

Analisis Metode Multi-Criteria Decision Making (MCDM) untuk Penilaian Kerusakan dan Kebutuhan Pemulihan Pascabencana

Dewa Ramadhan Artagautama¹, Fadhil Naufal Maifino Novian², Agusta Praba Ristadi Pinem³

^{1,2} Jurusan Sistem Informasi Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Semarang
Jln. Soekarno-Hatta Tlogosari Semarang 50196

¹drmdhn33@gmail.com

²fdhlvian@gmail.com

³agusta.pinem@usm.ac.id

Abstract

Indonesia menghadapi risiko tinggi terhadap bencana alam, sehingga penetapan prioritas untuk rehabilitasi dan rekonstruksi pascabencana menjadi hal yang sangat penting. Studi ini mengevaluasi empat metode Multi-Criteria Decision Making (MCDM), yakni ELECTRE, ARAS, SMART, dan CoCoSo, dalam menentukan prioritas penanggulangan bencana berdasarkan data dari Penilaian Kerusakan dan Kerugian (DaLA) serta Penilaian Kebutuhan Pemulihan Manusia (HRNA). Data ini diolah menjadi matriks keputusan dengan enam kriteria utama, menghasilkan peringkat wilayah terdampak untuk masing-masing metode. Validasi melalui korelasi peringkat Spearman telah menghasilkan nilai korelasi sebesar 0,9636 untuk metode penelitian ELECTRE, ARAS, dan SMART, sedangkan metode CoCoSo memiliki korelasi sedikit lebih rendah, yakni 0,9364. Perbedaan ini disebabkan oleh pendekatan algoritma CoCoSo yang menggunakan multi-agregasi, yaitu kombinasi model penjumlahan bobot (WSM) dan perkalian bobot (WPM), yang memengaruhi hasil peringkat. Penelitian ini menyimpulkan bahwa keempat metode layak digunakan dalam pengambilan keputusan pascabencana, meskipun metode berbasis fungsi nilai optimal seperti ARAS cenderung menunjukkan korelasi lebih tinggi. Penelitian juga mendorong pengembangan sistem berbasis teknologi untuk mempercepat dan meningkatkan akurasi proses pengambilan keputusan dalam situasi pascabencana.

Keywords: MCDM, ELECTRE, ARAS, SMART, CoCoSo, Penanggulangan Bencana.

I. PENDAHULUAN

Negara Indonesia adalah negara yang rawan terhadap berbagai jenis bencana alam seperti gempa bumi, banjir, dan letusan dari gunung berapi. Kondisi ini menjadikannya upaya penanggulangan bencana, terutama dalam tahap rekonstruksi dan rehabilitasi, sangat penting untuk dijadikan pilihan untuk memastikan bahwa pemulihan yang cepat dan efektif. Dalam proses ini pengambilan keputusan yang akurat dalam menentukan prioritas penanggulangan bencana menjadi krusial, mengingat terbatasnya sumber daya yang tersedia.

Pada penelitian ini menggunakan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis Model (MCDM) *Multi-Criteria Decision Making* adalah pendekatan yang digunakan untuk mengambil keputusan berdasarkan beberapa kriteria, dengan cara menyusun peringkat atau memilih salah satu dari alternatif yang tersedia. Tiap alternatif dalam masalah pengambilan keputusan multi kriteria dapat diuraikan menggunakan serangkaian kriteria, yang dapat berupa data kualitatif maupun kuantitatif [1],[2]. Metode penelitian seperti ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité)[3], SMART (Simple Multi Attribute Rating Technique)[4], dan ARAS (Additive Ratio Assessment) [5]. Metode ECLAC (*Economic Commission for Latin America and the Caribbean*) yang

digunakan sebagai rujukan RENAKSI RR [6]. untuk menentukan prioritas penanganan wilayah pasca bencana berdasarkan dataset dari Rencana Aksi Rehabilitasi dan Rekonstruksi (RENAKSI) yang mencakup Damages and Losses Assessment (DaLA) dan Human Recovery Need Assessment (HRNA) sebagai parameter utama [7]. DaLA dan HRNA mengelompokkan berbagai aspek yang terdampak pascabencana alam. Aspek-aspek tersebut mencakup proses rehabilitasi dan rekonstruksi, yang meliputi sektor Ekonomi, Sosial, Kemanusiaan, Perumahan, Infrastruktur, serta Lintas Sektor [7]. Data yang telah disortir dari DaLA dan HRNA dijadikan sebagai kriteria dan alternatif pada matriks keputusan untuk ketiga metode penelitian.

ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Réalité) adalah metode berbasis outranking yang membandingkan alternatif yang berpasangan berdasarkan relatif yang unggul untuk menghasilkan ranking [8].

SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique) adalah metode penelitian yang penilaian tiap kriteria pada setiap alternatif memiliki nilai untuk dibandingkan dan memiliki bobot yang sederhana untuk setiap kriteria sehingga mudah digunakan dan fleksibel dalam berbagai situasi keputusan [4].

ARAS (Additive Ratio Assessment) merupakan metode di mana setiap alternatif dievaluasi untuk menghasilkan nilai akhir tertinggi guna menentukan solusi terbaik [2].

