

Strategi Sourcing Berkelanjutan MBG Berbasis Advanced Analytics: Analisis PESTLE dan Rantai Pasok

Briyan Gifari Aji[#], Nabel Muhammad Al Ghazali[#], Abdullah Fajar[#]

[#] Sistem Informasi, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, Bandung, 40257, Indonesia

E-mail: [briyangifariaji\[at\]student.telkomuniversity.ac.id](mailto:briyangifariaji[at]student.telkomuniversity.ac.id), [nabelmuhammadal\[at\]student.telkomuniversity.ac.id](mailto:nabelmuhammadal[at]student.telkomuniversity.ac.id)

ABSTRACTS

The Free Nutritious Meal Program (MBG) is a national strategic initiative facing complex challenges in balancing supply security and environmental sustainability. This study aims to implement an Advanced Analytics framework to evaluate supplier performance based on the Triple Bottom Line principle. Using real logistics datasets for strategic commodities (Rice and Soybeans), this study applies the Weighted Scoring Model algorithm with parameters of logistics efficiency (40%), environmental impact (30%), and volume security (30%). The analysis of the supply chain shows a total carbon footprint (Scope 3) of 112.11 tons of CO₂ with an average distribution distance of 297 KM. The model successfully identified the best "Green Suppliers," with the Pelalawan–Siak route recording the highest sustainability score (0.89) due to the balance of volume and distance. This study recommends the adoption of a data-driven scoring system to mitigate carbon emissions in the MBG supply chain.

Manuscript received Jan 8, 2026;
revised Feb 20, 2026. accepted Mar
05, 2026 Date of publication Mar
31, 2026. International Journal,
JITSI : Jurnal Ilmiah Teknologi
Sistem Informasi licensed under a
Creative Commons Attribution-
Share Alike 4.0 International
License



ABSTRAK

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) merupakan inisiatif strategis nasional yang menghadapi tantangan kompleks dalam menyeimbangkan ketahanan pasokan dan keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan kerangka kerja Advanced Analytics untuk menilai kinerja supplier berdasarkan prinsip Triple Bottom Line. Menggunakan dataset logistik riil untuk komoditas strategis (Beras dan Kedelai), penelitian ini menerapkan algoritma Weighted Scoring Model dengan parameter efisiensi logistik (40%), dampak lingkungan (30%), dan keamanan volume (30%). Hasil analisis terhadap rantai pasok menunjukkan total jejak karbon (Scope 3) sebesar 112,11 ton CO₂ dengan rata-rata jarak tempuh distribusi 297 KM. Model berhasil mengidentifikasi "Green Suppliers" terbaik, dengan rute Kabupaten Pelalawan–Siak mencatatkan skor keberlanjutan tertinggi (0,89) berkat keseimbangan volume dan jarak. Penelitian ini merekomendasikan adopsi sistem penilaian berbasis data untuk memitigasi emisi karbon dalam rantai pasok MBG.

Keywords / Kata Kunci — *MBG Program; Advanced Analytics; Sustainable Sourcing; Carbon Footprint; Supply Chain Management*

CORRESPONDING AUTHOR

Briyan Gifari Aji
Sistem Informasi, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia
Email: [briyangifariaji\[at\]student.telkomuniversity.ac.id](mailto:briyangifariaji[at]student.telkomuniversity.ac.id)

1. PENDAHULUAN

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) merupakan salah satu pilar utama dalam strategi pembangunan nasional pemerintah Indonesia untuk menyongsong visi Indonesia Emas 2045 [1]. Program ini dirancang sebagai intervensi gizi spesifik dan sensitif untuk menanggulangi masalah stunting dan wasting yang masih menjadi ancaman serius bagi kualitas sumber daya manusia Indonesia. Berdasarkan data kesehatan nasional, defisiensi makronutrien dan mikronutrien pada anak usia sekolah berdampak langsung pada penurunan kemampuan kognitif dan imunitas fisik [1]. Oleh karena itu, MBG menargetkan cakupan penerima manfaat yang sangat luas, mulai dari ibu hamil, ibu menyusui, balita, hingga siswa jenjang PAUD, SD, SMP, SMA, dan santri di pesantren [1, p. 9], [2].

