

Sistem Suggestion dengan Metode TOPSIS untuk Meningkatkan Keberhasilan Serious Game Greenlife Town

Edward Manhattan Prasetyo, Gregorius Satia Budhi, Hans Juwiantho

Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra

Jl. Siwalankerto 121-131 Surabaya 60236

Telp. (031)-2983455, Fax. (031)-8417658

E-mail: c14180100@john.petra.ac.id, greg@petra.ac.id, hans.juwiantho@petra.ac.id

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan yang sangat besar. Namun, potensi tersebut belum dimanfaatkan semaksimal mungkin. Salah satu penyebabnya adalah masyarakat Indonesia masih belum memahami sumber energi terbarukan dengan baik. Karena pemahaman yang kurang, maka sedikit orang yang termotivasi untuk memajukan sumber energi terbarukan di Indonesia. Solusi untuk mengatasi hal ini adalah dengan dibuatnya platform untuk edukasi dan motivasi. Penelitian ini membuat platform tersebut dalam bentuk Serious Game. Namun dalam pelaksanaannya, seringkali pemain merasa kesulitan untuk menyelesaikan permainan, sehingga fokus pemain lebih ke penyelesaian masalah daripada menerima informasi. Oleh karena itu, penelitian ini juga membuat sebuah sistem suggestion untuk memberi opsi bantuan kepada pemain menggunakan metode TOPSIS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem suggestion tidak mampu meningkatkan keberhasilan pemain dalam menyelesaikan game. Efek yang dihasilkan malah sebaliknya, dimana pemain semakin memiliki nilai akhir yang lebih buruk bahkan menyentuh angka 88%. Kegagalan ini tidak semata-mata disebabkan oleh metode yang dipakai, tetapi juga cara pengimplementasian metode, kenyamanan pengguna dalam bermain, dan bentuk pengujian yang kurang fleksibel.

Kata Kunci: energi terbarukan, serious game, sistem suggestion, TOPSIS

ABSTRACT

Indonesia has a huge potential for renewable energy sources. However, this potential has not been fully utilized. One of the reasons is that the Indonesian people still do not understand renewable energy sources properly. Due to a lack of understanding and education, very few people are motivated to advance renewable energy sources in Indonesia. The solution to this problem is to create a platform for education to encourage. The platform is in the form of Serious Game. However, in practice, players often find it difficult to complete the game, so that the player's focus is more on solving problems than receiving information. Therefore, this thesis also utilizes the suggestion system to provide assistance options to players using the TOPSIS method. The test results show that the suggestion system is not able to increase the success of players in completing the game. The resulting effect is the opposite, where players increasingly have a worse final score even touching the number 88%. This failure is not solely caused by the method used, but also the way the method is implemented, the user convenience in playing, and the form of testing that is less flexible.

Keywords: *renewable energy, serious game, suggestion system, TOPSIS*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber energi terbarukan yang sangat melimpah [5], namun potensi ini belum dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya karena kurangnya pembahasan melalui sistem edukasi (sumber energi terbarukan Indonesia hanya mencakup 6,2% [1]). Oleh karena itu, metode pembelajaran yang menyenangkan dan dapat menjangkau semua aspek masyarakat dapat sangat membantu proses edukasi. Salah satu metode pembelajaran yang dimaksud adalah Serious Game [4].

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan performa dari Serious Game Greenlife Town sehingga meningkatkan keberhasilannya dalam mendukung target pengguna. Penelitian ini membuat game dengan sistem suggestions yang menggunakan metode Multi Criteria Decision Making (MCDM) TOPSIS.

Usaha untuk memadukan MCDM dengan Serious Game sebenarnya bukanlah hal yang baru. "Rough Set Theory Based Fuzzy TOPSIS on Serious Game Design Evaluation Framework" [10] menggunakan MCDM untuk mengevaluasi Serious Game terbaik. Penelitian berikutnya menggunakan MCDM TOPSIS untuk meningkatkan performa game-nya, yaitu : "An Automatic Scenario Control in Serious Game to Visualize Tourism Destinations Recommendation" [2]. Penelitian ini membuat game turisme yang menggunakan Dynamic Weight TOPSIS untuk menampilkan skenario pemandangan tergantung input dari pemain yang mempengaruhi bobot kriteria secara langsung. Penelitian terakhir yang mengangkat topik serupa adalah "Playing for a Sustainable Future: The Case of We Energy Game as an Educational Practice" [9].