Semua metode algoritma memiliki nilai yang berbeda selama proses, karena itu diperlukan analisis lebih lanjut untuk menentukan ranking terbaik dengan data real. Metode ELECTRE pernah digunakan untuk menentukan daerah mana yang harus diprioritaskan setelah bencana alam[9]. sedangkan metode ARAS pernah digunakan penentuan prioritas RENAKSI[10] dan SMART penelitian topik yang sama [11]. Metode ARAS menggunakan alternatif optimal sebagai baseline untuk membandingkan semua alternatif lain sedangkan ELECTRE dan SMART lebih fokus pada pembobotan langsung kriteria dan perhitungan utilitas. Yang menjadi pembeda dengan metode CoCoSo dengan yang lain CoCoSo lebih fokus pada kombinasi weight sum model (WSM) dan weighted product model (WPM), menghasilkan solusi kompromi dengan memperhatikan bobot pengaruh antar kriteria.

Sebagai langkah pengembangan, penelitian ini menambahkan metode CoCoSo (Combined Compromise Solution) sebagai alternatif yang dapat memperhitungkan bobot kriteria secara dinamis dan menghasilkan solusi kompromi ideal yang lebih representatif. CoCoSo telah terbukti efektif di berbagai penelitian keputusan multikriteria [12]. Beberapa studi kasus menyebutkan bahwa metode CoCoSo dapat digunakan sebagai penentu penerima bantuan program miskin berprestasi[13], pemilihan modem[14], Pada penelitian yang lain metode ini digunakan untuk menentukan penerima pinjaman kredit pada sebuah koperasi[15]. Dari beberapa contoh kasus yang berbeda pada penggunaan metode CoCoSo, ada keterkaitan cara penggunaan metode CoCoSo ini yaitu dengan melihat beberapa kriteria dan bobot yang sudah ditentukan sejak awal. Pada penelitian sebelumnya[1] membandingkan ketiga metode ini dalam menentukan prioritas penanganan pasca bencana alam berdasarkan dataset dari BNPB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga metode memiliki tingkat korelasi yang tinggi dengan data sejarah prioritas RENAKSI. Namun, keterbatasan metode ini terletak pada pendekatan perhitungan yang kurang fleksibel untuk mengintegrasikan preferensi multi-objektif secara dinamis. Dari data tersebut digunakan sebagai nilai kriteria serta pilihan pada matriks keputusan. Metode CoCoSo selanjutnya dilakukan uji coba untuk dapat menghasilkan tujuan utama. Karna CoCoSo sendiri memiliki perbedaan dengan ketiga metode yang mana metode CoCoSo mengakomodir penentuan jarak dan tiga tahapan agregasi yang tidak terdaftar pada metode sebelumnya.

Dataset DaLA dan HRNA melalui tahap penyortiran yang menghasilkan sepuluh subkriteria, lalu disederhanakan menjadi enam kriteria. Pada dokumen ini hasil validasi menggunakan korelasi *Rank Spearman* menunjukkan nilai sama 0,96 untuk ELECTRE, SMART, dan ARAS. Namun validasi dasar menunjukkan ARAS meraih nilai korelasi lebih tinggi dibandingkan yang lain dikarenakan ARAS mempertimbangkan baseline nilai optimum.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) adalah metode yang membantu proses pengambilan keputusan melalui analisis data dan perhitungan matematis, guna menghasilkan rekomendasi terbaik dalam situasi kompleks dan beragam alternatif.

Salah satu model dalam pengambilan keputusan adalah Metode MCDM diterapkan di berbagai sektor industri. MCDM berguna untuk menyelesaikan masalah yang melibatkan banyak kriteria, dengan cara memberikan peringkat pada alternatif terbaik untuk menentukan solusi yang tepat[16]. Metode Sistem Pendukung Keputusan (SPK) menggunakan model MCDM, seperti ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realité), ARAS (Assessment Additive Ratio), SMART (Simple Multi Attribute Rating Technique), dan CoCoSo (Combined Compromise Solution).

A. ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realité)

Dalam metode ini, alternatif yang lebih unggul dalam hal kesesuaian dibandingkan dengan alternatif lainnya dianggap lebih dominan. Selain itu, sejumlah penelitian sebelumnya juga telah memanfaatkan metode ELECTRE untuk membantu dalam pemilihan kartu smartphone [3]. ELECTRE dapat memberikan rekomendasi kepada pengguna dalam pemilihan kartu smartphone dengan menggunakan kriteria yang telah ditentukan, Pemilihan kartu smartphone ini bisa menjadi keputusan penting karena dapat mempengaruhi pengalaman pengguna. Metode ELECTRE melibatkan sejumlah tahapan, yaitu :

Pembentuk Decision Making Matrix

$$x = \begin{bmatrix} x_{01} & \cdots & x_{0j} & \cdots & x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{ij} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{nj} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = m, 0; j = 1, n \quad (1)$$

x_{ij} = Merupakan nilai kinerja alternatif i terhadap kriteria j
 x_{0j} = Merupakan nilai terbaik atau optimal untuk kriteria j
 m = adalah alternatif yang ada
 n = adalah kriteria yang ada

Normalisasi Decision Making Matrix untuk semua kriteria

$$x_{ij}^* = X_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m X_{ij}^2} \quad (2)$$

Matriks keputusan ternormalisasi untuk semua kriteria

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \cdots & \bar{x}_{0j} & \cdots & \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{ij} & \cdots & \bar{x}_{ij} & \cdots & \bar{x}_{nj} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{n1} & \cdots & \bar{x}_{mj} & \cdots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = \bar{m}, 0; j = 1, \bar{n} \quad (3)$$

Menentukan bobot matriks yang sudah dinormalisasi

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (4)$$

Menghitung indeks kecocokan (concordance index) dan ketidaksesuaian (discordance index).

