

Analisis Potensi Penerapan Sistem *Rainwater Harvesting* di Daerah Aliran Sungai Bedadung Kabupaten Jember

Entin Hidayah*

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Jember, Email: entin.teknik@unej.ac.id

Art Palupi Pranoto Putri

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Jember, Email: 181910301140@mail.unej.ac.id

Saifurridzal

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Jember, Email: saifurridzal.teknik@unej.ac.id

Abstrak

DAS Bedadung merupakan salah satu DAS terbesar di Kabupaten Jember yang didominasi oleh sawah irigasi dan sering mengalami bencana banjir. Salah satu cara untuk mengurangi banjir dengan melakukan peningkatan resapan air menggunakan teknologi rainwater harvesting. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi lokasi yang berpotensi untuk diterapkannya 4 tipe rainwater harvesting di DAS Bedadung. Tahapan penelitian ini dibagi menjadi 4 tahap utama, yaitu: analisis dan reklasifikasi kriteria lokasi rainwater harvesting, uji multikolinearitas untuk menemukan korelasi antar kriteria, analisis pembobotan menggunakan metode AHP, dan pemetaan potensi lokasi rainwater harvesting. Berdasarkan hasil uji multikolinearitas, delapan kriteria dapat digunakan untuk analisis lokasi. Bobot terbesar ada pada kriteria elevasi dan bobot terkecil ada pada tutupan lahan. Lokasi yang berpotensi untuk penerapan guludan kontur, pemanenan air hujan dari atap dan kolam pertanian adalah Kecamatan Kaliwates, sedangkan tipe embung berpotensi di Kecamatan Ambulu.

Kata-kata Kunci: AHP, DAS bedadung, mitigasi banjir, GIS, rainwater harvesting

Abstract

Bedadung watershed is one of the largest watersheds in Jember Regency, which is dominated by irrigated rice fields and often experiences floods. The flood can be reduced by increasing recharge with rainwater harvesting technology. The purpose of this study was to identify locations that have the potential to implement various rainwater harvesting in the Bedadung watershed. The work in this study was divided into four main stages: analysis and reclassification of rainwater harvesting criteria, multicollinearity test to find correlations between criteria, AHP method weighting analysis, and mapping of potential rainwater harvesting locations. Eight criteria can be used for site analysis based on the results of the multicollinearity test. The most significant weight of the criteria is elevation, and the smallest weight is land cover. Locations that have the potential for the contour mounds, harvesting rainwater from roofs and agricultural ponds are Kaliwates District, while the type of reservoir has potential in Ambulu District.

Keywords: AHP, bedadung watershed, flood mitigation, GIS, rainwater harvesting

1. Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai Bedadung merupakan salah satu DAS terbesar di Kabupaten Jember yang didominasi oleh sawah irigasi (Andriyani et al., 2020). Kasus bencana banjir sering terjadi di DAS Bedadung. Banjir terjadi di wilayah Puger pada tanggal 14 Januari 2021 (Wahyunik, 2022). Banjir juga terjadi pada tanggal 29 Januari 2021 di wilayah Kecamatan Jelbuk, Patrang, Sumbersari, Kaliwates, Kalisat, Pakusari dan Rambipuji (Supriadi, 2021). Awal tahun 2022, wilayah

DAS Bedadung mengalami bencana banjir kembali di Mangli dan Sempusari (Laksono, 2022). Catatan bencana banjir tersebut menunjukkan perlunya dilakukan pengendalian banjir yang dilakukan dengan cara mempertahankan keberadaan air di wilayah tanpa harus mempercepat aliran ke daerah hilir (Harmani & Soemantoro, 2017). Teknik atau metode untuk mempertahankan keberadaan air di wilayah adalah melakukan penampungan air hujan (Wigati et al., 2022).

*Penulis korespondensi: entin.teknik@unej.ac.id

Penelitian sebelumnya mengenai pengendalian banjir menggunakan teknologi *rainwater harvesting* tipe kolam pertanian pernah dilakukan oleh Azwarman et al. (2018). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *rainwater harvesting* dapat mengurangi puncak aliran sebesar 77% dan pengurangan volume sebesar 70%. Penelitian Freni & Liuzzo (2019) menunjukkan bahwa sistem *rainwater harvesting* tipe pemanenan hujan dari atap bangunan dapat mereduksi banjir sebesar 100% pada hujan kecil dan 35% pada hujan sedang. Nafiah et al. (2021) meneliti presentase reduksi banjir yang dihasilkan dari penerapan *rainwater harvesting* menunjukkan nilai 23,9%. Penerapan sistem *rainwater harvesting* ini akan lebih efektif untuk mereduksi banjir jika diterapkan secara menyeluruh pada DAS.

Penentuan lokasi penerapan *rainwater harvesting* secara global tidaklah mudah dikarenakan kriteria lokasi masing-masing tipe *rainwater harvesting* begitu beragam dan luas area penelitian yang luas (Sayl et al., 2020). Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan SIG merupakan salah satu metode yang bisa digunakan untuk melakukan analisis lokasi *rainwater harvesting* (Sayl et al., 2020). Metode ini juga digunakan oleh Adham et al. (2018) guna mengidentifikasi lokasi dam di Iraq, Ejegu & Yegizaw (2020) untuk melakukan analisis potensi lokasi kolam pemanenan air hujan, Mahmood et al. (2020) guna memodelkan potensi lokasi pemanenan air hujan di Pakistan.

Kriteria-kriteria lokasi pada tiap tipe pemanenan air hujan memiliki tingkat pengaruh masing-masing. Pengaruh tersebut yang dapat dianalisis dengan menentukan pembobotan menggunakan AHP. seperti yang telah dilakukan oleh Shalamzari et al. (2018) mencari bobot 9 kriteria untuk menyeleksi wilayah yang sesuai guna menerapkan *rainwater harvesting* di Taman Nasional Kavir, Iran. Juliana et al. (2020) melakukan analisis AHP pada 4 kriteria untuk mengidentifikasi kawasan penerapan *rainwater harvesting* di Kota Palembang dan Sayl et al. (2020) menganalisis bobot 5 kriteria penentu wilayah yang berpotensi untuk penerapan *rainwater harvesting* di Al Anbar, Iraq. Namun penentuan bobot AHP sangat tergantung pada pendapat responden sehingga bersifat subjektif (Praningki et al., 2019).

Identifikasi lokasi *rainwater harvesting* di DAS Bedadung dapat dilakukan dengan skala global menggunakan analisis spasial dan pengambilan keputusan dengan metode AHP yang diperkuat dengan uji multikolinearitas antar kriteria untuk menemukan kriteria yang mempengaruhi dan bobot pada masing-masing kriteria yang digunakan. Uji multikolinearitas secara statistik pada setiap kriteria tersebut digunakan untuk menguji subjektifitas keputusan metode AHP.

2. Jenis Pemanenan Air Hujan

2.1 Embung

Embung merupakan bangunan pemanenan air hujan dengan daerah tangkapan makro. Lokasi yang tepat untuk diterapkannya embung adalah lokasi dengan

cekungan, dekat dengan pemukiman, dan dekat dengan akses jalan (PUPR, 2017). Kriteria lokasi yang sesuai untuk penerapan embung adalah wilayah yang memiliki hujan tinggi, jauh dari lokasi sungai, tanah yang memiliki permeabilitas rendah, nilai slope kurang dari 5°, bervegetasi rendah, wilayah dataran rendah dan bukan pemukiman (Santikayasa et al., 2021).

