

Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Smartphone Gaming Menggunakan Metode Electre

Marthin Siregar¹, Fakri Azhar², Ahmad Fauzan Simamora³, Muhammad Sutan Nasution^{4*}

^{1,2,3,4}Fakultas Teknik Dan Komputer, Teknik Informatika, Universitas Harapan Medan, Medan, Indonesia

Email: ¹marthinsiregar2003@gmail.com, ²azharfahri58@gmail.com, ³ahmadfauzanaf893@gmail.com,

^{4*}muhammadsutannst@gmail.com

(*Email Corresponding Author: muhammadsutannst@gmail.com)

Received: 24 Januari 2026 | Revision: 5 Februari 2026 | Accepted: 7 Februari 2026

Abstrak

Perkembangan pesat teknologi smartphone mendorong meningkatnya minat terhadap smartphone gaming yang menawarkan spesifikasi tinggi seperti RAM besar, prosesor cepat, layar berkualitas, baterai tahan lama, serta harga yang kompetitif. Banyaknya pilihan smartphone gaming dengan spesifikasi dan harga yang beragam menimbulkan permasalahan bagi pengguna dalam menentukan smartphone yang paling sesuai, karena pemilihan tidak dapat didasarkan pada satu kriteria saja. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membangun Sistem Pendukung Keputusan (SPK) yang dapat membantu pengguna dalam memilih smartphone gaming terbaik secara objektif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELECTRE) sebagai salah satu metode Multi Criteria Decision Making (MCDM) dengan mempertimbangkan kriteria RAM, penyimpanan internal, prosesor, layar, baterai, dan harga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode ELECTRE mampu menghasilkan peringkat alternatif smartphone gaming secara sistematis dan objektif, sehingga dapat memberikan rekomendasi smartphone gaming terbaik sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Kata Kunci: Sistem Pendukung Keputusan, ELECTRE, Smartphone Gaming

Abstract

The rapid development of smartphone technology has led to increasing interest in gaming smartphones that offer high specifications such as large RAM capacity, fast processors, high-quality displays, long-lasting batteries, and competitive prices. The wide variety of gaming smartphones with different specifications and prices creates difficulties for users in determining the most suitable option, as the selection process cannot be based on a single criterion. Therefore, this study aims to develop a Decision Support System (DSS) to assist users in selecting the best gaming smartphone objectively. The method used in this study is ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELECTRE) as a Multi-Criteria Decision Making (MCDM) approach by considering criteria including RAM, internal storage, processor, display, battery, and price. The results show that the application of the ELECTRE method is able to generate a systematic and objective ranking of gaming smartphone alternatives, thereby providing recommendations for the best gaming smartphone according to user needs.

Keywords: Decision Support System, ELECTRE, Gaming Smartphone

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi smartphone yang pesat mendorong meningkatnya minat pengguna, khususnya gamers, terhadap smartphone gaming dengan performa tinggi. Smartphone gaming dirancang untuk memenuhi kebutuhan bermain gim dengan spesifikasi unggulan seperti kapasitas RAM besar, prosesor berperforma tinggi, kualitas layar yang baik, serta daya tahan baterai yang memadai. Selain itu, faktor harga juga menjadi pertimbangan penting bagi pengguna gamers dalam menentukan pilihan perangkat yang sesuai dengan kemampuan dan kebutuhan mereka [1]. Seiring dengan meningkatnya jumlah gim mobile yang menuntut performa tinggi, pengguna gamers dituntut untuk memilih smartphone yang mampu memberikan pengalaman bermain gim yang optimal dan stabil. Namun, banyaknya pilihan smartphone gaming dengan spesifikasi dan harga yang beragam sering kali menyulitkan pengguna dalam menentukan perangkat terbaik. Pemilihan yang tidak tepat dapat berdampak pada menurunnya kenyamanan bermain gim serta ketidakpuasan terhadap perangkat yang digunakan [2].

Pemilihan smartphone gaming tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan satu kriteria, melainkan harus mempertimbangkan berbagai faktor seperti RAM, penyimpanan internal, prosesor, layar, kapasitas baterai, dan harga. Setiap kriteria memiliki tingkat kepentingan yang berbeda sesuai dengan preferensi dan kebutuhan pengguna gamers. Kondisi ini menyebabkan proses pengambilan keputusan menjadi lebih kompleks dan berpotensi subjektif apabila tidak didukung oleh metode yang tepat [3]. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) merupakan solusi yang dapat digunakan untuk membantu pengguna gamers dalam mengambil keputusan secara objektif dan sistematis. SPK mampu mengolah data berdasarkan beberapa kriteria sehingga menghasilkan rekomendasi alternatif terbaik. Dalam penelitian ini digunakan metode ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELECTRE) sebagai salah satu metode Multi Criteria Decision Making (MCDM) karena metode ini mampu membandingkan alternatif berdasarkan hubungan dominasi antar kriteria melalui konsep *concordance* dan *discordance* [4].