Kriteria kesesuaian (concordance) pada suatu alternatif dirumuskan melalui persamaan.

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} > y_{lj}\}, \text{ untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (5)$$

Sebaliknya termasuk dalam ketidaksesuaian (discordance) apabila

$$D_{kl} = \{j, y_{kj} < y_{lj}\}, \text{ untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

Selanjutnya, menghitung nilai kesesuaian dan ketidaksesuaian untuk setiap alternatif. Nilai kesesuaian (concordance) dihitung dengan mengagregasi bobot-bobot yang tergabung dalam sub himpunan kesesuaian.

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_w} w_j \quad (7)$$

Untuk menghitung nilai ketidaksesuaian (discordance), jumlahkan bobot-bobot yang terdapat dalam sub himpunan ketidaksesuaian.

$$D_{kl} = \sum_{j \in C_w} w_j \quad (8)$$

Nilai dominan (E) adalah hasil nilai yang digunakan untuk menentukan alternatif terbaik dalam metode ELECTRE. Semakin tinggi nilainya, semakin baik posisi alternatif tersebut dalam perbandingan.

B. ARAS (Additive Ratio Assessment)

Metode ARAS bekerja dengan cara sederhana, yaitu memasukkan alternatif optimal ke dalam proses perhitungan dan menjadikannya sebagai salah satu alternatif.[5] Metode ARAS menggunakan nilai fungsi utilitas untuk menghasilkan hasil dengan memasukkan opsi terbaik ke dalam proses perhitungan. Alternatif ini kemudian dijadikan sebagai acuan untuk memilih alternatif yang paling terbaik. Pada metode SPK lainnya, multi-kriteria lebih menitik beratkan pada proses penentuan ranking. Metode MCDM mengevaluasi nilai fungsi utilitas solusi dengan menghitung jarak antara alternatif solusi positif dan negatif untuk menentukan solusi yang paling ideal. Berbeda dengan metode ARAS, pendekatan ini membandingkan utilitas alternatif terhadap nilai fungsi utilitas optimal yang dijadikan sebagai acuan.

Menentukan nilai optimum

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}; i = \overline{0, m} \quad (9)$$

Menentukan tingkat peringkat

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}; i = \overline{0, m} \quad (10)$$

Alternatif dengan nilai K tertinggi menghasilkan opsi terbaik, baik dengan melebihi maupun mendekati nilai optimal, dan disusun berdasarkan peringkat alternatif.

C. SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique)

Metode SMART (Simple Multi Attribute Rating Technique) adalah metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang membandingkan nilai setiap kriteria pada masing-masing alternatif, disertai dengan bobot yang mencerminkan tingkat kepentingan dari setiap kriteria tersebut [4]. Metode SMART adalah salah satu bagian dari sistem pendukung keputusan yang berbasis pada berbagai nilai kriteria (Multi Attribute). Metode ini termasuk dalam MAUT (Multi-Attribute

Utility Technique), di mana pengambilan keputusan dilakukan dengan mempertimbangkan sejumlah kriteria yang menjadi parameter utama dalam menentukan pilihan [17]. SMART pada tahap awal memiliki kesamaan dengan metode ELECTRE, yaitu dimulai dari proses pembentukan matriks keputusan hingga matriks normalisasi terbobot. Tahap ini melibatkan penentuan nilai utilitas dengan mengubah nilai pada setiap kriteria untuk setiap alternatif menjadi matriks keputusan. Nilai kriteria tersebut disesuaikan dengan karakteristik masing-masing kriteria.

Untuk jenis kriteria (benefit) dihitung menggunakan persamaan :

$$u_i(a_i) = \left(\frac{c_{out} - c_{out}}{c_{max} - c_{min}} \right) \times 100\% \quad (11)$$

$u_i(a_i)$ = utilitas kriteria ke i
 c_{max} = maksimal kriteria
 c_{min} = minimal kriteria
 c_{out} = kriteria ke i

Untuk jenis kriteria (cost) dihitung menggunakan persamaan :

$$u_i(a_i) = \left(\frac{c_{max} - c_{out}}{c_{max} - c_{min}} \right) \times 100\% \quad (12)$$

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai akhir dengan cara mengalikan elemen-elemen pada matriks keputusan yang telah dinormalisasi dengan bobot normalisasi masing-masing kriteria, kemudian menjumlahkan hasil perkalian tersebut.

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^m w_j u_j(a_i) \quad (13)$$

$u(a_i)$ = nilai penggantian total
 w_j = hasil normalisasi bobot standar
 $u_j(a_i)$ = hasil penentu nilai utilitas 0

D. CoCoSo (Combined Compromise Solution)

CoCoSo adalah salah satu metode dalam sistem pendukung keputusan yang menggunakan berbagai kriteria (Multi Attribute) sebagai parameter utama [12]. Dalam proses pengambilan keputusan, metode ini menggabungkan beberapa pendekatan kompromi untuk menentukan alternatif terbaik. CoCoSo memadukan model pengaruh berbasis penjumlahan dan perkalian, sehingga memungkinkan penilaian alternatif secara lebih mendalam dan menyeluruh. Langkah pertama dalam metode CoCoSo adalah membentuk matriks keputusan, yang kemudian dinormalisasi sesuai dengan karakteristik setiap kriteria. Selanjutnya, skor dihitung dengan mengintegrasikan bobot kriteria untuk mendapatkan nilai akhir dari masing-masing alternatif. Nilai tersebut merepresentasikan tingkat keoptimalan alternatif yang dianalisis guna mendukung proses pengambilan keputusan.