2.2 Guludan kontur

Guludan kontur merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menahan laju aliran permukaan dan meningkatkan penyerapan air dalam tanah dalam bidang konservasi tanah (Sarminah & Karyati, 2018). Hal yang perlu diperhatikan dalam menerapkan guludan kontur adalah kecocokan kemiringan lahan 10 -40%, namun juga bisa diterapkan di wilayah dengan kemiringan 40-60%. Tanah yang memiliki permeabilitas yang tinggi cocok menggunakan guludan yang searah dengan garis kontur, sedangkan tanah dengan permeabilitas rendah cocok menggunakan guludan dengan posisi miring dari arah kontur (Sarminah & Karyati, 2018).

2.3 Pemanenan air hujan dari atap bangunan

Pemanenan air hujan dari atap merupakan salah satu jenis pemanenan air hujan domestik (*domestic rainwater harvesting*) (Putri, 2017). Kriteria lokasi penerapan pemanenan air hujan dari atap adalah di wilayah domestik atau pemukiman dengan slope datar dan jenis tanah yang memiliki permeabilitas rendah atau tidak peka (Juliana et al., 2020).

2.4 Kolam pertanian

Konservasi air hujan dapat dilakukan di wilayah pertanian dengan cara membangun kolam penampungan. Air limpasan yang berasal dari jalan, pemukiman yang tidak berdrainase, dan area sekitar lahan pertanian ditampung di sebuah kolam, tidak langsung dialirkan ke sungai. Kriteria lokasi yang sesuai untuk penerapan kolam pertanian adalah tanah kas desa yang bisa berupa lahan kosong atau sawah dengan nilai slope 2-5%, memiliki vegetasi yang baik dan permeabilitas tanah yang sangat lambat (Putri, 2017).

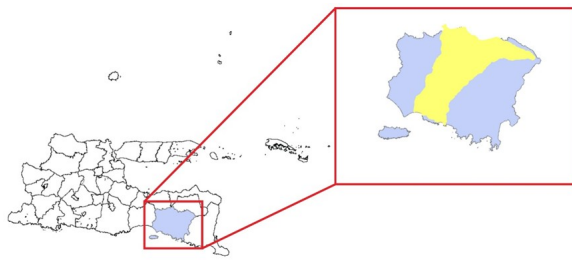
3. Data dan Metode Penelitian

3.1 Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di Daerah Aliran Sungai Bedadung yang ditunjukkan pada Gambar 1. Wilayah DAS Bedadung mencakup wilayah Panti, Jelbuk, Sukowono, Sumberjambe, Kalisat, Pakusari, Arjasa, Sukorambi, Bangsalsari, Summersari, Rambipuji, Balung, Wuluhan, Ajung, dan Patrang.

3.2 Data penelitian

Data yang dibutuhkan untuk analisis lokasi *rainwater harvesting* yang didasarkan pada studi literatur terdiri dari elevasi, *slope*, jenis tanah, geologi, grup hidrologi tanah (HSG), hujan maksimum, kerapatan sungai, dan



Gambar 1. Lokasi penelitian

tutupan lahan. Sumber dari data-data yang diperlukan disajikan pada Tabel 1.

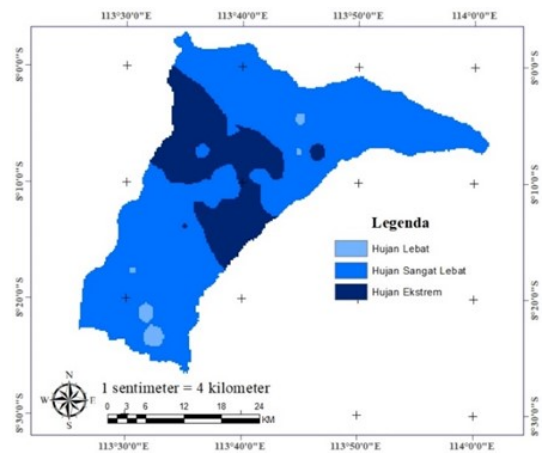
3.3 Analisis kriteria

Lokasi yang sesuai untuk penerapan sistem *rainwater harvesting* memiliki beberapa kriteria yang perlu diperhatikan. Menurut Juliana et al. (2020), kriteria lokasi untuk diterapkannya pemanenan air hujan dari atap bangunan adalah curah hujan, jenis tanah, penggunaan lahan, dan kemiringan lereng. Santikayasa et al. (2021) melakukan penelitian lokasi yang sesuai untuk penerapan embung ditinjau dari curah hujan, tekstur tanah, kelerengan, jarak dari sungai, dan vegetasi. Rajasekhar et al. (2020) menggunakan 7 kriteria lokasi untuk penerapan 4 tipe *rainwater harvesting*, yaitu: tataguna lahan/tutupan lahan, kerapatan sungai, jenis tanah, *vandose zone*, limpasan dan kemiringan lereng.

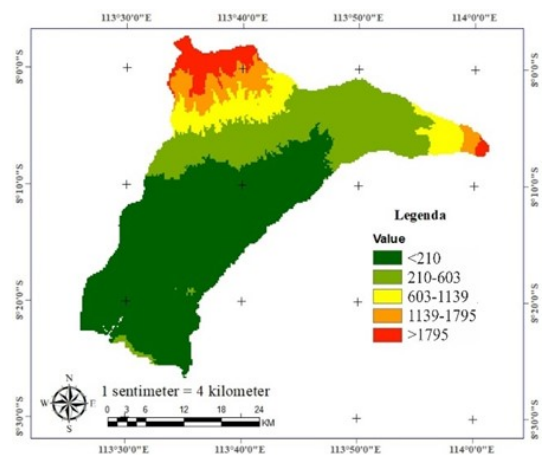
3.3.1 Hujan

Hujan merupakan salah satu kriteria penentuan lokasi penerapan *rainwater harvesting* (Mahmood et al., 2020). Wilayah yang memiliki curah hujan yang tinggi merupakan wilayah yang cocok untuk diterapkannya sistem *rainwater harvesting* (Ejegu & Yegizaw, 2020).

Data hujan yang digunakan pada analisis ini adalah curah hujan maksimum harian dari 33 stasiun hujan selama 10 tahun terakhir, yaitu 2011-2020. Nilai curah hujan maksimum terbesar yang tercatat di wilayah DAS Bedadung terdapat pada stasiun hujan Ajung dengan nilai curah hujan 312 mm/hari dan nilai terendah curah hujan maksimum yang tercatat adalah 94 mm/hari di stasiun hujan Ampel. Nilai curah hujan pada masing-masing stasiun hujan digunakan untuk melakukan analisis curah hujan kawasan dengan menggunakan



Gambar 2. Peta hujan kawasan dari data hujan maksimum harian 10 tahun metode Isohyet



Gambar 3. Peta elevasi DAS Bedadung

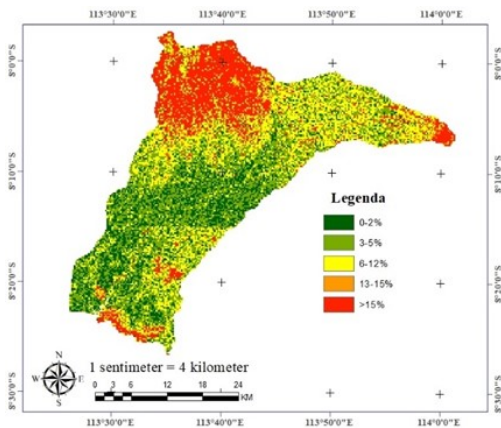
metode Isohyet. Klasifikasi hujan berdasarkan BMKG ditujukan pada Gambar 2.

