

Strategi Pengelolaan Limbah Seng Dan Mangan Dari Limbah Baterai Yang Ramah Lingkungan Dengan Metode QSPM

Agus Ismail^{1*}, Iwan Roswandi¹, Muhammad Hilmy Alfaruqi²

¹Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

²Teknik Metalurgi, Universitas Teknologi Sumbawa, Nusa Tenggara Barat

*agus.ismail@mercubuana.ac.id

Abstrak— Pengelolaan sampah selalu menjadi permasalahan di banyak negara berkembang, salah satunya adalah di Indonesia. Sampah yang menjadi kendala dan membutuhkan perhatian khusus adalah limbah baterai yang mengandung bahan kimia seperti seng (Zn) atau mangan (Mn) yang biasanya terkubur langsung di dalam tanah karena tidak ada penanganan khusus untuk limbah tersebut. Hal ini tentu saja menimbulkan permasalahan lingkungan. Permasalahan limbah baterai tidak hanya terletak pada laju pertumbuhannya yang pesat, namun juga pada keberadaan tempat untuk menampung dan mengolahnya, serta menemukan konsep yang dapat diselaraskan dengan kondisi setempat terkait dimensi sosial ekonomi dan budaya sebagai solusinya. pertimbangan agar kebijakan dapat berjalan efektif. Pada penelitian ini, kami menawarkan solusi yang tidak hanya mengurangi permasalahan lingkungan tetapi juga mengembangkan produk teknologi baterai “ramah lingkungan” dengan memanfaatkan limbah baterai. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis SWOT yang dilakukan dengan melakukan wawancara terhadap pemangku kepentingan di Kelurahan Meruya Selatan yang terkait dengan pengelolaan sampah. Selanjutnya hasil SWOT dianalisis dengan menggunakan metode QSPM (Quantitative Strategy Planning Matrix) untuk menentukan prioritas strategi dari alternatif strategi yang ada. Strategi yang diperoleh dari hasil pengolahan data menggunakan QSPM (Quantitative Strategy Planning Matrix) dengan memberikan skor tertinggi yaitu penyediaan fasilitas oleh pemerintah untuk mendukung kemandirian dan kemandirian masyarakat dengan usaha mikro daur ulang limbah baterai.

Article History:

Received: Jan 2, 2024

Revised: Feb 5, 2024

Accepted: Feb 10, 2024

Published: Feb 12, 2024

Kata Kunci – Baterai, Mangan, QSPM, Seng, SWOT.

DOI: 10.22441/jitkom.v8i1.003

I. PENDAHULUAN

Meskipun teknologi baterai terbukti banyak membantu manusia dalam menyediakan daya untuk perangkat elektronik, namun pemborosan dalam penggunaan baterai telah menjadi permasalahan yang cukup pelik. Hal ini menjadi sorotan karena baterai mengandung bahan kimia yang tidak boleh dibuang sembarangan. Pembuangan baterai yang tidak tepat dapat mengakibatkan risiko pencemaran lingkungan. Misalnya, baterai alkaline Zn-MnO₂ dapat ditemukan di banyak toko lokal. Karena sifatnya sebagai baterai primer tidak dapat diisi ulang, sehingga pemborosan baterai alkaline cukup tinggi. [1][2][3] Apalagi, minimnya sosialisasi kepada masyarakat membuat pengendalian limbah baterai sulit dilakukan. [4][5]

Limbah baterai Zn-MnO₂ terdiri dari berbagai komponen yang pada dasarnya mempunyai potensi untuk didaur ulang kembali, misalnya untuk industri baja karena mengandung unsur seng (Zn) dan mangan (Mn) atau dimanfaatkan kembali dalam industri baterai. Namun sayangnya, seringkali komponen tersebut langsung terbakar atau tertimbun dalam tanah. Keadaan ini menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan.

Limbah seng merupakan salah satu logam berat yang tidak dapat terurai secara alami sehingga tidak dapat dibuat begitu saja [6]. Penelitian yang dilakukan oleh [7], telah berhasil mengekstraksi limbah seng menjadi seng oksida (ZnO) sehingga dapat dimanfaatkan kembali. Oleh karena itu diperlukan suatu manajemen dalam mengelola sistem pengolahan limbah baterai ini hingga proses pengaktifan kembali komponen baterai.

