

MODEL GREEN LOGISTIK PADA PROSES INDUSTRI DAN PENGGUNAAN PRODUK (IPPU) DI INDUSTRI SEMEN UNTUK MENURUNKAN EMISI KARBON DIOKSIDA

Denny Noviansyah¹, Danie Hayam Mada², Sita Aniisah Sholihah³, Achmad Muhyidin Arifa'i⁴, Angel Farahnia Yasir⁵

¹ITL Trisakti, JF Analis Kebijakan, Sekretariat BPSDM, KemenDes PDPT, Indonesia

^{2,3,4,5}Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jakarta Timur, Indonesia

Email: ¹dhenov@gmail.com, ²daniehayam@yahoo.com, ³sitaaniisah@itltrisakti.ac.id, ⁴muhyidin@lecturer.itltrisakti.ac.id, ⁵angelfarxz@gmail.com

Abstrak. Pada perkembangan globalisasi saat ini, salah satu sektor industri yang terus berkembang setiap tahunnya adalah industri semen karena semen merupakan bahan utama dalam proses pembangunan. Lembaga penelitian menyebutkan bahwa, semen menyumbang sekitar 8% di dunia emisi karbon dioksida (CO₂) dan yang terbesar berasal dari proses industri dan penggunaan produk (IPPU) sehingga konsep logistik ramah lingkungan dapat diimplementasikan untuk mengurangi emisi CO₂. Penelitian ini menggunakan metode Sistem Dinamik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan baku alternatif serta bahan bakar alternatif dapat menurunkan emisi CO₂ yang dihasilkan dari proses produksi semen. Hal tersebut dibuktikan dari hasil skenario pertama yaitu Business as Usual sebesar 334.90 KgCO₂ lalu menurun 38,2% atau menjadi 207.02 KgCO₂ pada skenario kedua yaitu penggunaan bahan baku alternatif, dan pada skenario ketiga yaitu penggunaan bahan bakar alternatif juga menurun sebesar 68,9% atau menjadi 100.88 KgCO₂.

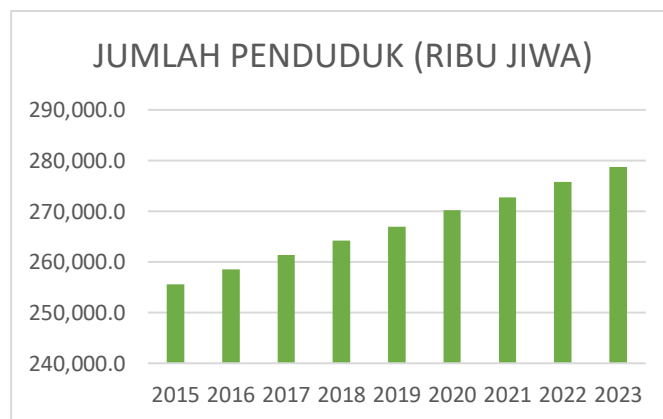
Kata kunci: Industri Semen, Emisi Karbon Dioksida, Mitigasi Emisi, Sistem Dinamik, *Environmental Social Governance*

Abstract. In the current development of globalization, one of the industrial sectors that continues to grow every year is the cement industry because cement is the main material in the construction process. Research institutions state that cement contributes around 8% of the world's carbon dioxide (CO₂) emissions and the largest comes from industrial processes and product use (IPPU) so that the concept of environmentally friendly logistics can be implemented to reduce CO₂ emissions. This study uses the Dynamic System method. The results of the study show that the use of alternative raw materials and alternative fuels can reduce CO₂ emissions generated from the cement production process. This is evidenced by the results of the first scenario, namely Business as Usual, which is 334.90 KgCO₂, then decreased by 38.2% or to 207.02 KgCO₂ in the second scenario, namely the use of alternative raw materials, and in the third scenario, namely the use of alternative fuels, it also decreased by 68.9% or to 100.88 KgCO₂.

Keywords: Cement Industry, Carbon Dioxide Emissions, Emission Mitigation, System Dynamics, *Environmental Social Governance*

1. PENDAHULUAN

Pada perkembangan globalisasi saat ini, industri merupakan salah satu faktor yang memberikan dampak luas terhadap suatu negara. Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 Tentang Perindustrian merupakan salah satu upaya pemerintah dalam mengatur dan memfasilitasi mengenai perkembangan industri di Indonesia. Salah satu sektor industri yang terus berkembang setiap tahunnya adalah sektor industri semen. Hal tersebut terjadi seiring dengan pertumbuhan populasi sehingga infrastruktur di Indonesia juga mengalami peningkatan karena semen merupakan bahan utama dalam proses pembangunan. Berikut adalah jumlah pertumbuhan populasi di Indonesia dari tahun 2013 hingga tahun 2023.