Menentukan normalisasi kriteria kategori keuntungan (benefit)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (14)$$

Menentukan normalisasi kriteria kategori biaya (cost)

$$r_{ij} = \frac{\max x_{ij} - x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (15)$$

Langkah seterusnya ialah mengira nilai Si (penyelesaian ideal positif) dan Pi (penyelesaian ideal negatif), yang digunakan untuk membandingkan alternatif dalam membuat keputusan. Ini adalah nilai persamaan untuk penyelesaian ideal positif dan penyelesaian ideal negatif :

Menghitung Nilai Si

$$S_i = \sum_{j=1}^n (W_j r_{ij}) \quad (16)$$

Menghitung Nilai Pi

$$P_i = \sum_{j=1}^n (r_{ij}) w_j \quad (17)$$

Bobot relatif masing-masing alternatif dihitung dengan menggunakan teknik agregasi. Prosesnya melibatkan tiga tahapan penghitungan skor evaluasi, yang akan menghasilkan bobot relatif untuk setiap alternatif.

Mengitung nilai K_{ia} , K_{ib} , dan K_{ic}

$$K_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^m (P_i + S_i)} \quad (18)$$

$$K_{ib} = \frac{S_i}{\min S_i} + \frac{P_i}{\min P_i} \quad (19)$$

$$K_{ic} = \frac{\lambda(S_i) + (1 - \lambda)(P_i)}{(\lambda \max S_i + (1 - \lambda) \max P_i)} \quad (20)$$

Hitung total nilai K_i untuk setiap alternatif dengan menggunakan persamaan berikut :

Menghitung total nilai K_i

$$K_i = (K_{ia} K_{ib} K_{ic})^{\frac{1}{3}} + \frac{1}{3}(K_{ia} K_{ib} K_{ic}) \quad (21)$$

Tahap terakhir dalam metode CoCoSo adalah pemeringkatan alternatif setelah menghitung nilai K_i untuk semua alternatif. Pemeringkatan ini berfungsi menentukan alternatif terbaik yang paling mendekati solusi ideal dalam proses pengambilan keputusan.

E. Penanggulangan Bencana

Proses ini dilaksanakan melalui Rencana Aksi Rehabilitasi dan Rekonstruksi (RENAKSI RR) di wilayah yang terdampak setelah terjadinya bencana alam [7]. Dalam dokumen RENAKSI RR ini menggunakan beberapa aspek fisik dan aspek kemanusiaan, yaitu DaLA dan HRNA.

DaLA dan HRNA diklasifikasikan ke dalam berbagai sektor yang terdampak akibat bencana alam. Aspek yang dianalisis meliputi Kemanusiaan, Perumahan, Infrastruktur, Ekonomi, Sosial, serta Lintas Sektor. Setiap sektor atau aspek memiliki sub-sektor dengan karakteristik yang beragam. Nilai harga satuan atau nominal kerusakan dari setiap kategori akan

digunakan sebagai parameter input dalam sistem, yang kemudian dianalisis untuk proses perangkaan. Estimasi nilai kerusakan karena bencana alam ada di Table 1.

Table 1. Estimasi akibat bencana

Sektor	Sub Sektor	Satuan
Kemanusiaan	Korban	Jiwa
	Populasi	Jiwa
Perumahan	Perumahan	Unit
	Jalan	Km
	Sungai	m
Infrastruktur	Energi	Unit
	Air dan Sanitasi	Unit
	Kesehatan	Unit
Sosial	Tempat Ibadah	Unit
	Panti Sosial	Unit
	Pertanian	Ha
Ekonomi	Perikanan	Unit
	UKM	Unit
Lintas Sektor	Pemerintahan	Unit
	Keamanan	Unit

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Menentukan Kriteria

Pada tahap ini kriteria harus ditentukan untuk digunakan untuk menentukan prioritas wilayah dari data pasca bencana alam. Berdasarkan data dari RENAKSI RR yang menggunakan aspek DaLa dan HRNA terdapat 6 Kriteria dan 10 Sub Kriteria dapat dilihat pada Table 2.

Table 2. Data Kriteria

ID Kriteria	Sub Kriteria	Sektor	Jenis Satuan
C1	SC1	Kemanusiaan	Jiwa
	SC2	Jumlah Penduduk	
C2	SC3	Perumahan	Rupiah
	SC4	Air dan Sanitasi	Rupiah
C3	SC5	Struktur Sungai	
	SC6	Agama	
C4	SC7	Kesehatan	Rupiah
	SC8	Panti Sosial	
C5	SC9	UKM	Rupiah
C6	SC10	Lintas Sektor	

Setelah data kriteria sudah ditentukan maka tahap selanjutnya adalah menentukan nilai bobot dan jenis kriteria. Bobot setiap kriteria dapat dilihat pada Table 3.