Perkembangan teknologi digital yang sangat pesat berpotensi menyebabkan seluruh peralatan elektronika menjadi cepat usang dan berakhir di tempat penampungan akhir yang dapat memberikan dampak bagi penurunan kesehatan manusia dan kualitas lingkungan [8][9]. Daur hidup produk-produk elektronika secara signifikan menjadi lebih pendek, ditambah dengan gencarnya pemasaran produk-produk tersebut yang mempengaruhi konsumen untuk memperoleh produk-produk elektronika baru tersebut. Sebagai contoh, studi yang dilakukan oleh [10] melaporkan bahwa usia komputer menjadi lebih pendek dimana pada tahun 1992 sekitar 4,5 tahun menurun menjadi 2 tahun pada tahun 2005 sehingga mendorong volume aliran limbah elektronika menjadi lebih besar. Lebih lanjut, di

Uni Eropa dilaporkan sekitar terdapat sekitar 8,9 juta ton dan 4,0 juta ton limbah elektronika yang dihasilkan oleh Negara Jepang pada tahun 2010. [11]

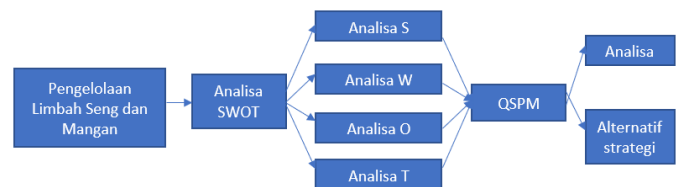
Permasalahan limbah baterai tidak hanya terletak pada laju pertumbuhannya yang pesat, namun juga pada keberadaan tempat untuk menampung dan mengolahnya, serta menemukan konsep yang dapat diselarasakan dengan kondisi setempat terkait dimensi sosial ekonomi dan budaya sebagai solusinya. pertimbangan agar kebijakan dapat berjalan efektif. Oleh karena itu, perlu adanya strategi pengembangan infrastruktur pengelolaan limbah baterai yang meliputi kegiatan pengumpulan, pengolahan, daur ulang, dan pembuangan limbah baterai dengan cara yang ramah lingkungan. [12][13][14] Konsep ramah lingkungan sendiri diterapkan untuk menjamin penggunaan atau pengelolaan limbah, bahan bekas, dan bahan bekas dengan pengelolaan yang akan menghemat sumber daya alam, serta melindungi kesehatan manusia dan lingkungan dari dampak samping yang mungkin timbul dari limbah dan bahan bekas. [15] Hal ini mencakup tujuan untuk mencegah, meminimalkan, memulihkan dan membuang limbah dengan cara yang ramah lingkungan dan mempertimbangkan kendala sosial, teknologi dan ekonomi.

II. LITERATURE REVIEW

Beberapa penelitian terkait strategi pengelolaan limbah elektronik telah dilakukan [16], Rosalinda dkk. menggunakan aplikasi SWOT untuk mengeksplorasi metode dan fasilitas yang ada di kota Surabaya untuk membuat rencana strategis pengelolaan limbah elektronik. Selain itu, [17]. melakukan kajian pengelolaan sampah elektronik di Indonesia dengan menggunakan analisis SWOT dan QSPM. Dari hasil kajian tersebut dirancang program strategis pengembangan infrastruktur manajemen elektronik. Oleh karena itu, perlu dirumuskan strategi untuk mendorong penerapan pengelolaan limbah baterai ramah lingkungan di Indonesia dengan menggunakan analisis SWOT dan analisis QSPM untuk menentukan strategi prioritas dari alternatif strategi yang ada.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada tahap pertama ini dilakukan dengan menyaring persepsi dan informasi dari para ahli untuk mengetahui faktor internal yaitu kekuatan dan kelemahan; dan faktor eksternal yaitu peluang dan ancaman. Pada tahap kedua hasil pada wawancara tahap pertama dilakukan pengolahan informasi yang telah terkumpul untuk menyusun kuisioner kedua. Dimana wawancara kedua merupakan penilaian terhadap faktor-faktor SWOT dengan penilaian QSPM (*The Quantitative Strategic Planning Matrix*) [18] bertujuan untuk menentukan strategi terbaik yang akan dipilih dari berbagai alternatif strategi yang didapatkan dari tahap sebelumnya. Metode yang digunakan dalam penentuan responden adalah metode *purposive sampling*. Data dan informasi yang diperoleh selanjutnya diolah dan dianalisis secara kuantitatif deskriptif. Analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan kondisi secara faktual yang dijumpai dilapangan, untuk kemudian mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor lingkungan eksternal dan internal.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Tahap analisa dengan SWOT dan QSPM yaitu sebagai berikut [19][20]:

1. Menentukan IFEM (The Internal Factor Evaluation Matrix). Pada tahap ini dilakukan penentuan dan evaluasi faktor internal.
2. Menentukan EFEM (The External Factor Evaluation Matrix). Pada tahap ini dilakukan penentuan dan evaluasi faktor eksternal.
3. Menentukan SWOT Matrik. Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap faktor kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman untuk alternatif strategi.
4. Menentukan alternatif strategi yang telah dihasilkan dari analisa SWOT dengan analisa QSPM.

Setelah diperoleh faktor-faktor internal yang meliputi kekuatan dan kelemahan, maka dilakukan pemberian kuesioner mengenai pemberian bobot dan skor terhadap variabel-variabel kekuatan dan kelemahan selanjutnya pembobotan dengan menggunakan metode *paired comparison matrix*. Kemudian, faktor-faktor strategi eksternal yang meliputi peluang dan ancaman, tahap selanjutnya juga dilakukan seperti tahapan dalam analisis internal. Untuk menghitung rata-rata bobot berdasarkan variabel yang ada pada masing-masing faktor, setelah diberikan nilai. Kemudian, pemberian rating/ peringkat diberikan untuk menggambarkan seberapa besar efektif strategi yang digunakan dalam merespon faktor strategis yang ada dengan nilai 1-4 dari setiap faktor yang ada. [21][22]

IV. HASIL DAN ANALISA

Penelitian ini menggunakan diskusi literatur mengenai manajemen strategi, mempelajari sumber daya internal seperti kekuatan, kelemahan dan peluang di dimensi eksternal lingkungan. Ancaman dan pengelolaan keuntungan mempunyai hubungan yang cukup signifikan dimana hubungan lebih jauh dari analisis SWOT dapat membantu upaya interpretasi [23]. Pemahaman dasar teoritis utama pada analisis SWOT adalah untuk menguji pengelolaan strategi internal untuk menjawab sumber daya internal dan variabel lingkungan eksternal. Model kuantitatif yang dibuat oleh para stakeholder sebagai referensi dalam menggali informasi melalui interview.

Setiap dimensi dalam analisis SWOT menggunakan variabel operasional untuk diteliti dan dianalisis guna mengidentifikasi faktor lingkungan internal dan lingkungan eksternal dari strategi keuntungan manajemen. Tabel 1 merupakan faktor-faktor yang diteliti berdasarkan wawancara dengan stakeholder terkait.

