan titik ketinggian suatu tempat dengan area sekitarnya. Melalui nilai Topographic Position Index dapat terlihat bagian lembang, lereng dan igir suatu medan (Bachri et al., 2019).



Gambar 7. *Profile Curvature*

Slope power index (Gambar 9) mengindikasikan kuatnya aliran permukaan pada suatu medan. Semakin nilai slope power index maka semakin tinggi pula kekuatan aliran permukaan pada lokasi tersebut.



Gambar 8. *Topographic Position Index*

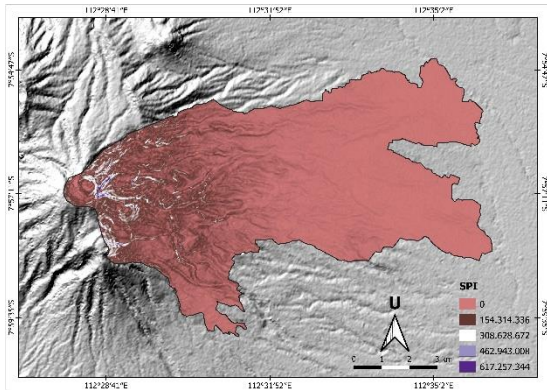
*Topographic Wetness Index* (Gambar 10) mengindikasikan tingkat kebasahan permukaan tanah. Hal ini berkaitan dengan akumulasi air. Apabila nilainya semakin tinggi maka memungkinkan terdapat genangan atau aliran permukaan dalam intensitas yang tinggi pada area ini.

Jarak dari drainasi (Gambar 11) di bentuk menggunakan analisis *buffer* pada software QGIS 3.12. Kawasan yang semakin dekat dengan drainase akan semakin rawan. Hal ini berkaitan dengan akumulasi aliran air di permukaan.

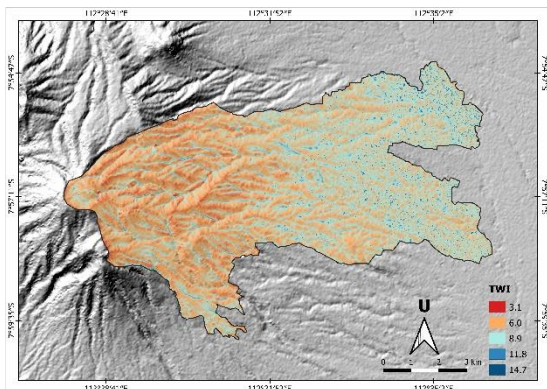
Penggunaan lahan (Gambar 12) dan litologi (Gambar 13) akan sangat mempengaruhi tingkat infiltrasi. Semakin rendah tingkat infiltrasi berdampak pada tingginya aliran permukaan. Penggunaan lahan seperti padang rumput dan



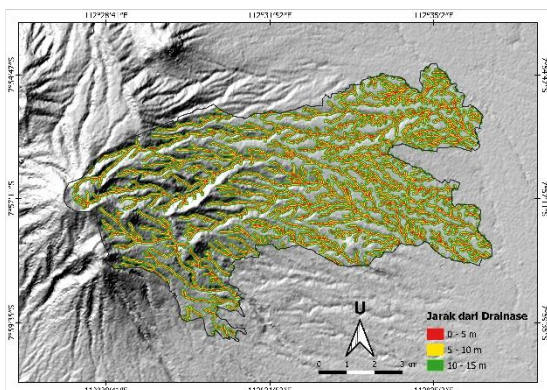
permukiman adalah jenis penggunaan lahan yang menjadikan tingkat infiltrasi semakin rendah. Semetara pada litologi seperti batuan lempung dan batuan lainnya yang bersifat *impermeable* akan mengakibatkan semakin banyak limpasan permukaan.