3.3.2 Elevasi

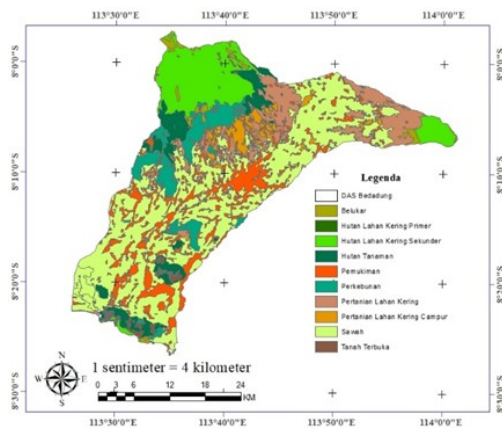
Air mengalir dari dataran yang tinggi ke dataran yang rendah. Wilayah yang memiliki elevasi rendah memiliki kecenderungan untuk terjadi bencana banjir (Sylviana & Hendriyana, 2018). Elevasi memiliki hubungan mengenai tingkat hujan yang terjadi di lokasi penelitian

Tabel 1. Jenis data dan sumber

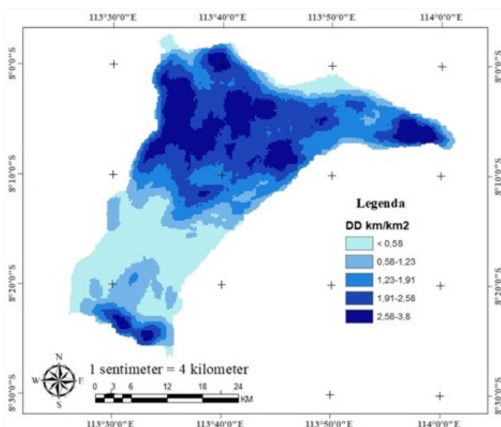
No	Jenis Data	Keterangan	Sumber Data
1	Data Kemiringan Lahan	Citra satelit skala 1:50.000	DEMNAS
2	Data Tutupan Lahan	Citra satelit tahun 2019 skala 1:250.000	Website KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan)
3	Data Jenis Tanah	Citra satelit tahun 2007 skala 1:5.000.000	Website FAO (Food and Agriculture Organization)
4	Data Curah Hujan	Curah hujan harian 2011-2020	UPT PSDA (Unit Pelaksana Teknis Pengelolaan Sumber Daya Air) Kabupaten Lumajang
5	Data Geologi	Citra satelit tahun 2019 skala 1:250.000	Website Kementerian ESDM
6	Data Grup Hidrologi Tanah	Citra satelit tahun 2020 skala 1:5.000.000	Website ORNL DAAC
7	Peta DAS Bedadung	Shapefile	Website KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan)
8	Data Stasiun hujan	Koordinat 33 stasiun	Dinas PUPR Kabupaten Jember



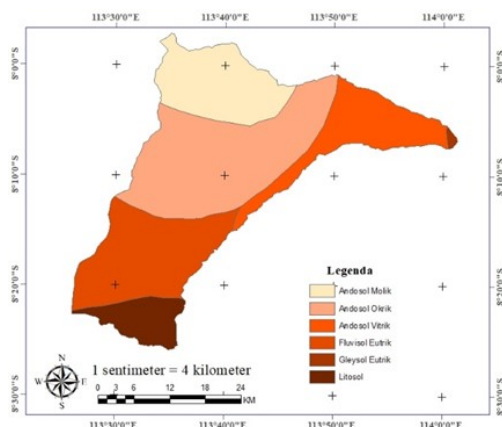
Gambar 4. Peta elevasi dan kemiringan lereng



Gambar 6. Peta tutupan lahan DAS Bedadung



Gambar 5. Peta kerapatan sungai



Gambar 7. Peta jenis tanah DAS Bedadung

(Shalmazari et al., 2018). Klasifikasi elevasi menggunakan metode *natural break*. Mayoritas wilayah DAS Bedadung memiliki rentang elevasi dibawah 210 mdpl. Peta elevasi didapatkan dari BIG dengan resolusi 250 x 250 m ditujukan pada **Gambar 3**.

3.3.3 Kemiringan lereng

Kemiringan lereng menjadi salah satu kriteria penentu lokasi *rainwater harvesting* karena berhubungan dengan limpasan, sedimentasi dan kecepatan aliran air (Adham et al., 2018). Kemiringan lereng dapat dibuat dengan menggunakan peta elevasi yang diolah menggunakan *software* SIG. Klasifikasi *slope* disesuaikan dengan tipe *rainwater harvesting* yang akan digunakan. Mayoritas wilayah DAS Bedadung memiliki kelas *slope* 3-5%. **Gambar 4** menunjukkan peta kemiringan lereng.

3.3.4 Kerapatan sungai

Lokasi *rainwater harvesting* juga dipengaruhi oleh kerapatan drainase/jaringan sungai. Wilayah yang memiliki nilai kerapatan sungai yang tinggi memiliki potensi besar untuk terjadinya genangan air daripada wilayah yang memiliki nilai kerapatan sungai yang rendah sehingga semakin tinggi nilai kerapatan sungai maka semakin besar potensi untuk diterapkannya sitem *rainwater harvesting* (Rajasekhar et al., 2020).

Peta kerapatan sungai merupakan hasil output dari pengolahan batas DAS dan jaringan sungai dengan melakukan analisis *density*. Mayoritas DAS Bedadung memiliki kerapatan sungai pada **Gambar 5** dengan rentang nilai 1,91-2,58 km/km².

3.3.5 Tutupan lahan

Tutupan lahan menjadi salah satu aspek yang mempengaruhi limpasan (Rajasekhar et al., 2020). *Land cover* atau tutupan lahan merupakan pemetaan yang berhubungan dengan konstruksi maupun vegetasi yang menutupi permukaan tanah. Pembagian kelas penutup lahan secara umum, yaitu: daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi (Badan Standardisasi Nasional, 2010). **Gambar 6** menunjukkan mayoritas wilayah DAS Bedadung memiliki tipe tutupan lahan berupa persawahan seluas 53180,57 Ha.