Namun, skala implementasi yang masif ini membawa konsekuensi logistik yang sangat kompleks. Setiap hari, jutaan ton bahan pangan termasuk beras, kedelai, daging, dan sayuran harus didistribusikan ke ribuan titik layanan di seluruh pelosok nusantara. Dalam konteks manajemen rantai pasok (*Supply Chain Management*), volume pergerakan barang sebesar ini menimbulkan jejak ekologis yang signifikan. Sektor transportasi logistik pangan diketahui sebagai salah satu penyumbang emisi Gas Rumah Kaca (GRK) terbesar, khususnya melalui emisi karbon dioksida CO_2 dari pembakaran bahan bakar fosil armada truk distribusi [3]. Fenomena ini menciptakan paradoks kebijakan: di satu sisi pemerintah berupaya meningkatkan kesehatan masyarakat, namun di sisi lain aktivitas logistik program ini berpotensi memperburuk degradasi lingkungan jika tidak dikelola dengan prinsip keberlanjutan.

Tantangan semakin pelik ketika dihadapkan pada persyaratan standar mutu yang ketat. Buku Pedoman Standar Gizi MBG mewajibkan setiap bahan pangan memenuhi kriteria keamanan pangan sesuai UU No. 18 Tahun 2012 dan Standar Nasional Indonesia (SNI) [1, pp. 10–11], [4]. Bahan pangan segar seperti daging dan sayur memiliki batasan waktu simpan (*shelf-life*) yang pendek, sehingga keterlambatan distribusi akibat jarak tempuh yang jauh tidak hanya meningkatkan emisi, tetapi juga risiko kerusakan bahan pangan (*food loss*). Oleh karena itu, strategi pengadaan (*sourcing*) konvensional yang hanya berorientasi pada harga terendah (*cost leadership*) tidak lagi relevan. Diperlukan transformasi menuju Sustainable Sourcing yang menyeimbangkan tiga pilar utama Triple Bottom Line: keuntungan ekonomi (biaya efisien), kelestarian lingkungan (emisi rendah), dan kesejahteraan sosial (pemberdayaan petani lokal) [5].

Literatur mengenai manajemen rantai pasok pangan (*Food Supply Chain*) telah berkembang pesat dalam dekade terakhir. Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO) menekankan bahwa program makan sekolah harus menjadi katalisator bagi ekonomi lokal melalui model *Home Grown School Feeding* (HGSF) [2]. Konsep ini menganjurkan pengadaan bahan pangan dari petani lokal untuk memangkas jarak distribusi. Studi terbaru dari Sharma et al. (2022) dan Ivanov (2020) juga menyoroti pentingnya desentralisasi rantai pasok untuk meningkatkan ketahanan (*resilience*) pasca-pandemi COVID-19 [6], [7]. Mereka berargumen bahwa rantai pasok yang pendek lebih tahan terhadap guncangan global dibandingkan rantai pasok panjang yang bergantung pada impor.