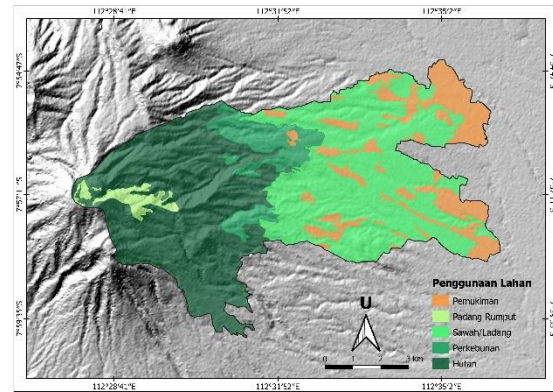
Gambar 9. Slope Power Index



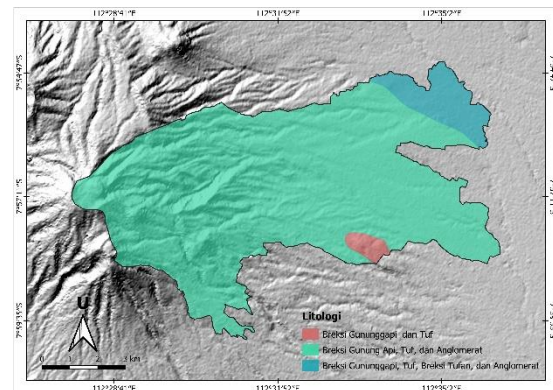
Gambar 10. Topographic Wetness Index



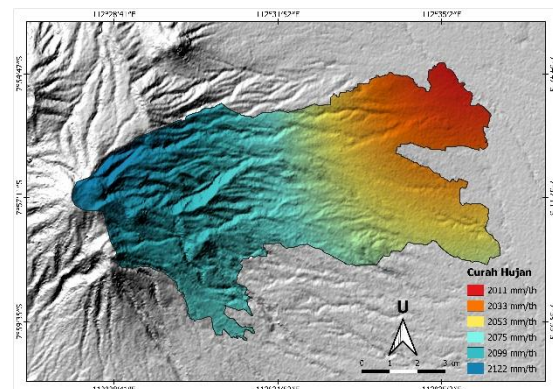
Gambar 11. Jarak dari Drainase



Gambar 12. Penggunaan Lahan



Gambar 13. Penggunaan Lahan



Gambar 14. Curah Hujan

### Analisis AHP

Penerapan AHP mempertimbangkan perbandingan keputusan, komposisi, dan prioritas kebijakan untuk proses pembobotan. Metode AHP menggunakan tiga proses utama, yaitu 1) membuat matriks perbandingan (*Pariwise Comparison Matrix*), 2) menghitung skala prioritas dengan nilai standarisasi 0 sampai 1, 3) dan mempertimbangkan perbandingan konsistensi (Malczewski, 1999).

Dalam membuat matriks perbandingan, metode AHP menggunakan skala antara 0-9 untuk menilai secara relatif antara dua kriteria (Pourghasemi et al., 2014).

Tabel 1. *Pairwise Comparison Matrix* Parameter Kerawanan Banjir Bandang

Parameter	Topografi	Hidrologi	Lingkungan	Skala Prioritas
Topografi	1	1/3	2	0.252
Hidrologi	-	1	3	0.589
Lingkungan	-	-	1	0.159
CR = 0.046				

### 1. Topografi

Tabel 2. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria *Profile Curvature*

Profile Curvature	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Skala Prioritas
< -0.03 (1)	1	2	2	3	5	0.375
-0.03 - (-0.01) (2)	-	1	2	3	4	0.274
-0.01 - 0.0 (3)	-	-	1	2	3	0.180
0.00 - 0.01 (4)	-	-	-	1	2	0.108
> 1 (5)	-	-	-	0.5	1	0.063
CR = 0.016						

Tabel 3. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria *Plan Curvature*

Plan Curvature	(1)	(2)	(3)	Skala Prioritas
< -0.36 (1)	1	2	3	0.539
-0.36 - 0.01 (2)	-	1	2	0.297
0.01 - 0.39 (3)	-	-	1	0.164
CR = 0.007				

Tabel 4. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria *Aspect*

Aspect	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Skala Prioritas
Datar (1)	1	1/3	1/3	1/3	0.2	0.061
Utara, Selatan (2)	-	1	2	1/2	0.333333	0.162
Barat, Barat Laut, Barat Daya (3)	-	-	1	1/3	0.333333	0.119
Timur Laut, Tenggara (4)	-	-	-	1	0.333333	0.232
Timur (5)	-	-	-	-	1	0.426
CR = 0.050						