Table 3. Data Bobot

ID Kriteria	Jenis Bobot	Bobot Kriteria	Jenis Kriteria
C1	Kemanusiaan	0,21	Benefit

C2	Perumahan	0,21	Benefit
C3	Infrastruktur	0,17	Benefit
C4	Ekonomi	0,17	Benefit
C5	Sosial	0,13	Benefit
C6	Lintas Sektor	0,13	Benefit

A4	0.005	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
A5	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
A6	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
A7	0.074	0.081	0.087	0.049	0.111	0.003
A8	0.039	0.034	0.012	0.020	0.014	0.001
A9	0.011	0.008	0.011	0.019	0.011	0.038
A10	0.020	0.014	0.021	0.004	0.008	0.001
A11	0.019	0.031	0.012	0.018	0.008	0.006

Berikut adalah data bobot yang sudah dinormalisasi, Jenis kriteria bobot semua adalah benefit karna dalam penelitian ini kerusakan karna bencana alam dijadikan sebagai keuntungan.

Pada Table 5 di atas, ditampilkan hasil normalisasi terbobot untuk metode ARAS dan ELECTRE menggunakan rumus (3) sedangkan pada metode SMART proses perkalian tiap bobot dilakukan di bagian akhir. Pada metode ARAS yakni memiliki A_0 atau Alternatif 0 menggunakan persamaan (9) berisi nilai optimal untuk setiap kriteria.

Table 4. Data Kerusakan Pasca Bencana

Alter natif	C1 (Jiwa)		C2 (Rupiah)	C3 (Rupiah)			...	C6 (Rupiah)
	SC 1	SC 2	SC3	SC4	SC5	...	SC10	
A1	191 68	128 106 1	Rp1,5 17,935 ,000,0 00	Rp33,50 6,160,00 0	Rp5,600 ,000,000	...	Rp75,45 8,900,00 0	
A2	34	115 813 8	Rp11, 100,00 0,000	Rp99,12 0,000	Rp0	...	Rp350,9 00,000	
A3	304	941 808	Rp14, 965,00 0,000	Rp178,8 00,000	Rp0	...	Rp701,5 25,000	
...	
A9	513	515 976	Rp91, 925,00 0,000	Rp2,008 ,320,000	Rp1,500 ,000,000	...	Rp34,46 4,100,00 0	
A10	220 1	447 695	Rp156 ,955,0 00,000	Rp2,954 ,880,000	Rp3800, 000,000	...	Rp490,6 00,000	
A11	116 7	747 782	Rp361 ,810,0 00,000	Rp4,004 ,400,000	Rp0	...	Rp5,203 ,000,000	

Dari data Table 4 dijadikan sebagai matriks awal untuk melanjutkan perhitungan Matriks Normalisasi Terbobot dengan metode nya masing – masing.

Perbandingan korelasi antara setiap metode dengan dataset bencana yang diperoleh dari BNPB (Bappenas) dibahas dalam bagian ini. Langkah awal pada semua metode dimulai dengan membentuk matriks keputusan. Sebelum melanjutkan ke metode masing-masing yang memiliki tahapan berbeda, nilai subkriteria dirata-rata menggunakan *geometric mean* untuk menghasilkan nilai kriteria yang telah ternormalisasi. Pada metode ARAS dan ELECTRE, terdapat kesamaan langkah dalam proses mengalikan matriks keputusan yang ternormalisasi dengan bobot menggunakan persamaan (3) dan (4).

Table 5. Matriks Normalisasi Terbobot ARAS dan ELECTRE

Alt	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A0	0.102	0.131	0.101	0.077	0.111	0.084
A1	0.102	0.131	0.086	0.009	0.053	0.084
A2	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
A3	0.011	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001

B. ELECTRE

Dalam metode ELECTRE, proses perangkingan dimulai dengan penerapan rumus ke (4) sampai (8). Rumus persamaan (4) digunakan pada semua metode untuk menghitung nilai bobot yang ternormalisasi. Sementara itu, rumus persamaan ke (5) sampai ke (8) diterapkan untuk menghitung nilai concordance dan discordance, di mana setiap nilai kriteria dari alternatif dibandingkan satu sama lain. Perbandingan ini menghasilkan tingkat kesesuaian (concordance) dan ketidaksesuaian (discordance) antar alternatif. Metode ELECTRE menghasilkan nilai dominan sebagai output akhir, yang diperoleh dengan menggabungkan indeks kesesuaian (concordance) dan indeks ketidaksesuaian (discordance). Nilai dominan ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan peringkat alternatif.

Table 6. Hasil Perangkingan ELECTRE

Alt	Kabupaten	Nilai Dominan	Rank	History
A1	Klaten	8.3279	1	1
A2	Magelang	-6	4	5
A3	Boyolali	-3.0738	2	2
A4	Sukoharjo	-4.6557	3	4
A5	Wonogiri	-6.4426	5	3
A6	Purworejo	-7.9426	6	6
A7	Bantul	8.1967	1	1
A8	Sleman	4.5738	2	2
A9	Yogyakarta	2	5	5
A10	Kulonprogo	2.1148	4	3
A11	Gn.Kidul	2.9016	3	4
Validasi Spearman Rank			=	0,9636

Hasil perangkingan dari metode ELECTRE dan data history (RENAKSI) bisa dilihat pada Table 6. Hasil dari ELECTRE dengan data history memiliki perbedaan. Hasil korelasi rank spearman yang dihasilkan metode ELECTRE adalah 0,9636.