Tabel 1. Analisis SWOT

Strengths	Weaknesses
1. Keterlibatan kelompok dan organisasi masyarakat dalam berbagai kegiatan baik formal maupun informal	1. Lemahnya kesadaran masyarakat untuk memilah sampah
2. Keterlibatan aktif generasi muda yang antusias dan produktif	2. Lemahnya kesediaan masyarakat untuk bekerjasama dan berpartisipasi dalam pengelolaan limbah baterai
3. Keterlibatan ibu rumah tangga untuk mendukung program pemilahan sampah baterai	3. Masyarakat cenderung menunggu tindakan dari aparat pemerintah
4. Laju timbulan limbah sampah baterai yang dihasilkan masyarakat	4. Belum tersedianya pola pengumpulan dan sarana transportasi limbah baterai
5. Pemerintah merupakan sumber utama finansial dan pengalaman dalam tata-kelola administrasi	5. Kurangnya informasi, komunikasi, pendidikan terhadap potensi risiko yang dapat ditimbulkan oleh limbah baterai
6. Perencanaan yang kuat pada lingkungan masyarakat	6. Belum adanya pendekatan dan sistem yang terpadu pada pengelolaan limbah baterai
7. Kekuatan untuk membuat regulasi dan aturan yang berlaku pada masyarakat	
8. Terdapatnya hirarki dan organisasi tingkat kelurahan yang saling mendukung birokrasi dan infrastruktur organisasi	
Opportunities	Threats
1. Mobilisasi dan peningkatan kapasitas generasi muda dari kelompok perguruan tinggi sebagai motor kunci untuk pengelolaan limbah baterai	1. Lemahnya koordinasi lintas sektoral antara masyarakat, para pemangku kepentingan dan stakeholder lainnya.
2. Tersedianya lapangan pekerjaan alternatif berupa daur ulang limbah baterai yang merupakan usaha mikro pada organisasi yang berbasis masyarakat sehingga dapat memberikan kontribusi dalam pembangunan dan pengembangan pengelolaan limbah baterai	2. Kurangnya kemitraan masyarakat-swasta-pemerintah.
3. Promosi pembagian kegiatan yang mengadopsi strategi pengelolaan limbah elektronika sehingga kelompok-kelompok masyarakat dan pemangku kepentingan lainnya dapat memberikan dukungan dan memperkuat basis program menjadi lebih baik.	3. Pemerintah belum memberikan fasilitas yang cukup bagi masyarakat
4. Peraturan yang dapat diberlakukan agar dapat mempromosikan	4. Pemerintah, masyarakat dan sektor swasta secara umum memiliki ide dan ideologi yang berbeda

pengelolaan limbah baterai yang lebih tepat.

- Memaksimalkan kemandirian dan swadaya bersama antara para pemangku kepentingan
- Mendorong pertumbuhan usaha kecil dan organisasi berbasis masyarakat sebagai pendukung utama untuk memperkuat standar ekonomi pekerja pengelolaan limbah baterai
- Pembentukan kemitraan masyarakat-swasta-pemerintah dalam pengelolaan limbah baterai

Selanjutnya, hasil identifikasi faktor internal dan eksternal, maka dilakukan pembobotan dan pemberian rating pada masing-masing variabel. Berikut hasil evaluasi faktor internal (IFE) dan faktor eksternal (EFE).

Tabel 2. Hasil Evaluasi Faktor Internal (IFE)

Kekuatan	Bobot	Peringkat	Skor
Keterlibatan berbagai kelompok masyarakat	0,088	4	0,352
Keterlibatan generasi muda	0,09	3	0,27
Keterlibatan ibu rumah tangga	0,079	4	0,316
Laju limbah baterai	0,081	2	0,162
Pemerintah sebagai sumber utama finansial dan tata kelola organisasi	0,79	4	0,316
Perencanaan pada lingkungan masyarakat	0,095	3	0,285
Regulasi dan aturan	0,045	3	0,135
Hirarki dan organisasi yang saling mendukung	0,047	2	0,094
Total	1		
Kelemahan	Bobot	Peringkat	Skor
Kesadaran masyarakat untuk memilah sampah	0,038	3	0,114
Kesediaan masyarakat dalam pengelolaan limbah baterai	0,044	3	0,132
Kecenderungan masyarakat menunggu aparat pemerintah	0,042	4	0,168
Belum ada pola dan sarana pengumpulan	0,035	2	0,07
Kurangnya informasi dan edukasi terhadap resiko limbah baterai	0,033	2	0,066
Belum ada sistem terpadu pada pengelolaan limbah baterai	0,037	3	0,111
Total	1		2,591

Tabel 3. Hasil Evaluasi Faktor Eksternal (EFE)

Peluang	Bobot	Peringkat	Skor
Peningkatan kapasitas generasi muda dari kelompok mahasiswa	0,067	4	0,268
Penyediaan lapangan pekerjaan	0,087	2	0,174
Promosi pembagian kegiatan antar masyarakat	0,083	3	0,249
Peraturan yang berlaku	0,085	3	0,255

Kemandirian dan swadaya para pemangku kepentingan	0,091	3	0,273
Mendorong pertumbuhan usaha kecil	0,061	2	0,122
Pembentukan kemitraan masyarakat-swasta-pemerintah	0,082	2	0,164
Total	1		
Ancaman	Bobot	Peringkat	Skor
Koordinasi lintas sektoral dan semua pemangku kepentingan	0,130	4	0,52
Pembagian peran antara masyarakat-swasta-pemerintah	0,061	3	0,183
Penyediaan fasilitas oleh pemerintah	0,107	4	0,428
Gagasan yang tidak sama antar pemangku kepentingan	0,061	2	0,122
Total	1		2,728