2. LANDASAN TEORI

2.1 Serious Game

Serious Game adalah game digital yang tidak hanya memiliki fungsi hiburan, tetapi memiliki setidaknya satu tujuan lain (contoh edukasi atau kesehatan) [3]. Sumber lain menyatakan bahwa Serious Game adalah game yang fungsi hiburannya hanyalah sebagai sampingan [8]. Penelitian ini membuat salah satu jenis dari serious game yaitu game edukasi.

2.2 Multi Criteria Decision Making (MCDM)

MCDM merupakan salah satu cara pengambilan keputusan dari banyak opsi. Proses MCDM dimulai dari menentukan semua alternatif opsi, menentukan banyak kriteria pembandingan, memberi bobot (weighting) pada tiap kriteria, dan melakukan proses decision making (ranking) menggunakan metode tertentu [7]. Penelitian ini menggunakan TOPSIS sebagai metode weighting dan ranking.

2.3 MCDM Pada Energi Terbarukan

Pada Energi Terbarukan, kriteria yang dibutuhkan membahas tentang keberlangsungan sumber energi tersebut. Keberlangsungan Sumber Energi Terbarukan meliputi 4 aspek yaitu: Teknikal, Ekonomi, Lingkungan, dan Sosial [11]. Keempat aspek tersebut dapat kemudian dikategorikan menjadi beberapa kriteria.

2.4 TOPSIS

Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) merupakan salah satu metode MCDA. TOPSIS memiliki konsep bahwa alternatif terbaik adalah yang memiliki jarak terdekat dengan solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif [12]. Solusi ideal positif (alternatif ideal) adalah alternatif bayangan yang memiliki nilai maksimum dari semua kriteria, sementara solusi ideal negatif adalah sebaliknya.

Jarak positif antara alternatif A_i dan alternatif ideal A^+ dapat dihitung dengan rumus (1) berikut:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_j^+)^2} \quad (1)$$

Sementara jarak negatif antara alternatif A_i dan alternatif ideal negatif A^- dapat dihitung dengan rumus (2) berikut:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_j^-)^2} \quad (2)$$

Kemudian, kedekatan relatif A_i dan A^+ dapat dicari menggunakan rumus (3) berikut :

$$r_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (3)$$

Alternatif terbaik adalah yang memiliki kedekatan relatif terbesar dan jarak terkecil dengan alternatif ideal

2.5 Energi Terbarukan

Energi Terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber natural dari dalam, permukaan, maupun luar bumi. Sumber Energi Terbarukan tidak akan pernah habis karena keberadaannya adalah akibat dari hukum fisika yang berlaku di alam semesta [6]. Walaupun terkesan baru, penggunaan energi terbarukan sebenarnya telah terjadi sejak jaman manusia mengenal pelayaran, memanfaatkan energi kinetik dari angin untuk mendorong layar kapal. Di masa modern ini, manusia memanfaatkan energi terbarukan sebagai pengisi daya listrik. Kaltschmitt et al. sendiri membagi energi terbarukan menjadi 3 sumber dasar yang kemudian bercabang menjadi belasan jenis sumber energi terbarukan.

Pada penelitian ini, terdapat 5 jenis sumber energi terbarukan yaitu: Solar, Angin, Hydro, Geothermal, dan Biomassa.

3. DESAIN SISTEM

3.1 Analisa Permasalahan

Indonesia adalah negara yang kurang memanfaatkan sumber daya energi terbarukannya. Salah satu penyebabnya adalah kurangnya edukasi dan motivasi dalam masyarakat untuk melakukan sesuatu. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah media yang bisa menjadi sarana edukasi dan motivasi. Salah satu media tersebut dapat berbentuk *game*. Namun karena hasil yang diharapkan berdampak langsung pada dunia nyata, dibutuhkan *game* yang dapat mensimulasikan dunia nyata semirip mungkin.

Dalam hakikatnya, sebuah *game* tidak akan dapat meniru dunia nyata hingga 100%. Namun, kemiripan akan dunia nyata sangat dibutuhkan dalam *game* yang mengambil inspirasi dan mengharapkan aksi pada dunia nyata. Oleh karena itu, dalam *game* ini dibutuhkan model atau data mengenai sumber energi terbarukan yang didukung oleh penelitian saintifik, serta pernyataan pakar sebagai penjamin keabsahan.