C. ARAS

Proses perangkingan dalam metode ARAS dimulai dengan pembentukan matriks keputusan yang mencakup alternatif A_0 yaitu alternatif optimal yang berisi nilai terbaik untuk setiap kriteria. Matriks keputusan tersebut kemudian dinormalisasi

menggunakan persamaan yang mempertimbangkan sifat kriteria, baik sebagai benefit maupun cost. Setelah proses normalisasi, dilakukan pembobotan pada masing-masing nilai kriteria untuk memperoleh matriks keputusan ternormalisasi terbobot. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai fungsi utilitas untuk setiap alternatif, termasuk A_0 , menggunakan persamaan (9) yang menggabungkan nilai kriteria dengan bobotnya. Hasil akhir dari metode ARAS berupa nilai fungsi utilitas untuk setiap alternatif, di mana alternatif dengan nilai fungsi utilitas tertinggi dianggap sebagai pilihan terbaik. Nilai ini menjadi dasar dalam menentukan peringkat alternatif menggunakan persamaan (10).

Table 7. Hasil Perangkingan ARAS

Alt	Kabupaten	Total Alternatif	Rank	History
A1	Klaten	0.770	1	1
A2	Magelang	0.009	5	5
A3	Boyolali	0.022	2	2
A4	Sukoharjo	0.013	4	4
A5	Wonogiri	0.015	3	3
A6	Purworejo	0.003	6	6
A7	Bantul	0.669	1	1
A8	Sleman	0.197	2	2
A9	Yogyakarta	0.162	3	5
A10	Kulonprogo	0.111	5	3
A11	Gn.Kidul	0.156	4	4
Validasi Spearman Rank			=	0,9636

Table 7 merupakan hasil perangkingan dari ARAS dan History (RENAKSI). Hasil dari aras juga memiliki sedikit perbedaan. Korelasi rank spearman yang dihasilkan dengan metode ARAS adalah 0,9636.

D. SMART

Metode SMART terdiri dari empat langkah utama, dengan tiga langkah tambahan, yaitu menghitung nilai utilitas, nilai total, dan menentukan peringkat. Dalam penelitian ini, kriteria yang digunakan termasuk dalam kategori benefit. Oleh karena itu, perhitungan nilai utilitas dilakukan menggunakan persamaan (11). Nilai utilitas yang telah dihitung setelah itu dikalikan dengan bobot-bobot yang telah ternormalisasi menggunakan rumus pada (13). Hasil perkalian antara utilitas dan bobot tersebut kemudian diagregasikan untuk memperoleh nilai akhir atau total dari setiap alternatif. Sebagai dasar dalam proses perangkingan, nilai akhir ini digunakan untuk perangkingan tersebut. Berikut adalah hasil penerapan metode SMART.

Table 8. Hasil Perangkingan SMART

Alt	Kabupaten	Total Alternatif	Rank	History
A1	Klaten	0.799	1	1
A2	Magelang	0.008	5	5
A3	Boyolali	0.024	2	2
A4	Sukoharjo	0.013	3	4
A5	Wonogiri	0.012	4	3
A6	Purworejo	0.001	6	6
A7	Bantul	0.742	1	1

A8	Sleman	0.239	2	2
A9	Yogyakarta	0.188	4	5
A10	Kulonprogo	0.124	5	3
A11	Gn.Kidul	0.189	3	4
Validasi Spearman Rank			=	0,9636

Table 8 menunjukkan hasil pemeringkatan dengan menggunakan metode SMART dan historis (RENAKSI). Hasil pemeringkatan SMART sedikit berbeda. Korelasi rank spearman yang dihasilkan dengan metode ARAS adalah 0,9636.

E. CoCoSo

Metode CoCoSo mengintegrasikan nilai optimal dari masing-masing kriteria secara langsung ke dalam perhitungan melalui proses normalisasi dan pembobotan. Nilai optimal pada setiap kriteria diperhitungkan dengan pendekatan normalisasi berbasis manfaat (benefit) atau biaya (cost), tergantung pada sifat kriteria tersebut.

Table 9. Matriks Normalisasi Terbobot CoCoSo

Alt	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	1,000	1,000	0,974	0,702	0,913	1,000
A2	0,502	0,354	0,000	0,000	0,000	0,511
A3	0,614	0,378	0,000	0,000	0,000	0,557
A4	0,507	0,374	0,000	0,000	0,000	0,000
A5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,742
A6	0,318	0,302	0,000	0,000	0,000	0,000
A7	0,898	0,905	0,975	0,929	1,000	0,664
A8	0,797	0,752	0,702	0,800	0,770	0,540
A9	0,528	0,557	0,690	0,795	0,748	0,907
A10	0,000	0,623	0,770	0,604	0,721	0,533
A11	0,671	0,742	0,000	0,785	0,718	0,716

Table 9 merupakan hasil normalisasi menggunakan persamaan (14) untuk metode CoCoSo, Proses perkalian bobot di lakukan setelah *geometric mean* untuk tiap sub kriteria menjadikannya enam kriteria. Dalam metode CoCoSo, tidak terdapat A_0 seperti pada metode ARAS.