Tabel 5. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria *Topographic Position Index*

Topographic Position Index	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Skala Prioritas
< -5.8 (1)	1	2	2	3	5	0.375
-5.8 - (-0.3) (2)	-	1	2	3	4	0.274
-0.3 - 0.0 (3)	-	-	1	2	3	0.180
0.00 - 0.3 (4)	-	-	-	1	2	0.108
0.3 - 7.4 (5)	-	-	-	-	1	0.063
CR = 0.016						

Tabel 6. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria Topographic Wetness Index

Topographic Wetness Index	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Skala Prioritas
3.1 (1)	1	1/2	1/3	1/4	1/5	0.062
6.0 (2)	-	1	1/2	1/3	1/4	0.099
8.9 (3)	-	-	1	1/2	1/3	0.161
11.8 (4)	-	-	-	1	1/2	0.262
14.7 (5)	-	-	-	2	1	0.416
CR = 0.015						

Tabel 7. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria Slope

Slope	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Skala Prioritas
3° (1)	1	0.5	1/3	1/4	1/5	0.062
3 - 7° (2)	-	1	0.5	1/3	1/4	0.099
7 - 15° (3)	-	-	1	1/2	1/3	0.161
15 - 25° (4)	-	-	-	1	1/2	0.262
>25° (5)	-	-	-	-	1	0.416
CR = 0.015						

Tabel 8. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria Slope

Convergence Index	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Skala Prioritas
< -89 (1)	1	2	2	3	5	0.375
-89.8 - (-43.9) (2)	-	1	2	3	4	0.274
-43.9 - 1.9 (3)	-	-	1	2	3	0.180
1.9 - 47.8 (4)	-	-	-	1	2	0.108
47.8 - 93.7 (5)	-	-	-	-	1	0.063
CR = 0.016						

## 2. Hidrologi

Tabel 9. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria Jarak dari Drainase

Jarak dar Drainase	(1)	(2)	(3)	(4)	Skala Prioritas
0 - 5 m (1)	1	2	3	5	0.482
5 - 10 m (2)	-	1	2	3	0.272
10 - 15 (3)	-	-	1	2	0.158
> 15 (4)	-	-	-	1	0.088
CR = 0.005					

Tabel 10. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria Stream Power Index

Stream Power Index	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Skala Prioritas
0 (1)	1	1/2	1/3	1/4	1/5	0.062
154,314,336 (2)	-	1	1/2	1/3	1/4	0.099
308,628,672 (3)	-	-	1	1/2	1/3	0.161
462,943,008 (4)	-	-	-	1	1/2	0.262
617,257,344 (5)	-	-	-	-	1	0.416
CR = 0.015						

Tabel 11. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria Curah Hujan

Curah Hujan	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Skala Prioritas
2099 - 2122 (1)	1	2	2	3	5	0.375
2075 - 2099 (2)	-	1	2	3	4	0.274
2053 - 2075 (3)	-	-	1	2	3	0.180
2033 - 2053 (4)	-	-	-	1	2	0.108
< 2033 (5)	-	-	-	0.5	1	0.063
CR = 0.016						

### 3. Lingkungan

Tabel 12. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria Material Permukaan

Litologi	(1)	(2)	(3)	Skala Prioritas
Breksi Gunung Api, Tuf, dan Anglomerat (1)	1	2	3	0.539
Breksi Gununggapi, Tuf, Breksi Tufan, dan Anglomerat (2)	-	1	2	0.297
Breksi Gununggapi dan Tuf (3)	-	-	1	0.164
CR = 0.007				

Tabel 13. *Pairwise Comparison Matrix* Kriteria Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Skala Prioritas
Hutan (1)	1	1/3	0.5	1/2	1/3	0.089
Sawah/Ladang (2)	-	1	2	1/2	1/2	0.203
Perkebunan (3)	-	-	1	1/2	1/2	0.139
Pemukiman (4)	-	-	-	1	1/3	0.168
Padang Rumput (5)	-	-	-	-	1	0.402
CR = 0.009						

#### Reclassify Data Raster

Seluruh proses analisis data spasial yang berupa kriteria-kriteria tiap parameter berbasis data model raster. Menggunakan resolusi spasial 12 m mengikuti resolusi spasial data DEM ALOS Palsar. *Reclssify* (mereklasifikasi) data raster disini adalah merubah nilai piksel nilai asal tiap kriteria menjadi nilai baru hasil AHP berupa skala prioritas.