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode ELECTRE dalam Sistem Pendukung Keputusan guna membantu pengguna gamers dalam memilih smartphone gaming yang sesuai dengan kebutuhan mereka. Hasil penelitian

diharapkan dapat memberikan rekomendasi smartphone gaming terbaik secara objektif serta menjadi referensi bagi pengguna gamers dalam mempertimbangkan pemilihan perangkat yang optimal.

Tabel 1. Peneliti Terdahulu

Nama Penulis	Penelitian
B. Roy 1991	The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods [9]
E. Triantaphyllou 2000	Multi-Criteria Decision-Making Methods [2]
A. Ishizaka and P. Nemery 2013	Multiple Criteria Decision Analysis [8]
R. H. Sprague and E. D. Carlson 1982	Building Effective Decision Support Systems [5]
M. Velasquez and P. T. Hester 2013	An analysis of multi-criteria decision-making methods [1]
E. Turban, J. E. Aronson, and T. P. Liang 2005	Building Effective Decision Support Systems [6]

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Sistem Pendukung Keputusan

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) merupakan suatu sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membantu pengambilan keputusan dalam permasalahan semi-terstruktur maupun tidak terstruktur. SPK bertujuan untuk memberikan alternatif solusi terbaik dengan mempertimbangkan berbagai kriteria yang relevan, sehingga pengambilan keputusan dapat dilakukan secara objektif dan sistematis. SPK tidak menggantikan peran pengambil keputusan, melainkan berfungsi sebagai alat bantu dalam proses analisis dan evaluasi alternatif keputusan[5]. Dalam konteks pemilihan smartphone gaming, SPK digunakan untuk mengolah data spesifikasi smartphone berdasarkan kriteria tertentu seperti RAM, kapasitas penyimpanan, prosesor, layar, baterai, dan harga. Dengan menggunakan SPK, proses pemilihan smartphone gaming terbaik dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan mengurangi subjektivitas pengguna[6].

2.2 Pengambilan Keputusan Multikriteria

Pengambilan keputusan multikriteria (Multi Criteria Decision Making/MCDM) merupakan metode pengambilan keputusan yang melibatkan lebih dari satu kriteria dalam proses evaluasi alternatif. Setiap kriteria memiliki tingkat kepentingan yang berbeda, sehingga diperlukan pembobotan untuk menentukan pengaruh masing-masing kriteria terhadap keputusan akhir[7]. Permasalahan pemilihan smartphone gaming termasuk ke dalam pengambilan keputusan multikriteria karena melibatkan berbagai aspek teknis dan ekonomi. Oleh sebab itu, metode MCDM sangat sesuai digunakan untuk membantu menentukan alternatif terbaik berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan[8].

2.3 Metode ELECTRE

ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELECTRE) merupakan salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang menggunakan konsep perbandingan berpasangan antar alternatif. Metode ELECTRE bekerja dengan cara menentukan hubungan dominasi antara alternatif berdasarkan nilai concordance dan discordance[9]. Concordance menunjukkan tingkat kesesuaian suatu alternatif terhadap kriteria tertentu dibandingkan alternatif lain, sedangkan discordance menunjukkan tingkat ketidaksesuaian antar alternatif. Berdasarkan hubungan tersebut, metode ELECTRE dapat menentukan alternatif yang lebih dominan dan menghasilkan peringkat keputusan. Metode ELECTRE banyak digunakan dalam berbagai permasalahan pengambilan keputusan karena mampu menangani kriteria dengan bobot yang berbeda serta menghasilkan keputusan yang lebih objektif[10]. Prosedur penggunaan metode ELECTRE dalam menyelesaikan permasalahan pemilihan smartphone gaming adalah sebagai berikut:

- Menentukan alternatif dan kriteria pengambilan keputusan.
- Menentukan bobot pada setiap kriteria.
- Menyusun matriks keputusan berdasarkan nilai setiap alternatif pada masing-masing kriteria.
- Melakukan normalisasi matriks keputusan.
- Menyusun matriks keputusan terbobot.
- Menentukan matriks concordance dan discordance.
- Menentukan matriks dominasi dan peringkat alternatif.