A. Matriks IFE (Internal Factor Evaluation)

Analisis matriks IFE merupakan hasil dari identifikasi faktor-faktor eksternal berupa peluang dan ancaman yang berpengaruh pada pengelolaan sampah limbah baterai. Hasil perkalian antara rata-rata pembobotan dan penilaian rating menghasilkan total skor yang mana kekuatan utama berdasarkan skor tertinggi adalah keterlibatan berbagai kelompok masyarakat. Dengan melibatkan berbagai kelompok masyarakat, akan memudahkan kegiatan pengelolaan limbah sampah baterai. Selain itu, keterlibatan pemerintah juga memberikan pengaruh yang besar karena adanya kecenderungan masyarakat menunggu langkah pemerintah dalam hal tersebut. Namun demikian, peran serta lingkup masyarakat yaitu rumah tangga dapat dimaksimalkan karena keterlibatan Ibu Rumah Tangga memiliki skor yang sama dengan pemerintah. Dibandingkan dengan generasi muda, bobot Ibu Rumah Tangga memiliki nilai yang lebih kecil, tetapi karena keberadaan di rumah yang intensitasnya lebih banyak dibandingkan generasi muda, ratingnya menjadi lebih besar.

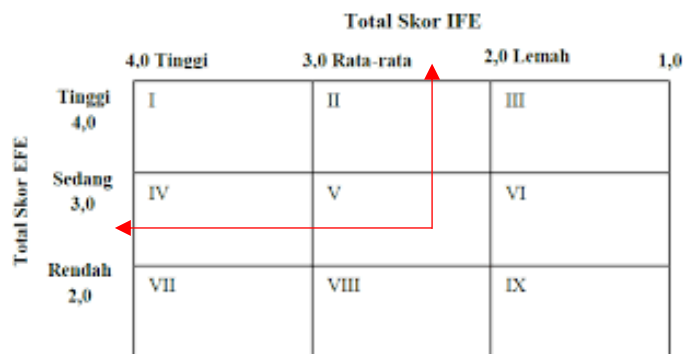
B. Matriks EFE (External Factor Evaluation)

Berdasarkan matrik EFE, dapat diketahui bahwa peluang utama yang ditunjukkan dari skor tertinggi adalah mendorong kemandirian dan swadaya dari setiap pemangku kepentingan yang ada di masyarakat. Hal ini sejalan dengan kekuatan dari masyarakat khususnya dengan memberdayakan Ibu Rumah Tangga dan generasi muda. Pemerintah dapat mengambil peran dengan cara meningkatkan kapasitas setiap elemen masyarakat dan membuat aturan yang berlaku sehingga masyarakat dapat merasakan kehadiran pemerintah dalam mendukung kegiatan pengelolaan sampah dari limbah baterai ini. Berdasarkan matriks IFE dapat diketahui bahwa total skor matriks IFE adalah 2,728 sebagaimana tersaji pada Tabel 3.

C. Matriks IE

Berdasarkan hasil dari matriks IFE dan matriks EFE maka dapat disusun selanjutnya dalam matriks IE seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai rata-rata IFE sebesar 2,591 dan rata-rata EFE sebesar 2,728. Nilai rata-rata IFE dan EFE diperoleh dari jumlah dari skor pada masing-masing faktor, di mana skor tersebut didapatkan dari perkalian antara rata-rata rating dan rata-rata bobot pada masing-masing faktor. Nilai

tersebut menunjukkan posisi kuadran V yaitu menunjukkan strategi yang diperlukan untuk saat ini adalah Hold and Maintain. Hold and Maintain menunjukkan bahwa strategi yang dapat diterapkan adalah pertahankan kondisi yang ada untuk kemudian dikembangkan dan diperkuat setiap elemen yang ada di masyarakat.