3.3.6 Jenis tanah

Jenis tanah memiliki keterkaitan dengan limpasan dan infiltrasi (Adham et al., 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Adham et al. (2018) semakin tinggi kemampuan tanah dalam menahan infiltrasi maka semakin tinggi potensi penerapan *rainwater harvesting*. Wilayah DAS Bedadung mayoritas memiliki tipe tanah berupa andosol okrik. Tipe tanah ini memiliki laju infiltrasi cepat namun tidak secepat regosol maupun

Tabel 2. Klasifikasi HSG (*Hydrology Soil Group*)

Grup hidrologi tanah	Tekstur tanah	Keterangan
A	Kerikil, pasir, pasir berlempung, lempung berpasir	Potensi limpasan rendah, nilai infiltrasi tinggi
B	Lempung berdebu, lempung	Nilai infiltrasi sedang
C	Lempung liat berpasir	Nilai infiltrasi lambat
D	Lempung berliat, lempung liat berdebu, liat berdebu, liat berpasir, liat	Nilai infiltrasi sangat lambat

aluvial (Tamod et al., 2020). Peta jenis tanah wilayah DAS Bedadung ditunjukkan pada **Gambar 6**.

3.3.7 Geologi

Karakteristik geologi mempengaruhi kerapatan dan bentuk sungai. Selain itu jenis batuan (geologi) juga berkaitan dengan infiltrasi yang terjadi di wilayah tersebut. Mayoritas wilayah DAS Bedadung memiliki geologi berupa batuan gunungapi argopuro seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7**. Jenis geologi ini memiliki porositas dan permeabilitas yang sedang. Karena lava memiliki tekstur yang lembut yang dapat menutupi rongga batuan breksi.

3.3.8 HSG

Grup hidrologi tanah merupakan pengelompokan tanah berdasarkan kemampuan meloloskan air atau tingkat infiltrasi minimum. *Natural Resources Conservation Service – United State Department of Agriculture* mengelompokkan grup hidrologi tanah menjadi 4 grup seperti yang disajikan pada **Tabel 2**.

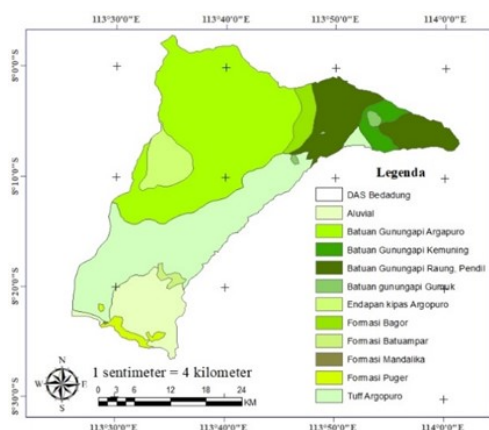
Wilayah DAS Bedadung pada **Gambar 9** menunjukkan mayoritas tipe HSG DAS Bedadung adalah tipe D seluas 64600 Ha. Karakteristik HSG tipe D adalah memiliki tekstur tanah berliat, lempung, dengan nilai infiltrasi sangat lambat.

3.4 Uji multikolinieritas

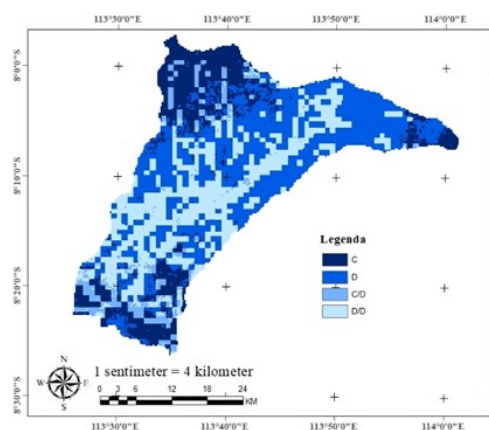
Data kriteria yang telah ditunjukkan tersebut merupakan variabel bebas yang perlu diketahui korelasi antar kriterianya. Menurut Widana & Muliani (2020), uji multikolinieritas dilakukan untuk mencari nilai korelasi di suatu model regresi linier. Suatu model regresi dinamakan memiliki hubungan yang multikolinieritas apabila nilai VIF > 10. Sedangkan berdasarkan Oktaviani & Kristiantari (2021) menyebutkan bahwa suatu model regresi memiliki hubungan multikolinieritas apabila nilai korelasi > 0,8.

3.5 Analisis Hierarchy Process

Analisis pembobotan pada masing-masing kriteria menggunakan metode AHP. *Analitycal hierarchy process* (AHP) merupakan salah satu metode pengambilan keputusan yang dikemukakan oleh Thomas L. Saaty. Metode ini memaparkan permasalahan yang kompleks, secara hirearki (diurutkan berdasarkan tingkatan masing-masing) sehingga permasalahan tampak lebih terstruktur dan sistematis. Tahapan analisis pembobotan metode AHP adalah *decomposicion* (menguraikan tujuan menjadi pohon keputusan), penilaian bobot pada masing-masing hirearki, penyusunan matriks dan uji konsistensi, menentukan prioritas dan analisis bobot prioritas (Rajasekhar et al., 2020).



Gambar 8. Peta geologi DAS Bedadung



Gambar 9. Peta HSG DAS Bedadung



Gambar 10. Penilaian AHP

Tabel 3. Nilai VIF antar kriteria

Kriteria	Koefisien	Koefisien SE	Nilai T	Nilai P	VIF
Tutupan Lahan	-1,4682	0,0118	-124,42	0	2,24
Jenis Tanah	2,1825	0,0173	126,43	0	1,46
Geologi	0,6641	0,0114	58,14	0	1,11
Curah Hujan	-0,00037	0,00102	-0,36	0,718	1,3
Elevasi	0,019539	0,000063	311,31	0	2,13
HSG	-0,10479	0,00514	-20,38	0	1,21
Density Stream	4,0519	0,0312	129,94	0	1,61

Tabel 4. Hasil analisis nilai korelasi antar kriteria

Korelasi	Slope	Tutupan Lahan	Jenis Tanah	Geologi	Curah Hujan	Elevasi	HSG
Tutupan Lahan	-0,568						
Jenis Tanah	-0,045	0,054					
Geologi	0,026	0,061	-0,003				
Curah Hujan	0,084	0,02	-0,324	0,251			
Elevasi	0,632	-0,689	-0,227	-0,007	0,165		
HSG	-0,242	0,379	0,127	0,084	0,063	-0,316	
Density Drainage	0,324	-0,341	-0,488	-0,115	0,279	0,365	-0,146

Tabel 5. Matriks perbandingan berpasangan

Tujuan	Kriteria							
	Slope	Elvasi	Curah hujan	Jenis tanah	Geologi	HSG	Tuplah	DD
Slope	1	3,143	5,619	4,571	3,905	3,238	4,048	4,143
Elevasi	3,476	1	5,048	4,714	4,143	3,476	4,619	3,143
Curah hujan	3,952	3,857	1	4,714	4,095	3,905	3,714	3,905
Jenis tanah	4,095	4,048	3,714	1	3,429	2,857	4,381	4,333
Geologi	4,429	4,429	3,714	3	1	3,762	3,810	3,619
HSG	4,238	4,524	4,476	3,619	3,619	1	3,857	4,190
Tuplah	4,048	3,905	3,143	3,381	3,810	3,286	1	4,286
DD	3,476	3,857	4,286	3,952	3,952	3,476	3,381	1
Jumlah	28,714	28,762	31	28,952	27,952	25	28,810	28,619

Data yang diperlukan untuk analisis pembobotan adalah nilai perbandingan antar kriteria yang ditentukan oleh responden yang pakar dalam bidangnya. Bobot pada penelitian ini berasal dari 21 responden dari 3 dinas terkait, yaitu UPT PSDA, DPUTR, dan BPBD. Pembobotan berasal dari skala penilaian dengan rentang nilai 1-9 yang ditunjukkan pada Gambar 6

3.6 Penggabungan peta kriteria

Penggabungan peta masing-masing kriteria menggunakan metode raster calculator. Hal tersebut dikarenakan karena masing-masing kriteria memiliki bobot tersendiri. Kriteria yang digunakan memiliki skor dan bobot masing-masing berdasarkan analisis AHP.