Namun, terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) yang signifikan dalam konteks implementasi di Indonesia. Sebagian besar studi terdahulu berfokus pada aspek nutrisi dan kepatuhan menu [1, pp. 10–11], atau aspek makro-ekonomi program bantuan sosial. Belum banyak penelitian yang secara spesifik mengukur jejak karbon (*carbon footprint*) dari aktivitas logistik program MBG menggunakan data riil, serta bagaimana data tersebut dapat diintegrasikan ke dalam sistem pengambilan keputusan (*Decision Support System*) pemilihan *supplier*. Penelitian ini hadir untuk mengisi kekosongan tersebut dengan menerapkan pendekatan *Advanced Analytics* yang menggabungkan analisis geospasial (jarak), analisis lingkungan (emisi), dan analisis operasional (volume) dalam satu model penilaian terpadu.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang kerangka kerja strategis dalam pemilihan *supplier* bahan pangan MBG yang berkelanjutan. Secara spesifik, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengukur total emisi karbon (*Scope 3 Emissions*) yang dihasilkan dari aktivitas distribusi komoditas strategis (Beras dan Kedelai) berdasarkan data transaksi logistik riil.
2. Menganalisis profil rantai pasok saat ini untuk mengidentifikasi inefisiensi dalam pola distribusi antar-wilayah.
3. Mengembangkan model *Weighted Scoring* berbasis data untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan *Green Suppliers* yang mampu menyeimbangkan kapasitas pasokan dan dampak lingkungan.
4. Merumuskan rekomendasi kebijakan berbasis analisis PESTLE (*Political, Economic, Social, Technological, Legal, Environmental*) untuk mendukung keberlanjutan program MBG jangka panjang.

Kontribusi kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi algoritma *scoring* kuantitatif dengan data logistik nyata, memberikan bukti empiris (*evidence-based*) bagi pembuat kebijakan untuk merevisi standar pengadaan barang dan jasa pemerintah agar lebih ramah lingkungan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan kerangka kerja yang digunakan, meliputi kerangka kerja konseptual, sumber data, dan prosedur analisis data (*Advanced Analytics*).

2.1. Kerangka Kerja Konseptual

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode simulasi. Landasan teori utama yang digunakan adalah *Green Supply Chain Management (GSCM)*, yang didefinisikan sebagai pengintegrasian pemikiran lingkungan ke dalam manajemen rantai pasok, mulai dari desain produk, pencarian material (*sourcing*), hingga pengiriman akhir [8]. Dalam konteks MBG, fokus GSCM diterapkan pada fase *procurement* dan *logistics*. Pendekatan ini diperkuat dengan *Data-Driven Decision Making*, di mana keputusan strategis didasarkan pada analisis data objektif, bukan intuisi semata [9].

2.2. Sumber dan Akuisisi Data

Penelitian ini memanfaatkan dua kategori data utama untuk membangun model simulasi yang akurat:

1. Data Sekunder (Regulasi & Standar): Data ini diambil dari dokumen resmi pemerintah, terutama *Buku Pedoman Standar Gizi Program Makan Bergizi Gratis (2024)* [1]. Informasi yang diekstraksi meliputi standar porsi, spesifikasi mutu bahan pangan (SNI), dan protokol keamanan pangan. Data ini berfungsi sebagai batasan kualitas (*quality constraints*) dalam model, memastikan bahwa *supplier* terpilih tidak hanya efisien tetapi juga patuh regulasi.
2. Data Operasional (Dataset Logistik): Penelitian ini menggunakan dataset sekunder berupa rekaman transaksi pengiriman logistik untuk komoditas Beras dan Kedelai dengan periode data mencakup operasional Februari 2025 hingga November 2025. Dataset ini mencakup variabel krusial:
 - Titik Asal (*Origin*): Lokasi gudang atau sentra produksi (Gapoktan/Distributor).
 - Titik Tujuan (*Destination*): Lokasi dapur umum atau sekolah penerima.
 - Jarak Tempuh (*d*): Jarak aktual jalan raya dalam satuan kilometer (KM).
 - Volume Pengiriman (*v*): Berat kotor komoditas dalam satuan kilogram (kg) atau ton.