#### Kalkulasi Data Raster

Kalkulasi data raster dilakukan menggunakan *software* QGIS 3.12 dengan *tools* *Raster Calculator*. Menggunakan rumus:

$$L_p = (X_1(y_1+\dots y_n))+\dots+(X_n(y_1+\dots y_n))$$

Dimana  $L_p$  adalah probabilitas longsor;  $X_n$  adalah skala propritas pramater; dan  $y_n$  adalah nilai skala prioritas kriteria.

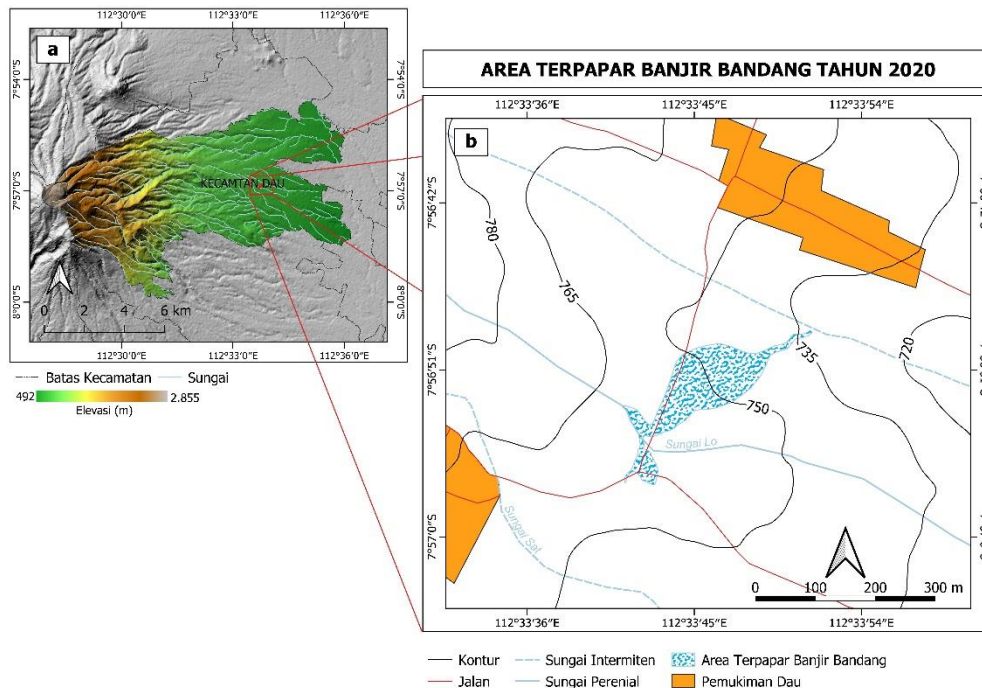
### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Karakteristik banjir bandang di Kecamatan Dau

Banjir bandang di Kecamatan Dau berasal dari luapan Sungai Lo. Material yang terbawa oleh aliran umumnya berupa lumpur, pasir, batu, dan kayu (Gambar 16) . Gambar 15 merupakan hasil pemetaan kejadian banjir bandang di tahun 2020.

Hasil identifikasi karakteristik banjir bandang menunjukkan tingkat kerusakan paling parah berjarak kurang dari 5 m dari badan sungai. Tingkat kerusakannya kemudian semakin berkurang apabila semakin menjauhi badan sungai.





Gambar 15. Area Terpapar Banjir Bandang di Kecamatan Dau pada Januari, 2020

Penggunaan lahan padang rumput dan sawah/ladang merupakan jenis penggunaan lahan dengan tingkat kerawanan yang tinggi. Apabila dilihat dari kondisi medan wilayah terdampak merupakan lembah.