Selain daripada data yang akurat, fitur yang dapat memudahkan pengalaman bermain juga sangat diperlukan. Dalam pelaksanaannya, ada kekhawatiran bahwa pemain akan lebih menghabiskan waktu untuk menyelesaikan masalah daripada menyerap informasi yang dibutuhkan sesuai tujuan edukasi *game* ini. Oleh karena itu, dibutuhkan fitur yang dapat menjadi opsi pembantu pemain jika merasa terjebak, dan fitur tersebut haruslah mudah digunakan, simpel, dan tidak mengurangi keasyikkan permainan. Hal yang menarik dari adanya fitur ini adalah, beberapa pemain justru merasa lebih sukses menaklukkan *game* tanpa adanya fitur pembantu. Beberapa pemain juga lebih mendapat banyak informasi dari pemecahan masalah, bukan menghindarinya. Atas dasar hal tersebut, *game* ini juga akan memiliki sistem perbandingan antara pemain yang membutuhkan fitur maupun tidak, yang sekaligus akan menjadi penilaian penelitian ini.

3.2 Desain Game

Game Greenlife Town adalah *game city-builder* yang mekanisme utamanya adalah menempatkan objek pada map. Objek yang ditempatkan adalah bangunan pembangkit energi terbarukan. Selain itu, terdapat fitur untuk membuat keputusan yang bisa mempengaruhi statistika permainan. Perubahan statistika permainan dapat memicu terjadinya *event*, yang dapat memicu perubahan statistika permainan juga.

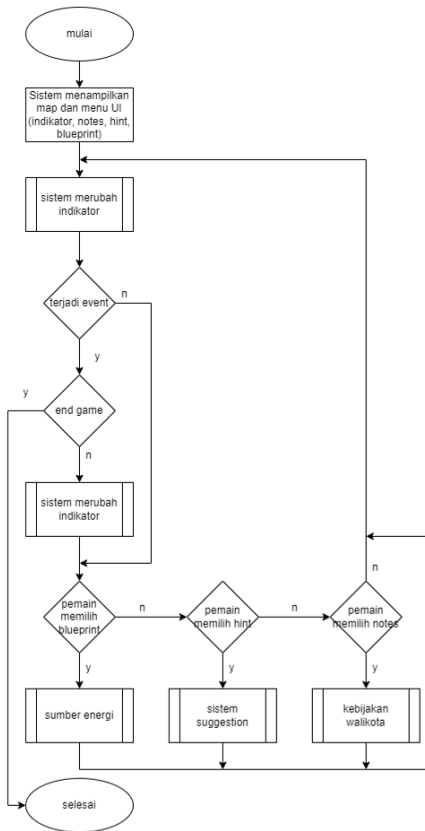
Objektif utama dari *Greenlife Town* adalah menjadikan kota itu se hijau mungkin dalam jangka 365 hari waktu permainan. Objektif itu dapat dicapai dengan cara memaksimalkan 3 indikator kota yaitu ekonomi, lingkungan, dan sosial. Pemain akan menang ketika mendapatkan event "Penghargaan dari Presiden" yang diaktifkan ketika 3 indikator kota penuh sekaligus. Pemain juga akan kalah ketika mendapatkan event "Masyarakat Menggulingkan Walikota" yang diaktifkan jika pemain tidak berhasil memaksimalkan 3 indikator kota dalam waktu satu tahun. Durasi satu kali permainan hingga tamat adalah kurang lebih 15 menit waktu dunia nyata.

3.3 Desain Sistem

Bagian ini akan menjelaskan tentang desain sistem *game Greenlife Town*.

3.3.1 Alur Keseluruhan

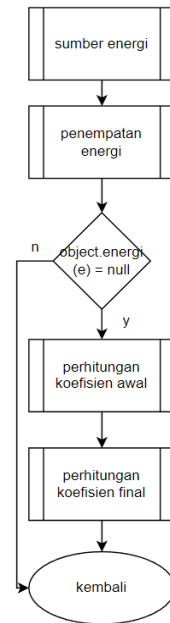
Sesuai Gambar 1, saat pemain memulai permainan, sistem akan menampilkan keseluruhan *user interface* menu dan map. Jika peserta memilih untuk memasang energi, maka peserta dapat memilih salah satu sumber energi di menu *blueprint*, dan kemudian sistem akan menjalankan proses pemasangan sumber energi. Jika pemain merasa kebingungan dan butuh bantuan, pemain dapat menekan tombol *hint* yang kemudian membuat sistem menjalankan sistem *suggestion*. Selain itu peserta juga bisa menekan tombol *notes* dan memilih dari opsi kebijakan walikota yang ada. Setelah itu sistem akan menjalankan sistem kebijakan walikota. Ketiga pilihan tersebut dapat mengubah nilai indikator, yang kemudian dapat menimbulkan terjadinya sebuah *event*. *Event* yang terjadi kemudian dapat merubah indikator juga. Jika *event* merupakan salah satu skenario *end game*, maka permainan tamat. Jika tidak, peserta dapat memilih untuk melakukan ketiga opsi di awal kembali.