2.3. Prosedur Analisis Data (Advanced Analytics)

Proses analisis dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk menangani komputasi data dalam jumlah besar. Tahapan analisis terdiri dari:

A. Perhitungan Jejak Karbon (Carbon Footprint Calculation)

Langkah pertama adalah menguantifikasi dampak lingkungan. Penelitian ini menggunakan standar *GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3)*, yang mencakup emisi tidak langsung dari aktivitas transportasi [10]. Rumus matematis yang digunakan untuk menghitung total emisi E_{total} adalah:

$$E_{total} = \sum_{i=1}^n (V_i \times d_i \times F_{emisi}) \quad (1)$$

Dimana:

- V_i : Volume muatan dalam ton pada transaksi ke- i .
- d_i : Jarak tempuh dalam km pada transaksi ke- i .
- F_{emisi} : Faktor emisi kendaraan. Dalam studi ini, diasumsikan menggunakan truk diesel Light Commercial Vehicle dengan faktor emisi rata-rata 0,2 kg CO_2 /ton-km, mengacu pada standar logistik di negara berkembang [9].

B. Pengembangan Model Penilaian (Weighted Scoring Model)

Untuk mengevaluasi kinerja supplier, penelitian ini mengembangkan indeks kuantitatif yang disebut Skor Keberlanjutan (S). Model ini dirancang untuk menyelesaikan permasalahan multikriteria dalam pengadaan Program MBG, di mana pengambil keputusan harus menyeimbangkan tujuan yang saling bertentangan, yaitu meminimalkan jarak distribusi dan emisi karbon sebagai representasi efisiensi biaya dan dampak lingkungan, serta memaksimalkan volume pasokan sebagai indikator keamanan pasokan.

Skor Keberlanjutan (S) dikembangkan sebagai indikator komposit berbasis data yang berfungsi sebagai alat bantu pengambilan keputusan (decision support tool) dalam pemilihan supplier berkelanjutan. Indikator ini secara langsung menjawab tujuan penelitian dengan mengintegrasikan dimensi efisiensi logistik, dampak lingkungan, dan keamanan pasokan ke dalam satu nilai kuantitatif, sehingga pemilihan supplier tidak hanya didasarkan pada pertimbangan biaya, tetapi juga pada prinsip keberlanjutan Program MBG.

Proses perhitungan dilakukan dalam dua tahap:

1. Tahap 1: Normalisasi Data (*Min-Max Scaling*) Karena variabel Jarak (km), Emisi (kgCO₂), dan Volume (Ton) memiliki satuan yang berbeda, dilakukan normalisasi agar semua nilai berada dalam rentang 0 hingga 1 [11].
 - Untuk Kriteria "Semakin Kecil Semakin Baik" (Jarak & Emisi): Nilai dibalik agar skor tinggi merepresentasikan kinerja yang baik (jarak pendek/emisi rendah).

$$N_{cost} = \frac{Max-X}{Max-Min} \quad (2)$$

- o Untuk Kriteria "Semakin Besar Semakin Baik" (Volume):

$$N_{benefit} = \frac{X - Min}{Max - Min} \quad (3)$$

2. Tahap 2: Formulasi Skor Akhir (S) Skor Keberlanjutan (S) dihitung dengan menjumlahkan nilai terbobot dari ketiga variabel tersebut. Rumus ini merepresentasikan strategi sourcing yang diusulkan:

$$S = (0.40 \times N_d) + (0.30 \times N_e) + (0.30 \times N_v) \quad (4)$$

Dimana:

- N_d (Efisiensi Jarak): Komponen ini memastikan *supplier* terpilih memiliki jarak tempuh minimal untuk menjaga kesegaran pangan (*perishability*).
- N_e (Efisiensi Lingkungan): Komponen ini mengukur kontribusi *supplier* terhadap target dekarbonisasi program.
- N_v (Keamanan Pasokan): Komponen ini memvalidasi kapabilitas *supplier* dalam memenuhi permintaan volume besar (*economies of scale*).

Nilai S yang mendekati 1,00 mengindikasikan *supplier* ideal yang mampu menyeimbangkan efisiensi logistik, keramahan lingkungan, dan kapasitas pasokan.