r_{ij} = nilai kinerja ternormalisasi

x_{ij} = nilai alternatif ke- i pada kriteria ke- j

m = jumlah alternatif

2.4 Matriks Keputusan Terbobot

Matriks keputusan terbobot diperoleh dengan mengalikan nilai normalisasi dengan bobot masing-masing kriteria:

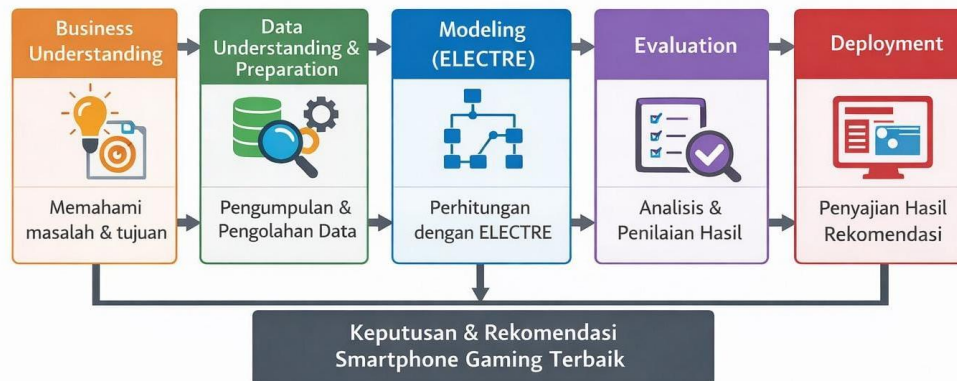
$$v_{ij}=r_{ij} \times w_j$$

Keterangan:

v_{ij} = nilai matriks keputusan terbobot

w_j = bobot kriteria ke- j

2.5 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Tahapan Penelitian Pemilihan Smartphone Gaming Menggunakan Metode ELECTRE

Tahapan penelitian yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.1, yang mengadaptasi kerangka kerja Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM). Tahapan ini dipilih karena bersifat sistematis dan fleksibel dalam mendukung pengembangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK)[11].

1. Business Understanding

Tahap ini bertujuan untuk memahami permasalahan penelitian dan menetapkan tujuan utama, yaitu membangun Sistem Pendukung Keputusan yang dapat membantu pengguna dalam memilih smartphone gaming terbaik. Kriteria yang digunakan meliputi RAM, penyimpanan internal, prosesor, layar, baterai, dan harga.

2. Data Understanding

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data spesifikasi smartphone gaming dari berbagai sumber yang relevan. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis untuk memahami karakteristik, kelengkapan, serta kesesuaian data dengan kebutuhan penelitian.

3. Modeling

Pada tahap ini diterapkan metode ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELECTRE). Proses modeling meliputi perhitungan matriks keputusan terbobot, matriks concordance dan discordance, serta penentuan matriks dominasi untuk menghasilkan peringkat alternatif smartphone gaming.

4. Evaluation

Hasil pemodelan yang diperoleh kemudian dievaluasi untuk memastikan bahwa peringkat smartphone gaming yang dihasilkan sesuai dengan tujuan penelitian dan kriteria yang telah ditetapkan.

5. Deployment

Tahap akhir dilakukan dengan menyajikan hasil penelitian dalam bentuk laporan dan publikasi ilmiah. Hasil ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pendukung dalam pengambilan keputusan pemilihan smartphone gaming.

Tahapan penelitian ini dirancang untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam pemilihan smartphone gaming secara sistematis dan terstruktur. Model penelitian yang digunakan mengadaptasi kerangka kerja *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) karena mampu mengakomodasi pengolahan data dan pengembangan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) secara umum, tanpa bergantung pada jenis teknologi tertentu[12]. Tahap *business understanding* dilakukan untuk menetapkan tujuan penelitian, yaitu membangun Sistem Pendukung Keputusan yang dapat membantu pengguna gamers dalam memilih smartphone gaming berdasarkan kriteria RAM, penyimpanan internal, prosesor, layar, baterai, dan harga. Selanjutnya, tahap *data understanding* dan *data preparation* mencakup pengumpulan, analisis, serta pengolahan data spesifikasi smartphone gaming hingga tersusun dalam bentuk matriks keputusan yang siap digunakan dalam proses perhitungan[13].