Gambar 1. Flowchart Alur Keseluruhan

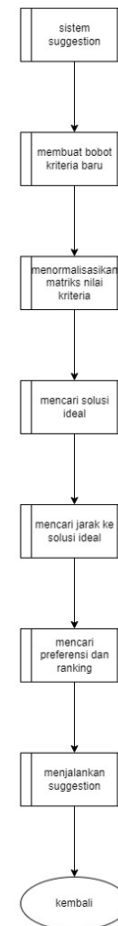
3.3.2 Alur Pemasangan Sumber Energi

Sesuai Gambar 2, saat sistem menjalankan proses pemasangan Sumber Energi, terdapat 3 bagian besar proses yang terjadi. Pertama adalah proses penempatan energi yang melibatkan pemain. Kedua, perhitungan koefisien awal terkait jenis sumber energi yang dipasang. Ketiga, perhitungan koefisien final yang melihat pengaruh dari *terrain value* milik *node* tempat sumber energi tersebut dipasang.



Gambar 2. Flowchart Pemasangan Sumber Energi

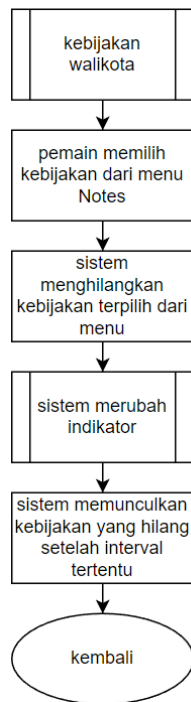
3.3.3 Alur Proses Sistem Suggestion



Gambar 3. Flowchart Proses Pembuatan Bobot Kriteria Baru

Sesuai Gambar 3, proses Sistem Suggestions dapat dibagi menjadi 6 proses yaitu : pembuatan bobot kriteria baru yang bergantung pada kondisi ketiga indikator kota saat tombol *Hint* ditekan, pembuatan dan normalisasi matriks nilai kriteria seluruh sumber energi yang ada, pencarian solusi ideal dari matriks yang telah diberi bobot, pencarian jarak setiap sumber energi ke solusi ideal, pembuatan preferensi dan *ranking* berdasar jarak ke solusi ideal, dan terakhir proses penjalanan *suggestion* yang membutuhkan interaksi dari pengguna.

3.3.4 Alur Proses Pemilihan Kebijakan Walikota



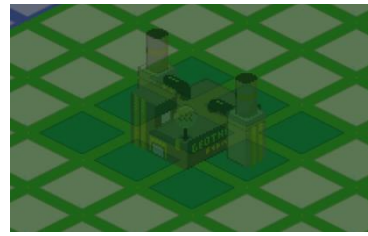
Gambar 4. Flowchart Proses Pemilihan Kebijakan Walikota

Sesuai Gambar 4, proses ini dimulai dari saat pemain menekan salah satu kebijakan walikota yang ada di jendela *Notes*. Sistem kemudian akan menghilangkan pilihan kebijakan tersebut dari jendela. Setelah itu sistem akan melakukan perubahan indikator sesuai dengan kebijakan yang dipilih. Setelah beberapa waktu, kebijakan yang tadi hilang akan kembali dan bisa dipilih lagi.

4. PENGUJIAN

4.1 Pengujian Pemasangan Sumber Energi

Pengujian ini dilakukan untuk mengecek apakah bangunan energi dapat terpasang di area *node* yang kosong dan tidak dapat terpasang pada area *node* yang terisi atau tidak bisa diisi. Pengujian dilakukan dengan cara mencoba memasang salah satu jenis sumber energi di 3 macam area *node*. Pada percobaan pertama, sumber energi Geothermal dicoba dipasang pada area *node* yang kosong. Terlihat di Gambar 5 bahwa pada area kosong, *node* akan berwarna hijau yang menandakan bahwa sumber energi tersebut dapat dipasang di sana .