C. Penentuan Bobot Variabel

Penentuan bobot (w) didasarkan pada prioritas strategis program MBG yang disintesis dari literatur manajemen risiko rantai pasok [12], [13]:

- $w_1 = 40\%$ (Efisiensi Logistik/Jarak): Diberikan bobot tertinggi karena jarak berkorelasi langsung dengan kesegaran bahan pangan (*perishability*) dan biaya transportasi. Jarak pendek adalah kunci utama keamanan pangan.
- $w_2 = 30\%$ (Dampak Lingkungan): Mencerminkan komitmen terhadap keberlanjutan. Emisi harus ditekan, namun tidak boleh mengorbankan ketersediaan pangan.
- $w_3 = 30\%$ (Keamanan Pasokan/Volume): Volume besar menjamin kontinuitas operasional. Dalam program skala nasional, *supplier* kecil dengan volume fluktuatif memiliki risiko stock-out yang tinggi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Profil Statistik Rantai Pasok dan Jejak Karbon

Hasil eksekusi model analitik pada dataset Beras dan Kedelai mengungkapkan fakta kuantitatif mengenai beban lingkungan program MBG. Total emisi karbon yang dihasilkan dari sampel transaksi logistik mencapai angka 112.117,12 kg CO_2 (setara dengan 112,11 ton). Angka ini bukan jumlah yang trivial. Sebagai perbandingan, satu pohon dewasa rata-rata menyerap sekitar 22 kg CO_2 per tahun. Artinya, untuk menebus emisi dari aktivitas logistik sampel ini saja, diperlukan penanaman sekitar 5.096 pohon. Temuan ini memvalidasi hipotesis bahwa tanpa intervensi Green Logistics, program MBG berpotensi menjadi kontributor emisi yang signifikan.

Analisis lebih lanjut pada variabel jarak menunjukkan rata-rata jarak tempuh distribusi sebesar 297 KM. Angka ini mengindikasikan bahwa pola distribusi pangan saat ini masih bersifat Regional (lintas kabupaten dalam satu provinsi atau antar-provinsi berdekatan), belum mencapai tahap Hiper-Lokal (<50 KM) yang dicita-citakan dalam konsep Community-Based Food Systems. Jarak rata-rata hampir 300 KM ini membawa implikasi risiko:

1. Risiko Mutu: Semakin lama waktu tempuh, semakin tinggi risiko degradasi nutrisi, terutama untuk sayuran atau bahan segar, kecuali didukung armada berpendingin (*reefer truck*) yang memadai.
2. Risiko Biaya: Biaya bahan bakar minyak (BBM) berbanding lurus dengan jarak. Fluktuasi harga minyak dunia akan langsung berdampak pada inflasi biaya per porsi makanan.

3.2. Evaluasi Kinerja Supplier (Green Sourcing Analysis)

TABEL 1. Peringkat Green Supplier Rekomendasi Sistem (Agregasi Pengiriman Februari–November)

Peringkat	Asal Pasokan	Tujuan	Jarak (KM)	Volume (Kg)	Emisi (kg CO_2)	Skor Akhir
1	Kab. Pelalawan	Kab. Siak	191	21000	2.387	0,89
2	Kab. Malang	Kota Malang	15	41500	124	0,86
3	Gapoktan Sampang	Sampang	10	25000	50	0,80
4	Gapoktan Sigi	Sigi	12	25000	60	0,80

Penerapan algoritma *Weighted Scoring Model* menghasilkan peringkat kinerja *supplier* yang memberikan wawasan strategis. Dalam penelitian ini, nilai Skor Keberlanjutan (S) berada pada rentang 0–1. Nilai yang mendekati 1 menunjukkan *supplier* dengan kinerja keberlanjutan optimal, sedangkan nilai mendekati 0

menunjukkan kinerja yang kurang optimal dari perspektif efisiensi logistik, lingkungan, dan keamanan pasokan. Tabel 1 menampilkan 4 rute pasokan dengan skor keberlanjutan tertinggi, lengkap dengan data volume pengirimannya.