### Tingkat Kerawanan Banjir Bandang Kecamatan Dau, Kabupaten Malang

Hasil pemetaan kelas kerawanan banjir bandang di Kecamatan Dau dalam penelitian ini terbagi menjadi lima kelas kerawanan, yaitu: sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi (Gambar 17). Kelas kerawanan rendah ditandai dengan warna hijau tua, rendah warna hijau muda, sedang dengan warna kuning, orange dengan klasifikasi tinggi serta merah dengan klasifikasi sangat tinggi.

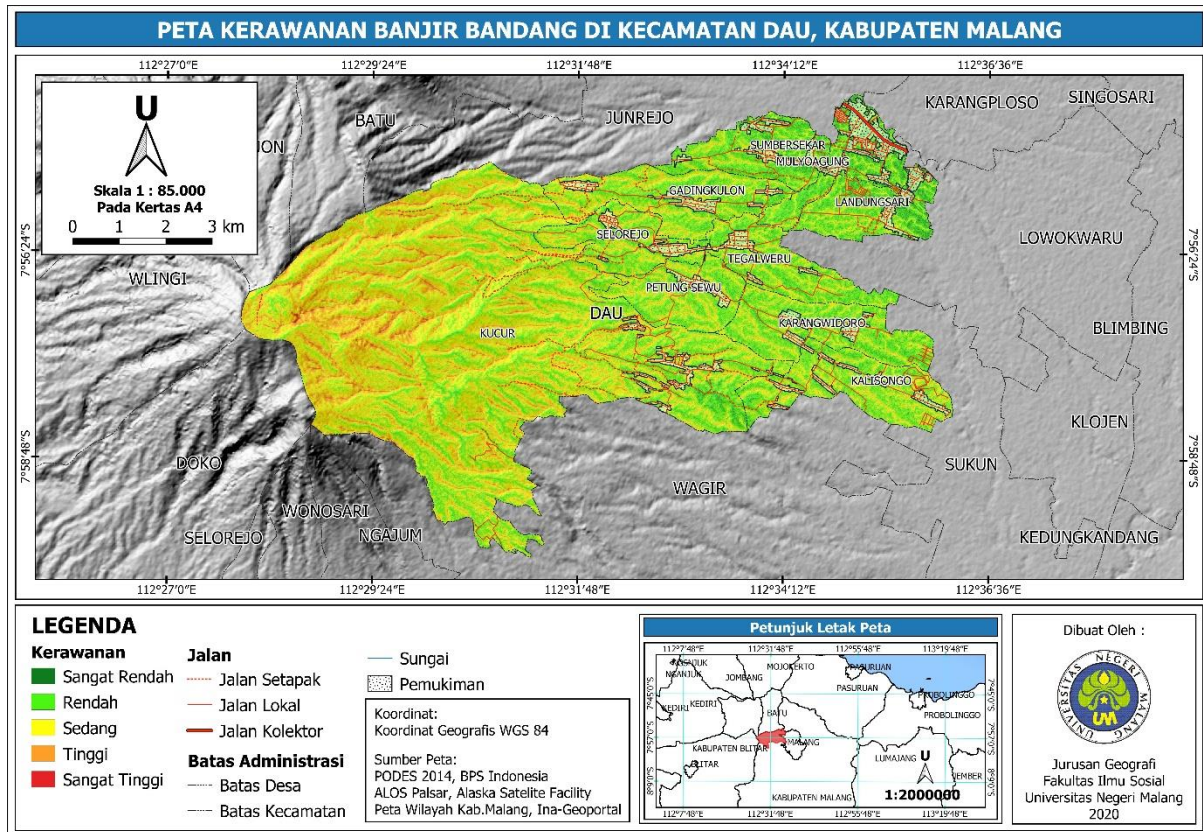
Tingkat kerawanan sangat tinggi ditunjukkan pada daerah kucur, tingkat kerawanan sangat rendah ada pada desa mulyoagung dan landungsari. Hal ini diketahui bahwa letak desa kucur berada pada lereng atas hingga lereng tengah Gunung Kawi.