Metode CoCoSo terdiri dari beberapa tahapan utama yang mencakup perhitungan nilai agregasi S_i dan P_i penentuan rasio tambahan K_{ia} , K_{ib} , dan K_{ic} hingga penghitungan total nilai akhir K_i yang digunakan dalam proses perangkingan. Dalam penelitian ini pasca bencana alam, kriteria yang digunakan hanya benefit. Proses perhitungan dimulai dengan menentukan nilai agregasi menggunakan pendekatan penjumlahan S_i (16) dan perkalian P_i (17). Setelah nilai agregasi diperoleh, langkah berikutnya adalah menghitung rasio K_{ia} menggunakan persamaan (18), K_{ib} menggunakan persamaan (19), dan K_{ic} menggunakan persamaan (20). Total nilai akhir K_i (21) kemudian dihitung dengan menggabungkan ketiga rasio tersebut menggunakan rata-rata geometris. Nilai akhir ini menjadi acuan dalam menentukan peringkat alternatif. Berikut adalah hasil implementasi metode CoCoSo.

Table 10. Hasil Perangkingan Metode CoCoSo

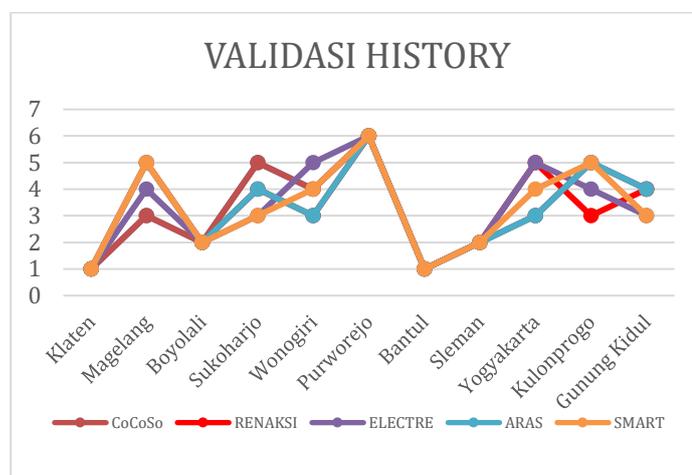
Alt	Kabupaten	Total Alternatif	Rank	History
-----	-----------	------------------	------	---------

A1	Klaten	174,755	1	1
A2	Magelang	3,340	3	5
A3	Boyolali	6,580	2	2
A4	Sukoharjo	2,989	5	4
A5	Wonogiri	3,237	4	3
A6	Purworejo	0,859	6	6
A7	Bantul	145,551	1	1
A8	Sleman	49,347	2	2
A9	Yogyakarta	37,773	3	5
A10	Kulonprogo	19,562	5	3
A11	Gn.Kidul	33,895	4	4
Validasi Spearman Rank			=	0,9364

Table 10 menunjukkan hasil perankingan menggunakan metode CoCoSo dan peringkat dari data sejarah (RENAKSI). Hasil perankingan dengan metode CoCoSo menunjukkan sedikit perbedaan dibandingkan dengan metode lainnya. Untuk mengukur tingkat kesesuaian antara peringkat yang dihasilkan oleh metode CoCoSo dan peringkat dari data sejarah, digunakan korelasi rank Spearman. Nilai korelasi rank Spearman untuk metode CoCoSo adalah 0,9364.

F. Validasi

Validasi dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil perankingan dari metode ELECTRE, ARAS, SMART, dan CoCoSo terhadap data historis yang diperoleh dari dokumen RENAKSI yang diterbitkan oleh BNPB. Metode validasi yang digunakan adalah korelasi rank Spearman dan korelasi standar. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai korelasi rank Spearman untuk metode ELECTRE, ARAS, dan SMART adalah sama, yaitu sebesar 0,9636. Sementara itu, nilai korelasi rank Spearman untuk metode CoCoSo sedikit lebih rendah, yaitu 0,9364. Perbedaan hasil perankingan ini disebabkan oleh perbedaan signifikan dalam proses algoritma masing-masing metode, yang menghasilkan urutan alternatif yang bervariasi.



Gambar 1. Hasil Validasi

Gambar 1 di atas menampilkan visualisasi berupa grafik yang menunjukkan hasil peringkat dari setiap metode berdasarkan

data historis. Pada penelitian ini, metode CoCoSo memiliki nilai korelasi rank Spearman sebesar 0,9364. Angka tersebut sedikit lebih rendah dibandingkan metode ELECTRE, ARAS, dan SMART, yang masing-masing menunjukkan nilai korelasi rank Spearman sebesar 0,9636.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengindikasikan bahwa metode ELECTRE, ARAS, SMART, dan CoCoSo merupakan pendekatan yang efektif untuk menentukan prioritas wilayah dalam upaya mitigasi bencana berdasarkan data kejadian bencana. Hal ini dibuktikan dengan nilai korelasi rank spearman sebesar 0,9636 pada metode ELECTRE, ARAS dan SMART serta sebesar 0,9364 pada metode CoCoSo. Berdasarkan hasil korelasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode SPK yang menerapkan fungsi nilai optimum atau baseline cenderung menghasilkan nilai korelasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode SPK yang tidak menggunakan fungsi tersebut.

V. SARAN

Adapun saran untuk penelitian ini adalah agar penelitian selanjutnya mempertimbangkan penggunaan dataset yang lebih bervariasi, termasuk data real-time dari berbagai sumber, untuk memperoleh analisis yang lebih menyeluruh. Selain itu, dapat dipertimbangkan untuk mengembangkan pendekatan hybrid yang mengkombinasikan kelebihan dari metode ELECTRE, ARAS, SMART, dan CoCoSo demi menghasilkan peringkat yang lebih akurat. Pengembangan sistem berbasis web atau aplikasi mobile juga disarankan untuk mempermudah pengambilan keputusan dalam penanggulangan bencana, dengan memberikan rekomendasi yang lebih cepat dan tepat.