3.3. Diskusi Mendalam: Fenomena Trade-off Volume vs Jarak

Analisis terhadap Tabel 1 memunculkan temuan menarik yang menantang asumsi umum bahwa "Jarak Terdekat Selalu Terbaik".

A. Kasus Pemenang: Kab. Pelalawan ke Kab. Siak (Skor 0,89)

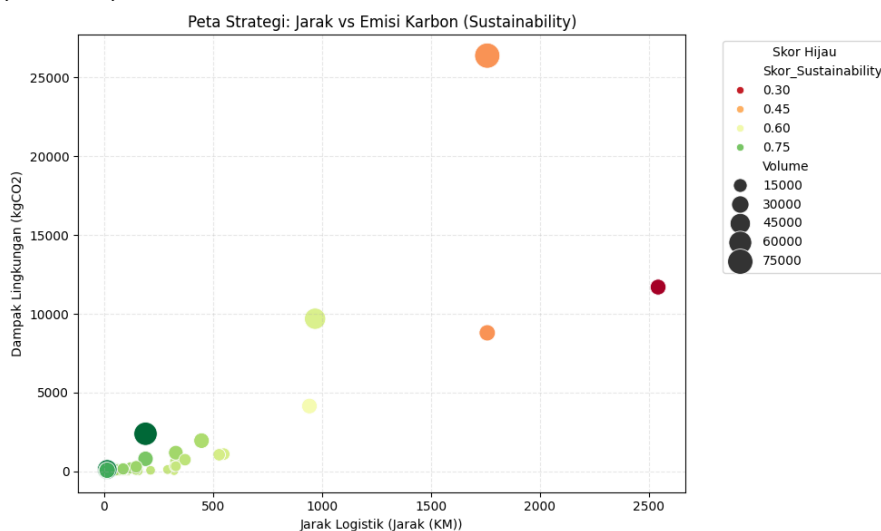
Rute ini menempati peringkat pertama meskipun jarak tempuhnya 191 KM, jauh lebih panjang dibandingkan rute Malang (15 KM). Mengapa algoritma memenangkan rute ini? Jawabannya terletak pada variabel Volume. *Supplier* dari Pelalawan mampu mengirimkan volume komoditas dalam jumlah yang sangat masif dalam satu kali pengiriman (*bulk shipment*). Dalam perspektif logistik, pengiriman volume besar jarak menengah seringkali lebih efisien secara emisi *per unit barang* dibandingkan pengiriman volume kecil berulang-ulang (*frequency deliveries*). Selain itu, skor keamanan pasokan (Volume) yang tinggi memberikan bobot signifikan. Ini merepresentasikan karakteristik *Supplier Strategis*: mitra yang andal untuk memenuhi kebutuhan dapur umum pusat yang melayani puluhan ribu siswa sekaligus. Ketahanan pasokan (*Supply Security*) di sini menjadi faktor penentu. Dalam algoritma ini, bobot Keamanan Pasokan (*Supply Security*) memberikan nilai tinggi pada *supplier* yang mampu memenuhi kebutuhan skala besar dalam satu kali pengiriman. Ini merepresentasikan efisiensi *economies of scale*: meskipun emisi total tinggi, emisi per kilogram bahan pangan relatif rendah, dan risiko *stock-out* sangat minim.

B. Kasus Runner-up: Malang dan Sampang (Skor 0,80 - 0,86)

Rute di Malang dan Sampang merepresentasikan model ideal Hiper-Lokal. Jarak tempuh di bawah 20 KM menghasilkan emisi yang nyaris nol secara relatif. Namun, skor mereka tertahan di angka 0,80-0,86 karena volume pasokan yang relatif kecil. Tipe *supplier* ini merepresentasikan Gapoktan (Gabungan Kelompok Tani) lokal. Meskipun mereka sangat ramah lingkungan, mereka memiliki risiko *stock-out* jika dipaksa memenuhi permintaan mendadak dalam jumlah raksasa. Peran ideal mereka dalam ekosistem MBG adalah sebagai *agregator lokal* atau penyangga (*buffer*) untuk desentralisasi titik distribusi.