Secara umum Kecamatan Dau memiliki tingkat baya banjir bandang dengan kelas rendah hingga sedang. Distribusi tingkat kerawanan tinggi hingga sangat tinggi berada pada lereng tengah hingga atas dari Gunung Kawi. Lebih detail, kerawanan tinggi berada ada jarak 10 – 25 dari saluran drainase atau sungai. Sementara kelas sangat tinggi berada pada jarak 0 – 10 dari saluran drainase atau sungai.



Gambar 16. Material kayu dan batu (a,b) serta lumpur dan pasir (c) dari Banjir Bandang Tahun 2020





Gambar 17. Peta Kerawanan Banjir Bandang Kecamatan Dau, Kabupaten Malang

#### D. Kesimpulan dan Saran

Secara umum Kecamatan Dau memiliki tingkat kerawanan banjir bandang dengan kelas rendah hingga sedang. Tingkat kerawanan banjir bandang sangat tinggi terdapat pada Desa Kucur. Sementara itu, tingkat kerawanan sangat rendah ada pada Desa Mulyoagung dan Landungsari. Kerawanan tinggi berada pada jarak 10 – 25 dari saluran drainase atau sungai. Sementara kelas sangat tinggi berada pada jarak 0 – 10 dari saluran drainase atau sungai.

#### Daftar Pustaka

Bachri, S., Sumarmi., Irawan, L.Y., Utaya, S., Nurdiansyah, F.D., Nurjanah, A.E., Tyas, L.W., Adillah, A.A., Purnama, D.S., (2018), Landslide Susceptibility Mapping (LSM) in Kelud Volcano Using Spatial Multi-Criteria

Evaluation. Conf. Series: Earth and Environmental Science, 273. doi:10.1088/1755-1315/273/1/012014

Bui, D.T., Tsangaratos, P., Ngo, P.T., Pham, T.D., Pham, B.T. (2019). Flash Flood Susceptibility Modeling Using an Optimized Fuzzy Rule Based Feature Selection Technique and Tree Based Ensemble Methods. *Science of The Total Environment*, 668 (2019), 1038-1054.

Costache, R. (2019). Flash-flood Potential Assessment in the Upper Sector of Prahova River Catchment (Romania): A comparative Approach Between Four Hybrid Models. *Science of the Total Environment*, 659, 115—1134.



- Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. New Jersey: Jhon Wiley & Son
- Mandal, S., & Maiti, R., (2015). Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) and Frequency Ratio (FR) Model in Assessing Landslide Susceptibility and Risk. Singapore: Springer.
- Mulyanto, H.R. (2012). *Petunjuk Tindakan dan Sistem Mitigasi Banjir Bandang*. Semarang: JICA.
- Popa, M.C., Peptenatu, D., Draghici, C., & Diaconu, D.C., (2019). Flood Hazard Mapping Using the Flood and Flash Flood Potential Index in the Buzau River Catchment, Romania. *Water* 2019, 11, 2116.
- Pourghasemi H R, & Pradhan B, Gokceoglu C, Mohammadi M and Moradi H R. (2013). Application of weights-of-evidence and certainty factor models and their comparison in landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. *Arab. J. Geosci*, 6, 2351–65
- Wahyu. (2014). Banjir bandang Mendadak Penyebab dan Upaya Mengatasinya, <http://green.kompasiana.com/iklim/2014/01/16/banjir-bandang-mendadak-penyebabdan-upaya-mengatasinya-628345.html>, diakses April 2020.
- Zaharia, L., Costache, R., Prăvălie, R., & Minea, G., (2015). Assessment and mapping of flood potential in the Slănic catchment in Romania. *J. Earth Syst. Sci.* 124 (6), 1311–1324.
- Zaharia, L., Costache, R., Prăvălie, R., & Ioana-Toroimac, G., 2017. Mapping flood and flooding potential indices: a methodological approach to identifying areas susceptible to flood and flooding risk. Case study: the Prahova catchment (Romania). *Front. Earth Sci.* 11 (2), 229–247.