Tahap *modeling* dilakukan dengan menerapkan metode *ELimination Et Choix Traduisant la REalité* (ELECTRE) untuk menghasilkan peringkat alternatif smartphone gaming. Hasil pemodelan kemudian dianalisis pada tahap *evaluation* untuk menilai relevansi rekomendasi yang dihasilkan[14]. Tahap akhir *deployment* dilakukan dengan menyajikan hasil penelitian dalam bentuk laporan dan publikasi ilmiah sebagai bahan pendukung pengambilan Keputusan[15].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, metode ELECTRE diterapkan untuk memilih smartphone gaming terbaik dengan memberikan bobot pada setiap kriteria berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap kebutuhan pengguna gamers. Kriteria yang digunakan meliputi RAM, penyimpanan internal, prosesor, layar, baterai, dan harga, yang disesuaikan dengan karakteristik smartphone gaming serta mengacu pada penelitian sebelumnya. Alternatif penelitian terdiri dari beberapa smartphone gaming yang datanya diperoleh dari sumber daring seperti situs e-commerce dan spesifikasi resmi produk. Selanjutnya, setiap alternatif dievaluasi berdasarkan kriteria dan bobot yang telah ditentukan, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nama Kriteria

Kriteria	Keterangan	Bobot
C1	Ram	5
C2	Penyimpanan	4
C3	Prosesor	5
C4	Layar	3
C5	Baterai	4
C6	Harga	4

Hasil dari proses normalisasi ini ditunjukkan pada Tabel Matriks Normalisasi (R), yang selanjutnya digunakan dalam proses pembobotan.

Tabel 3. Matriks Normalisasi (R)

Alt	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	0,296	0,312	0,345	0,380	0,282	0,372
A2	0,296	0,312	0,207	0,152	0,282	0,372
A3	0,237	0,312	0,276	0,228	0,094	0,372
A4	0,296	0,312	0,276	0,380	0,188	0,297
A5	0,296	0,312	0,207	0,076	0,282	0,372
A6	0,237	0,156	0,069	0,076	0,094	0,297
A7	0,296	0,312	0,138	0,380	0,188	0,223
A8	0,237	0,156	0,207	0,380	0,282	0,149
A9	0,296	0,234	0,345	0,076	0,282	0,223
A10	0,296	0,312	0,345	0,380	0,376	0,297
A11	0,296	0,234	0,276	0,304	0,188	0,149
A12	0,296	0,312	0,345	0,380	0,470	0,372

Hasil pembobotan ditunjukkan pada Matriks V, di mana nilai yang lebih besar menunjukkan bahwa alternatif tersebut memiliki performa yang lebih baik berdasarkan kriteria dan bobot yang digunakan.

Bobot : C1=0,20 | C2=0,16 | C3=0,20 | C4=0,12 | C5=0,16 | C6=0,16

Tabel 4. Matriks Normalisasi Terbobot (V)

Alt	C1	C2	C3	C4	C5	C6	TOTAL
A1	0,059	0,050	0,069	0,046	0,045	0,060	0,329
A2	0,059	0,050	0,041	0,018	0,045	0,060	0,273
A3	0,047	0,050	0,055	0,027	0,015	0,060	0,254
A4	0,059	0,050	0,055	0,046	0,030	0,047	0,287

Alt	C1	C2	C3	C4	C5	C6	TOTAL
A5	0,059	0,050	0,041	0,009	0,045	0,060	0,264
A6	0,047	0,025	0,014	0,009	0,015	0,047	0,157
A7	0,059	0,050	0,028	0,046	0,030	0,036	0,249
A8	0,047	0,025	0,041	0,046	0,045	0,024	0,228
A9	0,059	0,037	0,069	0,009	0,045	0,036	0,255
A10	0,059	0,050	0,069	0,046	0,060	0,047	0,331
A11	0,059	0,037	0,055	0,037	0,030	0,024	0,242
A12	0,059	0,050	0,069	0,046	0,075	0,060	0,359

Penentuan Himpunan Concordance dan Discordance. Pada tahap ini dilakukan perbandingan berpasangan antar alternatif. Untuk setiap pasangan alternatif, ditentukan kriteria yang termasuk ke dalam himpunan concordance dan discordance. Himpunan concordance merupakan kumpulan kriteria di mana suatu alternatif memiliki nilai yang lebih besar atau sama dibandingkan alternatif lainnya, sedangkan himpunan discordance merupakan kumpulan kriteria di mana nilai alternatif lebih kecil dibandingkan alternatif pembanding.