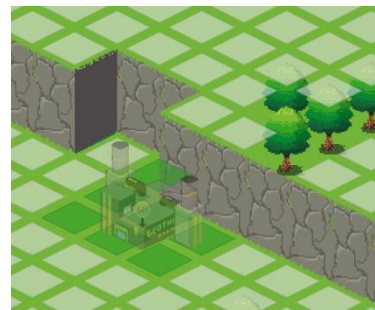
Gambar 5. Tampilan Energi Sebelum Dipasang

Percobaan kedua dilakukan dengan mencoba memasang sumber energi Geothermal di area *node* yang telah terisi. Pada Gambar 6 terlihat bahwa area *node* yang bisa diisi masih berwarna hijau, akan tetapi karena bagian dari sumber energi masuk ke area *node* yang telah terisi, area tersebut akan menunjukkan warna merah yang berarti sumber energi tidak bisa dipasang di sana.



Gambar 6. Tampilan Energi di Node yang Telah Terisi

Percobaan terakhir adalah mencoba untuk memasang sumber energi Geothermal di tebing. Pada Gambar 7 terlihat bahwa area *node* yang bisa diisi masih berwarna hijau. Akan tetapi, karena bagian dari sumber energi bertabrakan dengan tebing, tidak ada *node* yang ditunjukkan di area tersebut yang juga mengindikasikan bahwa sumber energi tidak bisa dipasang di sana.



Gambar 7. Tampilan Energi di Tebing

4.2 Pengujian Fitur *Suggestion*

Pengujian fitur *suggestions* dilakukan untuk mengecek apakah *suggestion* yang dihasilkan sesuai dengan 3 indikator kota saat itu. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil *suggestions* dan nilai jenis kriteria dengan indikator terendah setiap sumber bangunan. Pertama-tama dicari terlebih dahulu kondisi 3 indikator kota saat itu.

Economy	16.50308 / 1000
Environment	13.6043 / 1000
Social	7.776232 / 1000

Gambar 8. Kondisi 3 Indikator Saat Itu

Pada Gambar 8, terlihat bahwa indikator sosial memiliki nilai terendah, sementara pada Gambar 9, berdasarkan TOPSIS sumber energi yang disarankan adalah Hydro (DAM).



Gambar 9. DAM sebagai Saran Fitur Suggestion

Kemudian, dilihat perbandingan antara nilai jenis kriteria sosial setiap sumber energinya. Pada Tabel 1, Terlihat bahwa sumber energi yang memiliki rata-rata tertinggi adalah DAM dan Geothermal. Namun, pengujian lebih lanjut perlu juga dilakukan untuk mengecek apakah jika DAM telah terisi semua, saran yang selanjutnya adalah Geothermal.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Jenis Kriteria Sosial

	Solar	Wind	Hydro	Geothermal	Biomass
social acceptability	10	6	7	5	3
job creation	0	0	5	7	4
social benefits	2	4	9	9	7
rata-rata	4	3,333333 333	7	7	4,666666 67

Ternyata saran setelah seluruh DAM terisi adalah Solar. Hal ini dapat terjadi karena TOPSIS selalu mencari hasil yang paling optimal, sementara Solar memiliki nilai kriteria yang paling seimbang dibandingkan jenis sumber energi lainnya. Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa walaupun nilai kriteria sosial Solar kalah dari Geothermal, akan tetapi jika dilihat dari nilai kriteria ekonomi dan lingkungan, Solar jauh lebih baik (perlu diperhatikan bahwa status “C” atau “Cost” menandakan bahwa semakin kecil nilainya semakin baik).

Tabel 2. Perbandingan Nilai Kriteria Geothermal dan Solar

	Geothermal	Solar	Status
Technical			
efficiency	10	10	B
safety	6	1	B
reliability	6	1	B
Economical			
investment cost	10	2	C
operation and maintenance cost	10	2	C
service life	10	3	B
Environmental			
particles emission	9	8	C
land use	10	2	C
noise	7	0	C
Social			
social acceptability	5	10	B
job creation	7	0	B
social benefits	9	2	B

4.3 Pengujian Hasil Permainan

Pengujian hasil permainan dilakukan untuk menjawab rumusan masalah mengenai apakah TOPSIS dalam bentuk sistem suggestion dapat membantu meningkatkan statistik akhir permainan. Statistik akhir permainan yang dimaksud adalah nilai akhir 3 indikator kota yaitu ekonomi, lingkungan, dan sosial saat permainan tamat.