Gambar 2. Matriks IE

D. Matriks SWOT

Matrik SWOT menghasilkan beberapa strategi alternatif yang diperoleh dari variabel-variabel internal dan eksternal sesuai dengan posisi perusahaan pada matriks IE yaitu *Hold and maintain*. Alternatif-alternatif strategi yang didapat sebagai berikut:

- Strategi SO
 - Mempertahankan kerjasama semua elemen masyarakat yang mana pemerintah mengambil peran untuk mendorong kemandirian
 - Meningkatkan kapasitas rumah tangga, khususnya Ibu Rumah Tangga dan Generasi Muda
- Strategi WO
 - Meningkatkan peran pemerintah untuk mendukung inisiatif masyarakat
 - Membuat dan melakukan sosialisasi terkait peraturan pengelolaan sampah dari limbah baterai
- Strategi ST
 - Meningkatkan komunikasi dan kemitraan antar pemangku kepentingan
 - Mendorong peran aktif dan inisiatif pemerintah
- Strategi WT
 - Penyediaan fasilitas oleh pemerintah untuk mendukung kemandirian dan swadaya masyarakat dengan usaha mikro daur ulang limbah baterai
 - Mendorong hadirnya pelayanan pengelolaan limbah baterai

E. Quantitative Strategy Planning Matrix (QSPM)

Tahap akhir dari analisis strategi merupakan pemilihan strategi yang sesuai dan dapat dijalankan oleh para pemangku kepentingan. Pemilihan strategi yang cocok dilakukan adalah dengan menggunakan alat analisis QSPM. Alternatif strategi didapatkan dari matriks SWOT di mana matriks tersebut menghasilkan beberapa alternatif strategi melalui faktor internal dan eksternal perusahaan. Selanjutnya, alternatif

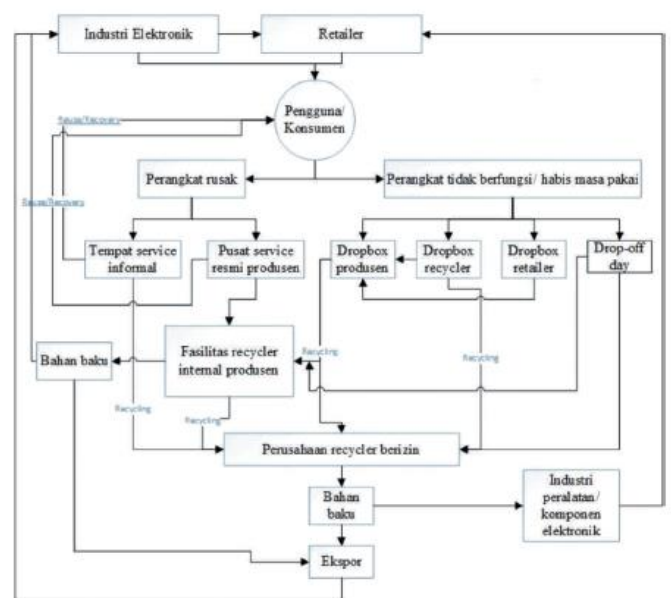
strategi tersebut ditentukan nilai daya tarik (*Attractiveness Score-AS*), yaitu angka yang mengindikasi daya tarik relatif dari masing-masing strategi dalam set alternatif tertentu. Hasil QSPM dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai tertinggi pada TAS adalah alternatif strategi penyediaan fasilitas oleh pemerintah untuk mendukung kemandirian dan swadaya masyarakat dengan usaha mikro daur ulang limbah baterai. Strategi ini menunjukkan adanya pembagian peran yang ideal antara pemerintah dengan masyarakat. Pemerintah, dengan segala sumber daya baik finansial maupun organisasi memberikan stimulus fasilitas sehingga masyarakat didorong untuk memiliki kemandirian dalam pengelolaan limbah baterai. Apalagi bentuk fasilitas yang diberikan dapat melahirkan usaha mikro berbasis daur ulang limbah baterai sehingga tidak hanya memberikan dampak lingkungan yang lebih baik, namun juga memberikan kesempatan lapangan kerja dan peningkatan kesejahteraan masyarakat.