2.4.1 CONCORDANCE & DISCORDANCE

Definisi

Concordance → kriteria di mana $v_k \geq v_l \vee v_k \geq v_l \vee v_k \geq v_l$

Discordance → kriteria di mana $v_k < v_l \vee v_k < v_l \vee v_k < v_l$

Perhitungan Matriks Concordance dan Discordance

Nilai matriks concordance diperoleh dengan menjumlahkan bobot kriteria yang termasuk dalam himpunan concordance untuk setiap pasangan alternatif. Nilai matriks discordance diperoleh dari perbandingan selisih maksimum pada kriteria discordance terhadap selisih maksimum seluruh kriteria. Perhitungan ini dilakukan untuk seluruh pasangan alternatif sehingga menghasilkan matriks concordance dan matriks discordance yang merepresentasikan hubungan dominasi antar alternatif.

Contoh

A10 vs A1

Concordance: C1, C2, C3, C4, C5

Discordance: C6

$$C10,1=0,20+0,16+0,20+0,12+0,16=0,84 \quad C_{\{10,1\}}=0,20+0,16+0,20+0,12+0,16=0,84$$

A12 vs SEMUA

$A12 \geq$ semua alternatif pada hampir seluruh kriteria, sehingga mendominasi mayoritas alternatif.

Proses ini dilakukan otomatis untuk seluruh pasangan A1–A12 (132 relasi).

Penentuan Nilai Threshold

Nilai threshold digunakan sebagai batas untuk menentukan apakah suatu alternatif mendominasi alternatif lainnya. Threshold concordance dan discordance diperoleh dari nilai rata-rata seluruh elemen matriks concordance dan discordance.

Nilai threshold ini digunakan sebagai acuan dalam pembentukan matriks dominasi.

2.4.2 THRESHOLD

$$C^- = 0,60 \quad D^- = 0,55$$

Pembentukan Matriks Dominasi

Matriks dominasi diperoleh dari hasil perbandingan matriks concordance dan discordance dengan nilai threshold yang telah ditentukan. Alternatif dikatakan mendominasi alternatif lain apabila memenuhi syarat dominasi berdasarkan nilai threshold tersebut. Matriks dominasi ini menunjukkan hubungan keunggulan antar alternatif smartphone gaming.

2.4.3 MATRIKS DOMINASI

$$F_{kl} = \begin{cases} 1 & C_{kl} \geq \bar{C} \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

$$G_{kl} = \begin{cases} 1 & C_{kl} \leq \bar{C} \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

Penentuan Jumlah Dominasi dan Perankingan

Tahap terakhir adalah menghitung jumlah dominasi yang dimiliki oleh setiap alternatif berdasarkan matriks dominasi. Alternatif dengan jumlah dominasi tertinggi menempati peringkat teratas dan dianggap sebagai smartphone gaming yang paling sesuai berdasarkan kriteria yang digunakan.

Hasil perankingan ini digunakan sebagai referensi bagi pengguna atau peminat smartphone gaming dalam mempertimbangkan pilihan perangkat.

Tabel 5. Jumlah Dominasi Setiap Smartphone

Alternatif	Jumlah Dominasi
A12	11
A10	9
A1	8
A9	6
A4	6
A3	5
A2	4
A7	4
A11	3
A8	2
A5	2
A6	0

Tabel 5 menunjukkan jumlah dominasi yang dimiliki oleh setiap alternatif smartphone berdasarkan perhitungan metode ELECTRE. Nilai dominasi diperoleh dari hasil perbandingan berpasangan antar alternatif menggunakan matriks concordance dan discordance. Alternatif smartphone dengan jumlah dominasi tertinggi (top 1 dominasi) menunjukkan bahwa alternatif tersebut lebih unggul dan lebih sering mendominasi alternatif lain berdasarkan kriteria yang digunakan. Oleh karena itu, alternatif dengan nilai dominasi tertinggi tersebut menempati peringkat pertama (Rank 1) dan direkomendasikan sebagai smartphone gaming terbaik.