REFERENSI

- [1] A. P. Ristadi Pinem, T. Handayani, and L. Margareta Huizen, "Komparasi Metode ELECTRE, SMART dan ARAS Dalam Penentuan Prioritas RENAKSI Pasca Bencana Alam," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informatika)*, vol. 4, no. 1, pp. 109–116, 2020.
- [2] V. Keršulienė and Z. Turskis, "An Integrated Multi-criteria Group Decision Making Process: Selection of the Chief Accountant," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 110, pp. 897–904, 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.12.935.
- [3] G. R. Putra, "Penerapan Metode ELECTRE Dalam Penentuan Pemilihan Kartu Smartphone," *J. Ilm. Inform. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 14–24, 2022, doi: 10.58602/jima-ilkom.v1i1.4.
- [4] Ignatius Joko Dewanto, Nur Aziz, and Wahyu Darmawan, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Perpanjangan Kontrak Kerja Karyawan dengan Metode SMART," *MAMEN J. Manaj.*, vol. 2, no. 1, pp. 9–21, 2023, doi: 10.55123/mamen.v2i1.903.
- [5] H. S. Hajar, "Penerapan Metode Additive Ratio Assessment (ARAS) Dalam Pemilihan Guru Terbaik," *Chain J. Comput. Technol. Comput. Eng. Informatics*, vol. 1, no. 4, pp. 170–178, 2023.
- [6] BAPPENAS, *Penilaian Kerusakan dan Kerugian (Damages and Losses Assessment)*. Jakarta, 2008.
- [7] P. P. Kebutuhan and P. Bencana, *Perka BNPB Pedoman Pengkajian Kebutuhan Pasca Bencana*. Jakarta, 2011. [Online]. Available: <https://bpbdd.jogjakota.go.id/assets/instansi/bpbdd/files/perka-no-15-tahun-2011-tentang-pedoman-pengkajian-kebutuhan-pasca-2101.pdf>
- [8] A. Hatami-Marbini, M. Tavana, M. Moradi, and F. Kangi, "A fuzzy group Electre method for safety and health assessment in hazardous waste recycling facilities," *Saf. Sci.*, vol. 51, no. 1, pp. 414–426, 2013, doi: 10.1016/j.ssci.2012.08.015.
- [9] A. P. R. Pinem, "Implementasi Fuzzy ELECTRE Untuk Penilaian Kerusakan Akibat Bencana Alam," *J. Sist. Inf. Bisnis*, vol. 7, no. 2, p. 81, 2017, doi: 10.21456/vol7iss2pp81-87.
- [10] L. M. Huizen and A. P. R. Pinem, "PEMODELAN PENENTUAN

- PRIORITAS RENAksi (RENCANA AKSI REHABILITASI & REKONSTRUKSI) MENGGUNAKAN METODE ARAS,” *J. Pengemb. Rekayasa dan Teknol.*, 2020, doi: 10.26623/jprt.v16i1.3119.
- [11] S. R. Cholil, A. P. R. Pinem, and V. Vydia, “Implementasi metode simple multi attribute rating technique untuk penentuan prioritas rehabilitasi dan rekonstruksi pascabencana alam,” *Regist. J. Ilm. Teknol. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2018, doi: 10.26594/register.v4i1.1133.
- [12] M. Yazdani, P. Zarate, E. K. Zavadskas, and Z. Turskis, “A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems,” *Manag. Decis.*, 2019, doi: 10.1108/MD-05-2017-0458.
- [13] A. F. Sallaby, I. Kanedi, V. N. Sari, R. T. Alinse, and R. Supardi, “Penentuan Penerima Bantuan dengan Program Miskin Berprestasi Menggunakan Metode Combined Compromise Solution (CoCoSo),” *J. Comput. Syst. Informatics*, vol. 5, no. 3, pp. 615–625, 2024, doi: 10.47065/josyc.v5i3.5192.
- [14] V. H. Saputra and T. Ardiansah, “Penerapan Combined Compromise Solution (CoCoSo) Method Dalam Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Modem,” *J. Ilm. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 7–16, 2022, doi: 10.58602/jics.v1i1.2.
- [15] T. Nosilia, D. M. Midyanti, and R. Hidayati, “PENERAPAN METODE COMBINED COMPROMISE SOLUTION (CoCoSo) DALAM PENENTUAN PENERIMA PINJAMAN KREDIT DI KOPERASI CU KELING KUMANG SINTANG BERBASIS WEB,” *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 9, no. 02, p. 282, 2021, doi: 10.26418/coding.v9i02.49657.
- [16] A. Syaripudin, Y. Efendi, and Harriansyah, “Penerapan Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Menggunakan Metode WASPAS Pada Penilaian Kinerja Karyawan Terbaik,” *KLIK Kaji. Ilm. Inform. dan Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 128–136, 2022, [Online]. Available: <http://djournals.com/klik/article/view/557>
- [17] L. Septyoadhi, M. Mardiyanto, and I. L. I. Astutik, “Sistem Pendukung Keputusan Penerimaan Siswa Baru Menggunakan Metode SMART,” *CAHAYAtech*, vol. 7, no. 1, p. 78, 2019, doi: 10.47047/ct.v7i1.6.