4. Hasil

4.1 Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan pada peta hujan kawasan, kemiringan lereng, elevasi, jenis tanah,

geologi, tutupan lahan, HSG, dan kerapatan sungai. **Tabel 3** menunjukkan nilai VIF yang didapatkan pada masing-masing kriteria.

Nilai korelasi antar kriteria yang memiliki nilai $< 0,8$ sehingga hubungan regresi antar kriteria tidak terdapat multikolinearitas. Nilai korelasi ditujukan pada Tabel 4. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Oktaviani & Kristiantari (2021) nilai tersebut menunjukkan tidak adanya hubungan multikolinearitas dalam suatu persamaan regresi. Maka, 8 kriteria yang digunakan dapat dilakukan analisis pembobotan.

4.2 Analisis bobot kriteria metode AHP

Pembobotan dan skoring pada penelitian ini dilakukan pada 21 responden dari 3 dinas yang telah disaring dengan memperhatikan pengalaman kerja dan riwayat pendidikan. Hasil matriks berpasangan disajikan pada **Tabel 5**

Berdasarkan matriks berpasangan diatas dilakukan normalisasi sehingga didapatkan bobot pada masing-masing kriteria. Bobot terbesar adalah elevasi dengan

Tabel 6. Skoring subkriteria hujan

Kriteria	Subkriteria	Nilai	Tipe Rainwater Harvesting			
			Embung	Guludan Kontur	Kolam Pertanian	Tangki
Curah Hujan	Lebat	50-100	1	1	1	1
	Sangat Lebat	100-150	2	2	2	2
	Ekstrem	>150	3	3	3	3

Tabel 7. Skoring subkriteria elevasi

Kriteria	Subkriteria	Nilai	Tipe Rainwater Harvesting			
			Embung	Guludan Kontur	Kolam Pertanian	Tangki
Elevasi	<210	<i>Natural break</i>	5	3	4	5
	210-603		4	4	5	4
	603-1139		3	5	3	3
	1139-1795		2	2	2	2
	>1795		1	1	1	1

Tabel 8. Skoring subkriteria kemiringan lereng

Kriteria	Subkriteria	Nilai	Tipe Rainwater Harvesting			
			Embung	Guludan Kontur	Kolam Pertanian	Tangki
Kemiringan Lereng	Datar	0-2%	1	3	4	5
	Agak Landai	3-5%	5	4	5	4
	Landai	6-12%	4	5	3	3
	Agak curam	13-15%	3	2	2	2
	Curam	>15%	2	1	1	1

nilai bobot 13,02%, kemiringan lereng 13,00%, curah hujan dengan bobot 12,97%, HSG 12,61%, jenis tanah 12,25%, geologi 12,21%, kerapatan sungai 12,06% dan kriteria yang memiliki bobot terendah adalah tutupan lahan dengan bobot sebesar 11,87%. Uji konsistensi dengan nilai CI menunjukkan bahwa $CI < 0,1$ maka data konsisten.

4.3 Skoring subkriteria

4.3.1 Hujan

Skoring subkriteria hujan mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Balkhair & Ur Rahman (2021), Ejegu & Yegizaw (2020), dan Mahmood et al. (2020). Apabila suatu wilayah memiliki curah hujan yang tinggi maka semakin besar potensi dapat diterapkannya sistem *rainwater harvesting* (Mahmood et al., 2020). Skoring subkriteria berdasarkan kajian teori dapat dilihat pada Tabel 6. Skoring subkriteria berdasarkan kajian teori menunjukkan bahwa curah hujan ekstem memiliki skor paling tinggi yaitu 3, sedangkan skor terendah berada pada subkriteria curah hujan lebat dengan nilai skor 1.

4.3.2 Elevasi

Klasifikasi elevasi menggunakan metode natural break seperti yang telah dilakukan oleh Ejegu & Yegizaw (2020), Mahmood et al. (2020), Rajasekhar et al. (2020) dengan skoring yang dilakukan menggunakan metode penyesuaian dengan curah hujan dan kemiringan kereng. Skor elevasi tiap tipe berbeda-beda. Nilai skor ditujukan

pada Tabel 7. Tipe embung cocok diterapkan pada elevasi rendah karena mencari titik cekung suatu wilayah sehingga elevasi <210 mdpl mendapatkan skor 5. Tipe guludan kontur merupakan tipe yang sesuai untuk wilayah yang memiliki kemiringan lereng landai, sehingga skor tinggi berada di elevasi 603-1139 mdpl. Tipe kolam pertanian merupakan tipe yang sesuai di wilayah yang cenderung datar, sehingga elevasi rendah memiliki skor tinggi, yaitu 4 dan 5. Tipe pemanenan air hujan dari atap/tangki merupakan tipe yang cocok diaerah yang berelevasi rendah dan datar, sehingga elevasi <210 mdpl memiliki skor tertinggi yaitu 5.

4.3.3 Kemiringan lereng

Skor kemiringan lereng disesuaikan dengan tipe rainwater harvesting yang digunakan. Skor tinggi pada kemiringan lereng kelas datar 0-2% adalah tipe pemanenan air hujan dari atap/tangki. Kemiringan lereng agak landai untuk embung dan kolam pertanian, dan kemiringan lereng untuk landai untuk guludan kontur. Skor sub kriteria kemiringan kereng ditunjukkan pada Tabel 8. Urutan skoring untuk tipe embung pada kelas kemiringan lereng adalah agak landai (5), landai (4), agak curam (3), curam (2), dan curam (1). Sedangkan tipe guludan kontur memiliki urutan bobot dari landai (5), agak landai (4), datar (3), agak curam (2), dan curam (1). Tipe kolam pertanian memiliki urutan skor dari agak landai (5), datar (4), landai (3), agak curam (2) dan curam (1). Tipe pemanenan hujan dari atap diurutkan dari datar (5), agak landai (4), landai (3), agak curam (2), dan curam (1).