Tabel 6. Rangking Akhir

Rank	Smartphone
1	Xiaomi 17 Pro Max
2	iQOO 15
3	ROG Phone 9 Pro
4	Poco F8 Ultra
5	Xiaomi 15 Ultra
6	Samsung S25 Ultra
7	ROG Phone 8 Pro
8	iQOO Neo 9

Rank	Smartphone
9	Poco F7 Ultra
10	realme GT 6
11	RedMagic 9 Pro+
12	Black Shark 5

Tabel 6 menunjukkan hasil perankingan akhir alternatif smartphone gaming berdasarkan metode ELECTRE. Peringkat ditentukan berdasarkan jumlah dominasi yang diperoleh setiap alternatif dari hasil perbandingan berpasangan pada matriks concordance dan discordance. Smartphone dengan jumlah dominasi tertinggi menempati peringkat pertama (Rank 1), sedangkan alternatif dengan nilai dominasi yang lebih rendah menempati peringkat berikutnya. Hasil perankingan ini menunjukkan urutan prioritas smartphone gaming dari yang paling direkomendasikan hingga yang kurang direkomendasikan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan bagi pengguna.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis menggunakan metode *ELimination Et Choix Traduisant la REalité* (ELECTRE), diperoleh bahwa Xiaomi 17 Pro Max menempati peringkat pertama (Top 1) dan menjadi smartphone gaming paling unggul dibandingkan alternatif lainnya. Keunggulan Xiaomi 17 Pro Max ditunjukkan oleh tingkat dominasi yang tinggi pada kriteria RAM, penyimpanan internal, prosesor, kualitas layar, kapasitas baterai, serta harga yang kompetitif, sehingga mampu memenuhi kebutuhan pengguna peminat game secara optimal. Dengan mempertimbangkan bobot pada setiap kriteria, alternatif ini memiliki keseimbangan terbaik antara performa dan biaya, yang menjadikannya pilihan paling direkomendasikan dalam penelitian ini. Penerapan metode ELECTRE dalam Sistem Pendukung Keputusan memungkinkan proses evaluasi dilakukan secara objektif dan sistematis karena didasarkan pada perhitungan matematis dan hubungan dominasi antar alternatif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode ELECTRE efektif digunakan untuk membantu pengguna dalam menentukan smartphone gaming dengan performa tinggi tanpa bergantung pada penilaian subjektif semata. Dengan demikian, Xiaomi 17 Pro Max dapat direkomendasikan sebagai pilihan utama bagi pengguna yang membutuhkan smartphone gaming dengan kinerja optimal, daya tahan yang baik, serta nilai ekonomis yang sesuai, dan hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem pendukung keputusan pada bidang pemilihan perangkat teknologi di masa mendatang..

REFERENCES

- [1]. E. Turban, R. Sharda, and D. Delen, *Decision Support and Business Intelligence Systems*, 9th ed. New Jersey, USA: Pearson Education, 2011.
- [2]. B. Roy, "The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods," *Theory and Decision*, vol. 31, no. 1, pp. 49–73, 1991.
- [3]. E. Triantaphyllou, *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Boston, MA, USA: Springer, 2000.
- [4]. J. Figueira, S. Greco, and M. Ehrgott, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York, NY, USA: Springer, 2005.
- [5]. Kusriani, *Konsep dan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan*. Yogyakarta, Indonesia: Andi, 2007.
- [6]. K. Govindan, S. Rajendran, J. Sarkis, and P. Murugesan, "Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: A literature review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 98, pp. 66–83, 2015.
- [7]. T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," *International Journal of Services Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 83–98, 2008.
- [8]. M. Behzadian, S. K. Otaghsara, M. Yazdani, and J. Ignatius, "A state-of-the-art survey of TOPSIS applications," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 17, pp. 13051–13069, 2012.
- [9]. D. J. Power, *Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers*. Westport, CT, USA: Quorum Books, 2002.
- [10]. G. M. Marakas, *Decision Support Systems in the 21st Century*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2003.
- [11]. S. Opricovic and G. H. Tzeng, "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS," *European Journal of Operational Research*, vol. 156, no. 2, pp. 445–455, 2004.
- [12]. J. Malczewski, "GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 20, no. 7, pp. 703–726, 2006.
- [13]. C. Kahraman, *Multi-Criteria Decision Making Methods and Applications*. New York, NY, USA: Springer, 2008.



- [14]. R. A. Krohling and V. C. Campanharo, "Fuzzy TOPSIS for group decision making: A case study for accidents with oil spill in the sea," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 4, pp. 4190–4197, 2011.
- [15]. S. H. Zanakis, A. Solomon, N. Wishart, and S. Dublish, "Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods," *European Journal of Operational Research*, vol. 107, no. 3, pp. 507–529, 1998.