Tabel 4. Hasil QSPM

No	Alternatif Strategi	Total TAS	Peringkat
1	Mempertahankan kerjasama semua elemen masyarakat yang mana pemerintah mengambil peran untuk mendorong kemandirian	6,468	2
2	Meningkatkan kapasitas rumah tangga, khususnya Ibu Rumah Tangga dan Generasi Muda	6,015	5
3	Meningkatkan peran pemerintah untuk mendukung inisiatif masyarakat	6,443	3
4	Membuat dan melakukan sosialisasi terkait peraturan pengelolaan sampah dari limbah baterai	5,795	8
5	Meningkatkan komunikasi dan kemitraan antar pemangku kepentingan	6,393	4
6	Mendorong peran aktif dan inisiatif pemerintah	5,916	6
7	Penyediaan fasilitas oleh pemerintah untuk mendukung kemandirian dan swadaya masyarakat dengan usaha mikro daur ulang limbah baterai	6,906	1
8	Mendorong hadirnya pelayanan pengelolaan limbah baterai	5,825	7

Strategi ini mendapatkan nilai tertinggi sebesar 6,906 yang mana bisa dianggap bahwa faktor utama yang berpengaruh dalam melakukan pengelolaan limbah sampah baterai adalah peran aktif pemerintah untuk mendorong kemandirian dan swadaya masyarakat. Sebagai langkah berikutnya agar dapat digunakan efektifitas pengelolaan limbah baterai dengan masih memperhatikan secara keseluruhan faktor-faktor kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman, dapat ditunjukkan seperti skema pada Gambar 3 yang dilakukan pada penelitian terdahulu [17]. Namun perlu ada skema yang lebih sederhana sehingga mudah diimplementasikan pada masyarakat yang akan dilakukan pada penelitian selanjutnya.



Gambar 3. Skema rancangan strategi pengembangan infrastruktur pengelolaan limbah elektronik ramah lingkungan [17]

V. KESIMPULAN

Strategi yang didapatkan dari hasil pengolahan data menggunakan QSPM (*Quantitative Strategy Planning Matrix*) dengan memberikan skor tertinggi yaitu penyediaan fasilitas oleh pemerintah untuk mendukung kemandirian dan swadaya masyarakat dengan usaha mikro daur ulang limbah baterai. Strategi ini menunjukkan adanya pembagian peran yang ideal antara pemerintah dengan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. G. Bruce, B. Scrosati, and Jean-Marie Tarascon, "Nanomaterials for Rechargeable Lithium Batteries," *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 47, no. 16, pp. 2930–2946, Apr. 2008, doi: <https://doi.org/10.1002/anie.200702505>.
- [2] A. Ismail, Herry Agung Prabowo, and Muhammad Hilmy Alfaruqi, "Potassium-Intercalated Manganese Dioxide As Lithium-Ion Battery Cathodes: A Density Functional Theory Study," *Sinergi*, vol. 23, no. 1, pp. 55–55, Feb. 2019, doi: <https://doi.org/10.22441/sinergi.2019.1.008>.
- [3] P. Poizot, S. Laruelle, S. Grugeon, L. Dupont, and J. M. Tarascon, "Nano-sized transition-metal oxides as negative-electrode materials for lithium-ion batteries," *Nature*, vol. 407, no. 6803, pp. 496–499, Sep. 2000, doi: <https://doi.org/10.1038/35035045>.
- [4] C. Hicks, R. Dietmar, and M. Eugster, "The recycling and disposal of electrical and electronic waste in China—legislative and market responses," *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 25, no. 5, pp. 459–471, Jul. 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2005.04.007>.
- [5] L. Luther, "Managing electronic waste: issues with exporting e-waste," *CRS Report for Congress*, 2009.
- [6] M. I. Hidayat and S. Suprpto, "Pemisahan Mangan Dioksida (MnO₂) Dari Limbah Pasta Baterai dengan Metode Elektrolisis," *Jurnal Sains dan Seni ITS (e-journal)*, vol. 6, no. 2, Sep. 2017, doi: <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.27786>.
- [7] L. Ati, Priyandika D.R., A. Yulianto, and M. P. Aji, "Uji Efektivitas Ekstraksi Limbah Seng menjadi Seng Oksida(ZnO) dengan Metode Presipitasi," *Jurnal Fisika*, vol. 7, no. 2, Jan. 2017, doi: <https://doi.org/10.15294/jf.v7i2.13372>.