Tabel 9. Skoring subkriteria tutupan lahan

Kriteria	Subkriteria	Tipe Rainwater Harvesting			
		Embung	Guludan Kontur	Kolam Pertanian	Tangki
Tutupan lahan	Hutan LK Primer	3	1	5	1
	Hutan LK Sekunder	3	1	5	1
	Hutan Tanaman	3	1	5	1
	Perkebunan	4	4	4	3
	Belukar	2	5	3	2
	Pertanian LK	5	4	4	3
	Pertanian LKC	5	4	4	3
	Sawah	2	2	1	4
	Tanah Terbuka	2	2	1	1
	Pemukiman	1	2	1	5

Tabel 10. Skoring subkriteria jenis tanah

Kriteria	Subkriteria	Tipe Rainwater Harvesting			
		Embung	Guludan Kontur	Kolam Pertanian	Tangki
Jenis Tanah	Andosol Molik	3	3	3	3
	Andosol Okrik	3	3	3	3
	Andosol Vitrik	3	3	3	3
	Fluvisol Eutrik	4	4	4	4
	Gleysol Eutrik	1	1	1	1
	Litosol	2	2	2	2

Tabel 11. Skoring subkriteria HSG

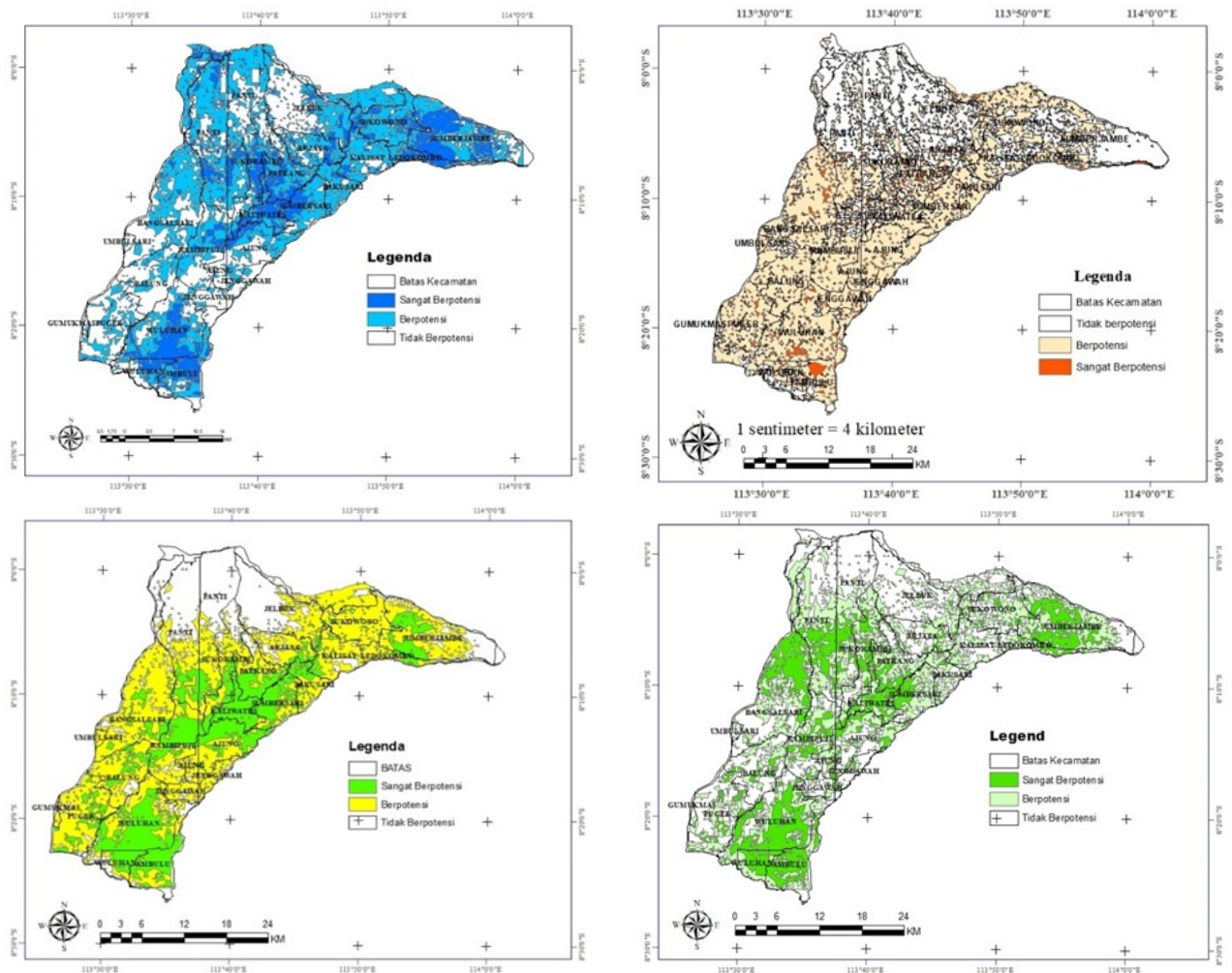
Kriteria	Subkriteria	Tipe Rainwater Harvesting			
		Embung	Guludan Kontur	Kolam Pertanian	Tangki
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
HSG	C	4	4	4	4
	D	3	3	3	3
	C/D	2	2	2	2
	D/D	1	1	1	1

Tabel 12. Skoring subkriteria geologi

Kriteria	Subkriteria	Tipe Rainwater Harvesting			
		Embung	Guludan Kontur	Kolam Pertanian	Tangki
Geologi	Aluvial	5	5	5	5
	Batuan Gunungapi Argapuro	1	1	1	1
	Batuan Gunungapi Kemuning	1	1	1	1
	Batuan Gunungapi Raung, Pendil	1	1	1	1
	Batuan Gunungapi Gumuk	1	1	1	1
	Endapan Kipas Argopuro	4	4	4	4
	Formasi Bagor	2	2	2	2
	Formasi Batuampar	3	3	3	3
	Formasi Mandalika	3	3	3	3
	Formasi Puger	3	3	3	3
	Tuff Argopuro	4	4	4	4

Tabel 13. Skoring subkriteria kerapatan sungai

Kriteria	Subkriteria	Nilai	Tipe Rainwater Harvesting			
			Embung	Guludan Kontur	Kolam Pertanian	Tangki
DD	<0,58	<i>Natural break</i>	1	1	1	1
	0,58-1,23		2	2	2	2
	1,23-1,91		3	3	3	3
	1,91-2,58		4	4	4	4
	2,58-3,8		5	5	5	5



Gambar 11. Hasil penggabungan peta berdasarkan tipe *rainwater harvesting*

4.3.4. Tutupan lahan

Skor subkriteria tutupan lahan didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Juliana et al. (2020), Putri (2017), Santikayasa et al. (2021). Skor subkriteria tutupan lahan ditujukan pada Tabel 9. Skor tertinggi untuk tipe embung adalah wilayah pertanian dan perkebunan, sedangkan skor terkecil untuk wilayah pemukiman. Tipe guludan kontur memiliki skor tertinggi di wilayah belukar dan skor terendah di wilayah hutan. Tipe kolam pertanian memiliki skor tinggi di wilayah hutan dan skor terendah di wilayah pemukiman. Tipe pemanenan air hujan dari atap memiliki skor tinggi di pemukiman dan skor rendah di wilayah hutan.

4.3.5 Jenis tanah

Skoring subkriteria jenis tanah didasarkan pada nilai permeabilitas tanah sesuai penelitian yang dilakukan oleh Tamod et al. (2020). Nilai skor tiap subkriteria ditujukan pada Tabel 10. Keseluruhan skor tidak dibedakan berdasarkan tipe *rainwater harvesting* namun dibedakan berdasarkan jenis tanahnya. Skor tertinggi adalah jenis tanah fluvisol dengan nilai 4, sedangkan skor terendah adalah jenis tanah gleysol dengan nilai 1.