C. Visualisasi Peta Strategi

Untuk memperjelas analisis ini, visualisasi *scatter plot* (Gambar 1) memetakan hubungan antara Jarak (Sumbu X) dan Emisi (Sumbu Y).



GAMBAR 1. Peta Strategi Sourcing: Trade-off antara Jarak Logistik dan Emisi Karbon

Grafik tersebut menunjukkan pola linear positif: semakin jauh jarak, semakin tinggi emisi. Namun, gradasi warna (Skor Keberlanjutan) menunjukkan bahwa titik-titik dengan ukuran lingkaran besar (Volume Besar) tetap bisa berwarna "Hijau" (Skor Tinggi) meskipun berada di jarak menengah. Ini mengonfirmasi bahwa strategi *sourcing* MBG harus bersifat hibrida (*Mix-Sourcing Strategy*).

3.4 Analisis Implikasi Manajerial Berbasis PESTLE

Temuan data di atas memiliki implikasi luas jika ditinjau melalui kerangka kerja PESTLE:

1. Political (Politik): Temuan rata-rata jarak 297 KM menunjukkan ketergantungan antar-daerah yang tinggi. Pemerintah perlu memperkuat kebijakan Ketahanan Pangan Daerah agar setiap kabupaten mampu

memproduksi kebutuhan dasarnya sendiri, mengurangi ketergantungan logistik lintas provinsi yang rentan isu politis otonomi daerah.

2. **Economic (Ekonomi):** Penggunaan supplier volume besar (seperti kasus Pelalawan) mendukung efisiensi anggaran melalui Economies of Scale. Biaya per unit menjadi lebih murah. Namun, diversifikasi ke supplier lokal (kasus Malang) diperlukan untuk menggerakkan ekonomi kerakyatan sesuai tujuan program [2].
3. **Social (Sosial):** Prioritas pada supplier lokal (jarak pendek) berdampak langsung pada kesejahteraan petani kecil. Sistem scoring dapat dimodifikasi untuk memberikan "poin bonus" bagi Gapoktan yang memberdayakan petani marginal, menciptakan dampak sosial positif (Social Impact).
4. **Technological (Teknologi):** Tingginya emisi pada rute jauh menuntut adopsi teknologi. Penggunaan truk listrik (EV Logistics) atau optimalisasi rute berbasis AI (Route Optimization) menjadi imperatif teknologi untuk rute >100 KM guna menekan emisi [13].
5. **Legal (Hukum):** Kepatuhan terhadap SNI [1] menjadi hard constraint. Supplier jarak jauh wajib memiliki sertifikasi Good Distribution Practice (GDP) untuk menjamin mutu pangan tidak rusak selama perjalanan 297 KM tersebut, sesuai amanat UU Pangan [1].
6. **Environmental (Lingkungan):** Data emisi 112 ton CO_2 menjadi dasar bagi pemerintah untuk menetapkan target Net Zero dalam program MBG. Penerapan pajak karbon atau insentif hijau bagi supplier rendah emisi dapat dipertimbangkan

4. KESIMPULAN

4.1. Simpulan Penelitian

Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa penerapan Advanced Analytics pada data logistik program MBG dapat memberikan wawasan krusial yang tidak terlihat dalam metode pengadaan konvensional. Tiga simpulan utama yang dihasilkan adalah:

1. **Visibilitas Dampak Lingkungan:** Aktivitas logistik MBG memiliki jejak karbon yang signifikan (112,11 ton CO_2 pada sampel studi). Tanpa intervensi, program ini berisiko membebani lingkungan.
2. **Efektivitas Model Scoring:** Algoritma Weighted Scoring Model terbukti efektif menyeimbangkan trade-off antara efisiensi jarak dan keamanan volume. Supplier terbaik bukanlah yang terdekat secara mutlak, melainkan yang paling optimal secara kapasitas dan jarak.
3. **Pentingnya Diversifikasi:** Struktur rantai pasok yang ideal untuk MBG adalah kombinasi antara Supplier Strategis (Volume Besar, Jarak Menengah) untuk kestabilan stok utama, dan Supplier Lokal (Volume Kecil, Jarak Pendek) untuk keberlanjutan lingkungan dan ekonomi rakyat.

4.2. Rekomendasi Kebijakan

Berdasarkan temuan ini, direkomendasikan kepada Badan Gizi Nasional dan pemangku kepentingan terkait untuk:

1. Mengadopsi sistem penilaian kinerja vendor berbasis data yang memasukkan parameter emisi karbon sebagai kriteria seleksi, bukan hanya harga.
2. Memprioritaskan kontrak jangka panjang dengan supplier yang memiliki Skor Sustainability > 0,80.
3. Melakukan investasi pada infrastruktur gudang penyangga (hub) di tingkat kabupaten untuk menurunkan rata-rata jarak tempuh nasional dari 297 KM menjadi di bawah 100 KM.

4.3. Keterbatasan dan Saran Penelitian Lanjut

Penelitian ini terbatas pada komoditas Beras dan Kedelai. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mencakup komoditas rantai dingin (*cold chain*) seperti daging dan susu yang memiliki faktor emisi energi pendingin lebih tinggi. Selain itu, integrasi data real-time dari sensor IoT pada armada truk dapat meningkatkan akurasi perhitungan emisi di masa depan

REFERENSI

- [1] "Standar Gizi dan Makanan Program Makan Bergizi Gratis," 2024.
- [2] "Nutrition guidelines and standards for school meals: A report from 33 low and middle-income countries," 2019.
- [3] A. Rejeb, J. G. Keogh, and K. Rejeb, "Big data in the food supply chain: a literature review," *Journal of Data, Information and Management*, vol. 4, no. 1, pp. 33–47, Mar. 2022, doi: 10.1007/s42488-021-00064-0.
- [4] "UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 18 TAHUN 2012," 2012.

- [5] J. Elkington, "Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business," *Environmental Quality Management*, vol. 8, no. 1, pp. 37–51, 1998, doi: 10.1002/tqem.3310080106.
- [6] M. Sharma, S. Luthra, S. Joshi, and A. Kumar, "Developing a framework for enhancing survivability of sustainable supply chains during and post COVID-19 pandemic," 2022.
- [7] D. Ivanov, "Viable supply chain model: integrating agility, resilience and sustainability perspectives—lessons from and thinking beyond the COVID-19 pandemic," *Ann Oper Res*, vol. 319, no. 1, pp. 1411–1431, Dec. 2022, doi: 10.1007/s10479-020-03640-6.
- [8] S. K. Srivastava, "Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review," Mar. 2007. doi: 10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x.
- [9] A. C. . McKinnon, *Green logistics : improving the environmental sustainability of logistics*. Kogan Page, 2010.
- [10] *The greenhouse gas protocol : the GHG protocol for project accounting*. World Business Council for Sustainable Development ; World Resources Institute, 2005.
- [11] K. Govindan, S. Rajendran, J. Sarkis, and P. Murugesan, "Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: A literature review," *J Clean Prod*, vol. 98, pp. 66–83, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.06.046.
- [12] R. A. Hadiguna, "Manajemen Rantai Pasok Agroindustri: Pendekatan Berkelanjutan untuk Pengukuran Kinerja dan Penilaian Risiko," 2016.
- [13] D. Ivanov and A. Dolgui, "A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0," *Production Planning and Control*, vol. 32, no. 9, pp. 775–788, 2021, doi: 10.1080/09537287.2020.1768450