- [8] A. Terazono, A. Yoshida, "Environmental Management System of E-waste in Formal/Informal Sector. E-waste Training Workshop for Asia and the Pacific," Hanoi, Vietnam, 2009.
- [9] I. Nursanti, R. Rachmawati, A. Kholid, and H. Munawir, "Evaluasi Kemudahan Pembongkaran Produk untuk Perbaikan (Product Repair)," *Ums.ac.id*, 2019, doi: <https://doi.org/2621-0789>.
- [10] R. Widmer, H. Oswald-Krapf, Deepali Sinha-Khetriwal, M. Schnellmann, and Heinz Böni, "Global perspectives on e-waste," *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 25, no. 5, pp. 436–458, Jul. 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2005.04.001>.
- [11] Bastiaan C. J. Zoeteman, H. R. Krikke, and J. Venselaar, "Handling WEEE waste flows: on the effectiveness of producer responsibility in a globalizing world," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 47, no. 5–8, pp. 415–436, Oct. 2009, doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-009-2358-3>.
- [12] A. A. Baba et al., "Hydrometallurgical Processing of Manganese Ores: A Review," *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, vol. 02, no. 03, pp. 230–247, Jan. 2014, doi: <https://doi.org/10.4236/jmmce.2014.23028>.
- [13] S. Devaraj and N. Munichandraiah "Effect of Crystallographic Structure of MnO₂ on Its Electrochemical Capacitance Properties," *ACS Publications*, 2024. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jp7108785> (accessed Feb. 10, 2024).
- [14] A.A. Nayl, I. M. Ismail, and H. F. Aly, "Recovery of pure MnSO₄·H₂O by reductive leaching of manganese from pyrolusite ore by sulfuric acid and hydrogen peroxide," *International Journal of Mineral Processing*, vol. 100, no. 3–4, pp. 116–123, Sep. 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2011.05.003>.
- [15] OECD, Environment at a glance: circular economy, waste and materials, 2020, <http://www.oecd.org/environment-at-a-glance>
- [16] A. S. Rosalinda, D. Rimantho, M. Djmaloes, "Aplikasi SWOT pada pengelolaan limbah elektronik: studi kasus kota Surabaya," BKSTI 2014, Seminar Nasional Teknik Industri. V92-V98, 2016.
- [17] T. Ayuni, D. R. Nurrochmat, and Nastiti Siswi Indrasti, "Strategi Pengelolaan Limbah Elektronik Melalui Pengembangan Infrastruktur Ramah Lingkungan," *Risalah Kebijakan Pertanian Dan Lingkungan Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian dan Lingkungan*, vol. 3, no. 1, pp. 78–86, 2016, Accessed: Feb. 10, 2024. [Online]. Available: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jkebijakan/article/view/15238>
- [18] S. Safitri And I. Almahdy, "Studi Perencanaan Strategis dengan Pendekatan Qspm pada Industri Minuman Saribuah," *Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, vol. 11, no. 3, p. 328334, 2017, doi: <https://media.neliti.com/media/publications/328334-studi-perencanaan-strategis-dengan-pende-98e5bad3.pdf>.
- [19] M. E. David, F. R. David, and F. R. David, "The Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM) Applied to a Retail Computer Store," *CCU Digital Commons*, 2022. <https://digitalcommons.coastal.edu/cbj/vol8/iss1/4/> (accessed Feb. 10, 2024).
- [20] M. S. Taslimi, and A. K. Omeyr, "Formulating a strategy through quantitative strategic planning matrix (QSPM) based on SWOT framework (case study: industrial group of Barez Tires)," *International Journal of Economy, Management and Social Sciences*, vol. 3, no. 8, 451–454, 2014.
- [21] R.W. Saaty, "The analytic hierarchy process—what it is and how it is used," *Mathematical Modelling*, vol. 9, no. 3–5, pp. 161–176, Jan. 1987, doi: [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8).
- [22] B. Stojcetovic, D. Nikolic, V. Velinov, and D. Bogdanovic, "Application of integrated strengths, weaknesses, opportunities, and threats and analytic hierarchy process methodology to renewable energy project selection in Serbia," *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 8, no. 3, May 2016, doi: <https://doi.org/10.1063/1.4950950>
- [23] H. Weihrich, "The TOWS matrix—A tool for situational analysis," *Long Range Planning*, vol. 15, no. 2, pp. 54–66, Apr. 1982, doi: [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(82\)90120-0](https://doi.org/10.1016/0024-6301(82)90120-0).