4.3.6 HSG

Skoring HSG (Hydrology Soil Group) berdasarkan pada nilai permeabilitas atau kemampuan tanah dalam menyerap air. Skor tertinggi dimiliki oleh tipe HSG C dengan nilai 4 dan skor terendah berada di tipe D/D dengan nilai 1. Urutan tersebut disesuaikan dengan kemampuan tanah dalam menyerap air. Skor HSG dapat dilihat pada Tabel 11

4.3.7 Geologi

Skor geologi menurut pada kemampuan geologi dalam menyerap air. Kemampuan menyerap air diketahui berdasarkan kajian pustaka dari Derebi et al. (2019). Tiap tipe *rainwater harvesting* memiliki skor geologi yang sama. Skor tertinggi adalah aluvial dan skor terendah adalah batuan gunungapi. Nilai skor geologi dapat dilihat pada Tabel 12

4.3.8 Kerapatan sungai

Skor subkriteria kerapatan sungai sesuai dengan pernyataan dari Rajasekhar et al. (2020). Skor tertinggi berada pada kelas terbesar, yaitu: 2,58-3,8 km/km² dan skor terendah pada kelas terkecil, yaitu: < 0,58 km/

km2. Skor subkriteria kerapian sungai ditunjukkan pada Tabel 13.

4.4 Penggabungan peta kriteria

Analisis lokasi menggunakan gabungan dari peta-peta kriteria yang memiliki masing-masing bobot. Sesuai dengan tipe *rainwater harvesting* yang ingin didapatkan maka dihasilkan 4 peta yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Pengolahan data spasial menunjukan bahwa lokasi yang sangat berpotensi untuk diterapkannya guludan kontur adalah 60% dari wilayah Kecamatan Kaliwates, 52% dari wilayah Kecamatan Ledokombo, dan 46% dari wilayah Kecamatan Sumberjambe. Embung sangat berpotensi diterapkan di 18 % wilayah Kecamatan Ambulu, 13% wilayah Kecamatan Wuluhan, dan 11% Kecamatan Ledokombo. Pemanenan air hujan dari atap bangunan sangat berpotensi di 93% wilayah Kecamatan Kaliwates, 66% wilayah Kecamatan Sumbersari, dan 59% wilayah Kecamatan Wuluhan. Kolam pertanian sangat berpotensi untuk diterapkan di 54% wilayah Kecamatan Kaliwates, 53% wilayah Kecamatan Ambulu, dan 52% wilayah Kecamatan Wuluhan.

4.5 Pembahasan

Pembobotan yang dilakukan menghasilkan kriteria yang memiliki bobot tertinggi adalah elevasi dengan bobot sebesar 13,02%, kemiringan lereng 13,00%, curah hujan dengan bobot 12,97%, HSG 12,61%, jenis tanah 12,25%, geologi 12,21%, kerapian sungai 12,06% dan kriteria yang memiliki bobot terendah adalah tutupan lahan dengan bobot sebesar 11,87%. Bobot pada masing-masing kriteria tidak memiliki perbedaan nilai yang begitu besar. Hal ini sesuai dengan hasil VIF pada perhitungan korelasi. Nilai VIF antar kriteria tidak memiliki perbedaan yang terlalu besar, sehingga analisis pembobotan dengan metode AHP bisa diterima.

4.6 Tentang pemanenan air hujan dari atap iki pokoke

Penerapan sistem *rainwater harvesting* tipe guludan kontur berdasarkan analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa lokasi yang cocok adalah wilayah persawahan dengan slope landai. Potensi guludan kontur yang mencapai 60% wilayah Kecamatan Kaliwates patut dilaksanakan guna mencapai reduksi banjir yang optimal melihat efektifitas guludan kontur dalam mengurangi volume limpasan sebesar 83,23% (Tambunan, 2018). Tambunan (2018) mengungkapkan bahwa penerapan guludan kontur di daerah Bumiaji, Batu yang didominasi area pertanian dan *slope* kelas curam dapat mengurangi limpasan sebesar 83,23%.

Tipe kolam pertanian memiliki potensi besar di wilayah pertanian dengan *slope* datar. 54% wilayah Kaliwates memiliki potensi diterapkannya tipe ini. Pengendalian volume limpasan di wilayah Kaliwates juga bisa menggunakan tipe kolam pertanian

mengingat efektifitas kolam pertanian dalam mengurangi limpasan sebesar 70% (Azwarman et al., 2018).

Selain tipe tersebut, tipe embung juga memiliki potensi diterapkan di 18% wilayah Kecamatan Ambulu dan wilayah yang memiliki cekungan yang bukan pemukiman. Wilayah yang berpotensi tersebut merupakan wilayah persawahan dengan *slope* datar. Potensi secara global besar, namun penerapan secara langsung tidak memungkinkan mengingat *slope* yang kurang sesuai.

Penerapan tipe pemanenan air hujan dari atap sangat sesuai di wilayah *slope* datar dengan padat pemukiman. Wilayah Kaliwates merupakan padat penduduk sehingga 93% wilayah Kecamatan Kaliwates sangat sesuai untuk diterapkan. Pemukiman merupakan wilayah yang memiliki limpasan yang besar sehingga penerapan *rainwater harvesting* sangat sesuai. Freni & Liuzzo (2019) menunjukkan bahwa pemanenan air hujan dari atap dapat mereduksi limpasan sebanyak 100% pada hujan ringan. Sehingga diharapkan penerapan pemanenan air hujan dari atap di Kecamatan Kaliwates guna mencapai pencegahan bencana banjir karena berkurangnya limpasan permukaan.

Analisis lokasi penerapan *rainwater harvesting* juga dilakukan oleh Juliana et al. (2020). Kriteria yang memiliki bobot terbesar pada penelitian Juliana et al. (2020) adalah kemiringan lereng. Namun apabila diamati dengan lebih teliti, urutan bobot kriteria pada penelitian Juliana et al. (2020) tidak jauh berbeda dengan hasil analisis yang telah dilakukan. Urutan pembobotan kriteria dari analisis yang telah dilakukan adalah elevasi, *slope*, hujan, HSG, Jenis tanah, geologi, kerapian sungai dan tutupan lahan. Sedangkan penelitian dari Juliana et al. (2020) adalah *slope*, hujan, jenis tanah, dan tata guna lahan.

5. Kesimpulan

1. Hasil uji multikolinearitas menunjukkan bahwa delapan kriteria yang dianalisis memiliki nilai VIF yang hampir sama. Hasil tersebut sesuai dengan hasil analisis metode AHP sehingga nilai AHP dapat digunakan untuk menganalisis pembobotan. Namun perbedaan nilai prioritas berdasarkan nilai VIF dan bobot terdapat perbedaan sehingga diperlukan analisis lain sebagai pembanding.
2. Bobot pada masing-masing kriteria menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan. Kriteria yang memiliki bobot tertinggi adalah elevasi dengan bobot sebesar 13,02%, kemiringan lereng 13,00%, curah hujan dengan bobot 12,97%, HSG 12,61%, jenis tanah 12,25%, geologi 12,21%, kerapian sungai 12,06% dan kriteria yang memiliki bobot terendah adalah tutupan lahan dengan bobot sebesar 11,87%.
3. Pemanenan air hujan dari atap merupakan tipe yang paling berpotensi untuk diterapkan di DAS Bedadung, dengan presentase 27,5%. Sedangkan lokasi yang paling berpotensi adalah Kecamatan

Kaliwates mengingat wilayah tersebut memiliki karakteristik padat pemukiman yang meningkatkan limpasan permukaan. Penerapan *rainwater harvesting* perlu diterapkan sehingga dapat melakukan pencegahan banjir dengan mengurangi volume limpasan.