Pengujian dilakukan terhadap 10 responden. Masing-masing bermain sebanyak 2 kali, dengan permainan pertama tidak boleh memakai fitur *suggestion*, sementara permainan kedua diperbolehkan memakai.

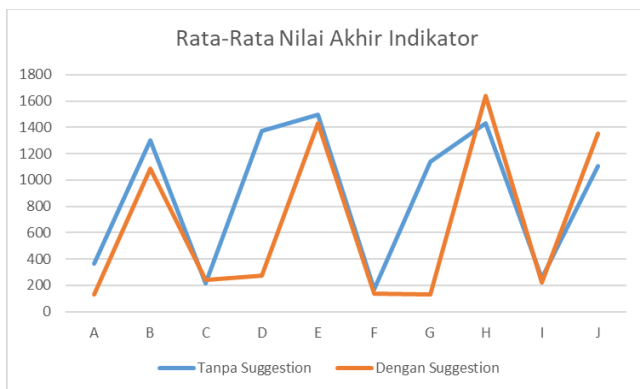
Tabel 3. Nilai Akhir Indikator tanpa Fitur Suggestion

No	Ekonomi	Lingkungan	Sosial	Rata-Rata
A1	517,0702	343,5467	227,2516	362,6228
B1	1406,742	899,9716	1591,923	1299,546
C1	285,9482	203,5552	156,916	215,4731
D1	1704,579	999,8706	1418,677	1374,376
E1	1929,562	999,9882	1553,086	1494,212
F1	153,5108	121,9518	237,205	170,8892
G1	1242,886	899,9547	1272,02	1138,287
H1	1866,087	999,9332	1422,735	1429,585
I1	181,352	426,2388	149,8724	252,4877
J1	1123,931	899,9919	1296,352	1106,758

Tabel 4. Nilai Akhir Indikator dengan Fitur Suggestion

No	Ekonomi	Lingkungan	Sosial	Rata-Rata
A2	67,09003	192,48240	129,55870	129,71038
B2	1116,11900	999,98140	1153,50100	1089,86713
C2	203,68250	193,81310	334,20140	243,89900
D2	211,10190	226,42940	388,78930	275,44020
E2	1775,84000	999,96880	1512,04700	1429,28527
F2	151,35150	64,61071	198,52730	138,16317
G2	86,76776	130,93800	176,12200	131,27592
H2	2345,57500	999,94670	1583,70500	1643,07557
I2	250,36440	229,30440	192,38830	224,01903
J2	1583,49400	999,96970	1472,07700	1351,84690

Dari Tabel 3 dan 4, dapat dibuat *chart* untuk melihat tren yang terjadi. Dapat dilihat, ternyata rata-rata nilai akhir indikator dengan fitur *suggestion* justru menurun dibandingkan tanpa menggunakan fitur *suggestion*. Pada Gambar 10 terlihat, 7 dari 10 responden memiliki rata-rata nilai akhir yang lebih rendah saat memakai fitur *suggestion*.



Gambar 10. Chart Rata-Rata Nilai Akhir Indikator

Hal ini dapat terjadi karena penyebab yang berhubungan dengan hasil pengujian subbab sebelumnya. TOPSIS selalu mencari hasil optimal untuk seluruh kriteria, sedangkan mekanisme yang diharapkan dari fitur *suggestion* adalah untuk membantu meningkatkan nilai indikator yang tertinggal. Nilai indikator tertinggal harus ditingkatkan agar pemain dapat mencapai syarat kemenangan dengan lebih cepat. Selain itu, apabila ada salah satu indikator yang tertinggal bukan tidak mungkin pemain dapat terkena *event* yang mengakibatkan berkurangnya nilai indikator lainnya. Skenario tersebutlah yang kebanyakan terjadi saat responden menggunakan fitur *suggestion*.