Daftar Pustaka

- Adham, A., Sayl, K. N., Abed, R., Abdeladhim, M. A., Wesseling, J. G., Riksen, M., Fleskens, L., Karim, U., & Ritsema, C. J. (2018). *A GIS-based approach for identifying potential sites for harvesting rainwater in the Western Desert of Iraq*. International Soil and Water Conservation Research, 6(4), 297–304.
- Andriyani, I., Wahyuningsih, S., & Arumsari, R. S. (2020). *Penentuan Tingkat Bahaya Erosi Di Wilayah Das Bedadung Kabupaten Jember*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem, 8(1), 1–11.
- Azwarman, A., Susiana, S., & Hidayah, J. (2018). *Kajian Drainase Ramah Lingkungan Dengan Memperhitungkan Sumur Resapan untuk Antisipasi Banjir Pada Perumahan Aura Bimantara Kampung Bugis Kecamatan Alam Barajo*. Jurnal Talenta Sipil, 1(2), 70.
- Badan Standardisasi Nasional. (2010). *SNI 7645*. Badan Standardisasi Nasional.
- Balkhair, K. S., & Ur Rahman, K. (2021). *Development and assessment of rainwater harvesting suitability map using analytical hierarchy process, GIS and RS techniques*. Geocarto International, 36(4), 421–448.
- Derebi, M. I., Noor, D., & Prihatna, I. A. (2019). *Geologi Daerah Mulyorejo Dan Sekitarnya Kecamatan Silo, Kabupaten Jember, Jawa Timur*. Seminar Nasional, 1–12.
- Ejegu, M. A., & Yegizaw, E. S. (2020). *Potential rainwater harvesting suitable land selection and management by using GIS with MCDA in Ebenat District Northwestern Ethiopia*. Journal of Degraded and Mining Land Management, 8.
- Freni, G., & Liuzzo, L. (2019). *Effectiveness of Rainwater Harvesting Systems for Flood Reduction in Residential Urban Areas*. Water (Switzerland), 11(7).
- Harmani, E., & Soemantoro, M. (2017). *Kolam Retensi sebagai Alternatif Pengendali Banjir*. Jurnal Teknik Sipil Unitomo, 1(1), 71–80.
- Juliana, I. C., Alia, F., Falah, M. I., & Gunawan, T. A. (2020). *Identifikasi Kawasan Potensial Untuk Penerapan Sistem Rainwater Harvesting (RWH) di Kota Palembang dengan Pendekatan Geographic Information System (GIS)*. Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil, 9(1), 39–45.
- Laksono, A. H. (2022, January). *Banjir Besar Menerjang Jember Utara! Perumahan Bumi Mangli Permai Terendam*. Suara Indonesia.
- Mahmood, K., Qaiser, A., Farooq, S., & Nisa, M. un. (2020). *RS- and GIS-based modeling for optimum site selection in rain water harvesting system: an SCS-CN approach*. Acta Geophysica, 68(4), 1175–1185.
- Nafiah, A., Hidayah, E., & Wiyono, R. U. (2021). *Pemanenan Air Hujan Sebagai Upaya Pengurangan Limpasan Permukaan Pada Kawasan Perkotaan*. January.
- Oktaviani, N. P. W., & Kristiantari, M. G. R. (2021). *Korelasi Tipe Kepemimpinan Kepala Sekolah dan Budaya Sekolah Terhadap Komitmen Guru*. Jurnal Pedagogi Dan Pembelajaran, 4(1), 69.
- Praningki, T., Bayu, M., & Pramono, A. (2019). *Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Atlet Panahan menggunakan Logic Fuzzy metode AHP-TOPSIS*. CAHAYAtech, 8(2), 150.
- PUPR. (2017). *Modul Pengantar Perencanaan Embung*. Bandung. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Putri, B. M. (2017). *Pemetaan Lokasi Potensi Penerapan Teknologi Pemanenan Air Hujan (Rain Water Harvesting) di Kawasan Universitas Padjadjaran Kampus Jatinangor*. Skripsi, 4, 1–61.
- Rajasekhar, M., Gadhiraaju, S. R., Kadam, A., & Bhagat, V. (2020). *Identification of groundwater recharge-based potential rainwater harvesting sites for sustainable development of a semiarid region of southern India using geospatial, AHP, and SCS-CN approach*. Arabian Journal of Geosciences, 13(2). <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4996-6>
- Santikayasa, I. P., Syarifah, M., & Taufik, M. (2021). *Identifikasi Lokasi Potensial Panen Air Hujan Menggunakan Indeks Kesesuaian Embung dan Sistem Informasi Geografi di Provinsi Jawa Timur Indonesia*. Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan, 6(3), 187–204.
- Sarminah, S., & Karyati. (2018). *Teknologi Konservasi*. Mulawarman University Press.
- Sayl, K. N., Mohammed, A. S., & Ahmed, A. D. (2020). *GIS-based approach for rainwater harvesting site selection*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 737(1).
- Shalamzari, M. J., Gholami, A., Sigaroudi, S. K., Shabani, A. A., & Arzani, H. (2018). *Site selection for rainwater harvesting for wildlife*

using Multi-Criteria Evaluation (MCE) technique and GIS in the Kavir National Park, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 8(1), 77–92.

Supriadi, B. (2021, January). *Banjir Terbesar dalam 10 Tahun Terakhir Landa Jember, 7 Kecamatan Terdampak*. Kompas.Com.

Sylviana, R., & Hendriyana, D. (2018). *Perencanaan Teknis Pemanenan Air Hujan Terintegrasi dengan Sumur Resapan*. Bentang: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 6 (1), 93–107.

Tambunan, W. E., 2018, *Efektivitas Arah Guludan dan Lubang Resapan Biopori (LRB) dalam Mencegah Limpasan Permukaan dan Erosi di Daerah Bumiaji, Batu*, In Universitas Brawijaya, Vol. 1, Issue 1.

Tamod, C. J. K. ., Aryanto, R., & Purwiyono, T. T. (2020). *Analisis Laju Infiltrasi Berbagai Penggunaan Lahan*. Indonesian Mining and Energy Journal, 3(2), 76–88.

Wahyunik, S. (2022, January). *Empat Hari Banjir di Jember, Lebih dari 3000 KK Terdampak*. Tribunjember.Com.

Widana, W., & Muliani, P. L. (2020). *Uji Persyaratan Analisis. In Analisis Standar Pelayanan Minimal Pada Instalasi Rawat Jalan di RSUD Kota Semarang*. Klik Media.

Wigati, R., Mina, E., Kusuma, R. I., Kuncoro, H. B. B., Fathonah, W., & Ruyani, N. R. (2022). *Implementasi pemanenan air hujan (Rainwater Harvesting) Pada Masa Pandemi COVID-19 di Kota Serang*. Jurnal Aplikasi Ipteks Untuk Masyarakat, 11(1), 78–85.