Hal ini dapat dihindari jika nilai kriteria setiap sumber energi dapat didesain sesuai dengan keperluan *game*. Misalnya untuk Solar nilai ekonomi dimaksimalkan, untuk Biomass nilai lingkungan dimaksimalkan, dan seterusnya sehingga fitur *suggestion* dapat memberikan saran yang tepat. Akan tetapi, nilai kriteria setiap sumber energi tidak bisa didesain hanya untuk keperluan *game*, melainkan menggunakan riset dunia nyata. Karena menggunakan riset dunia nyata, *balancing* pun jadi sukar dilakukan karena pada kenyataannya selalu ada sumber energi yang lebih baik daripada

sumber energi lainnya. Oleh karena itu, kesimpulan akhirnya adalah TOPSIS sebagai fitur *suggestion* tidak dapat digunakan untuk membantu meningkatkan statistik akhir permainan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

- Sistem pemasangan sumber energi telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Sumber energi dapat dipasang pada area node yang bisa diisi. Sedangkan apabila area node telah diisi, maka sumber energi tidak dapat dipasang. Begitu pula dengan area pada map yang tidak memiliki node dikarenakan memang bukan tempat yang layak untuk dipasang bangunan.
- Fitur *suggestion* tidak berjalan sesuai yang diharapkan dikarenakan ternyata TOPSIS tidak memberikan saran sumber energi yang cocok untuk meningkatkan indikator dengan nilai terendah. Saran yang diberikan adalah sumber energi yang paling baik secara umum.
- 7 dari 10 responden mendapatkan rata-rata nilai akhir indikator yang lebih rendah saat memakai fitur *suggestion* dibandingkan dengan tidak memakai. Hal ini dapat terjadi karena saran yang diberikan oleh fitur *suggestion* adalah sumber energi yang paling baik untuk meningkatkan nilai indikator manapun, bukan sumber energi yang spesifik untuk meningkatkan nilai indikator yang tertinggal saja. Karena masih terdapat indikator yang tertinggal, maka responden kebanyakan terkena *event* yang mengurangi poin karena ada indikator yang gagal mencapai syarat tertentu.
- TOPSIS sebagai sistem *suggestion* kurang cocok untuk meningkatkan hasil akhir statistik permainan Greenlife Town karena *balancing* yang kurang seimbang. *Balancing* sulit untuk dilakukan karena nilai kriteria yang dimiliki oleh setiap sumber bangunan berasal dari riset dunia nyata, yang tidak dapat ditranslasikan dengan baik untuk membantu permainan yang virtual.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diusulkan terkait dengan kesimpulan adalah sebagai berikut :

- Karena TOPSIS dinilai kurang cocok, penggunaan metode Multi Attribute Decision Analysis yang lain bisa digunakan
- Melakukan *balancing* yang lebih akurat antara riset dunia nyata dan desain *game*

6. REFERENSI

- Adjikri, F. (2017). Strategi pengembangan energi terbarukan di Indonesia. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro, 1(1).
- Arif, Y. M., Harini, S., Nugroho, S. M. S., & Hariadi, M. (2021). An Automatic Scenario Control in Serious Game to Visualize Tourism Destinations Recommendation. IEEE Access, 9, 89941-89957. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3091425>

- [3] Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., & Wiemeyer, J. (2016). *Serious games*. Basel, Switzerland: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-40612-1>
- [4] Ge, X., & Ifenthaler, D. (2018). Designing Engaging Educational Games and Assessing Engagement in Game-Based Learning. In I. Management Association (Ed.), *Gamification in Education: Breakthroughs in Research and Practice* (pp. 1-19). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5198-0.ch001>
- [5] Haryanto, A. (2017). Energi Terbarukan.
- [6] Kaltschmitt, M., Streicher, W., & Wiese, A. (Eds.). (2007). *Renewable energy: technology, economics and environment*. Springer Science & Business Media.
- [7] Majumder, M. (2015). Multi criteria decision making. In *Impact of urbanization on water shortage in face of climatic aberrations* (pp. 35-47). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-4560-73-3_2
- [8] Michael, D. R., & Chen, S. L. (2005). *Serious games: Games that educate, train, and inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade.
- [9] Ouariachi, T., Elving, W. J., & Pierie, F. (2018). Playing for a sustainable future: The case of We Energy Game as an educational practice. *Sustainability*, 10(10), 3639. <https://doi.org/10.3390/su10103639>
- [10] Su, C. H., Chen, K. T. K., & Fan, K. K. (2013). Rough set theory based fuzzy TOPSIS on serious game design evaluation framework. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/407395>
- [11] Wang, J. J., Jing, Y. Y., Zhang, C. F., & Zhao, J. H. (2009). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and sustainable energy reviews*, 13(9), 2263-2278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.021>
- [12] Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: an introduction*. Sage publications.