Gambar 1. 1 Jumlah pertumbuhan penduduk di Indonesia
(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2024)

Berdasarkan grafik tersebut, pertumbuhan penduduk setiap tahunnya terus meningkat sehingga akan berpengaruh terhadap jumlah produksi semen dikarenakan semen merupakan bahan utama dalam pembangunan infrastruktur. Jumlah produksi semen dari tahun 2015 hingga tahun 2023 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1: Jumlah produksi semen

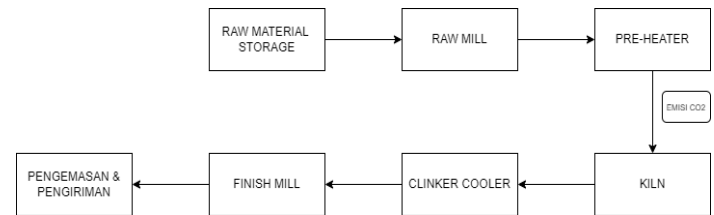
Tahun	Jumlah produksi semen (Juta Ton)
2015	59,1
2016	65
2017	69,1
2018	72,2
2019	73,9
2020	71,3
2021	73
2022	69,6
2023	68,2

Berdasarkan data tersebut, jumlah produksi semen cenderung meningkat setiap tahunnya walaupun terjadi penurunan jumlah produksi semen pada tahun 2023. Dengan perkembangan sektor industri tersebut, para pelaku industri harus bijak mengenai dampak yang akan ditimbulkan dari kegiatan industri itu sendiri. Lembaga Penelitian Chatam House menyebutkan bahwa, semen adalah sumber emisi CO₂ sekitar 8% di dunia. Emisi karbon dioksida salah satunya ditimbulkan dari proses industri dan penggunaan produk (IPPU). Sebagai respon terhadap permasalahan tersebut, konsep logistik ramah lingkungan atau *green logistics* dapat diimplementasikan untuk mengurangi emisi karbon dioksida. Selain itu, pemerintah sebagai pihak regulator membuat peraturan mengenai panduan pengurangan emisi CO₂ untuk industri semen di Indonesia. Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Peta Panduan Pengurangan Emisi CO₂ Industri Semen di Indonesia merupakan dokumen perencanaan nasional yang memuat sasaran, strategi, kebijakan, dan program rencana aksi dalam upaya pengurangan emisi CO₂ industri semen di Indonesia dalam kurun waktu 10 tahun. Dalam kurun waktu 5 tahun terakhir diberlakukannya peraturan tersebut, penurunan emisi CO₂ spesifik secara wajib adalah 3% dari yang dihasilkan per ton semen.

Pada penelitian ini, berfokus pada penggunaan bahan baku alternatif serta bahan bakar alternatif dalam proses pembuatan semen. Penggunaan bahan baku alternatif berupa *flyash* atau abu terbang dan *bottom ash* atau limbah hasil dari pembakaran batubara dalam proses produksi semen. Lalu untuk penggunaan bahan bakar alternatif menggunakan RDF atau *Refuse Derived Fuel*. RDF merupakan hasil dari pengolahan sampah yang telah diolah kembali sehingga berbentuk butiran kecil atau biasa disebut dengan keripik sampah. Penerapan logistik ramah lingkungan sangat diperlukan untuk masa depan global yang berkelanjutan. Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan praktik bisnis yang berkelanjutan, maka prinsip kerja

Environmental, Social, and Governance (ESG) semakin diterapkan oleh perusahaan-perusahaan di seluruh dunia. Prinsip ESG mendorong perusahaan untuk memerhatikan aspek lingkungan, sosial, serta standar tata kelola yang baik sehingga dapat menciptakan inovasi dan daya saing perusahaan sekaligus memitigasi risiko yang terjadi di masa yang akan datang (Institute for Sustainability and Agility, 2023).

Berikut adalah diagram proses produksi semen.



Gambar 1. 2 Proses produksi semen

Dalam proses pengolahan semen dimulai dari penyimpanan bahan baku batu kapur yang kemudian masuk ke tahap *raw mill* yaitu proses pengeringan dan penggilingan bahan baku. Selanjutnya bahan baku masuk ke proses pemanasan pertama yang biasa disebut dengan proses *pre-heater*. Pada proses ini, batu kapur dipanaskan untuk memisahkan gas dengan material itu sendiri (Aurellia et al., 2021). Tujuan dari pemanasan awal adalah untuk mengurangi perbedaan temperatur yang tinggi sehingga dapat meminimalkan jumlah energi yang digunakan. Setelah itu, bahan baku setengah jadi tersebut dilanjutkan dengan proses pembakaran sempurna yang disebut kalsinasi atau klinkerisasi pada suhu 1450°C didalam alat berputar yang bernama *rotary kiln*. Setelah melalui pembakaran, klinker tersebut kemudian didinginkan dengan suhu mencapai 100-200°C. Lalu selanjutnya, klinker masuk ke tahap finish mill yaitu penggilingan klinker dengan beberapa persen campuran bahan lainnya. Tahap terakhir dari produksi semen adalah tahap pengemasan produk semen. Produk semen yang akan dikirimkan dapat berupa semen curah atau semen kantong.

Dalam industri semen, emisi karbon dioksida langsung yang dihasilkan dari sumber-sumber berikut;

- Kalsinasi atau proses pembakaran bahan baku
- Pembakaran bahan bakar fosil konvensional dan alternatif
- pembakaran bahan bakar pada instalasi pembangkit listrik

Sehingga permasalahan penelitian tersebut adalah bagaimana upaya untuk menurunkan emisi karbon dioksida pada proses produksi semen.

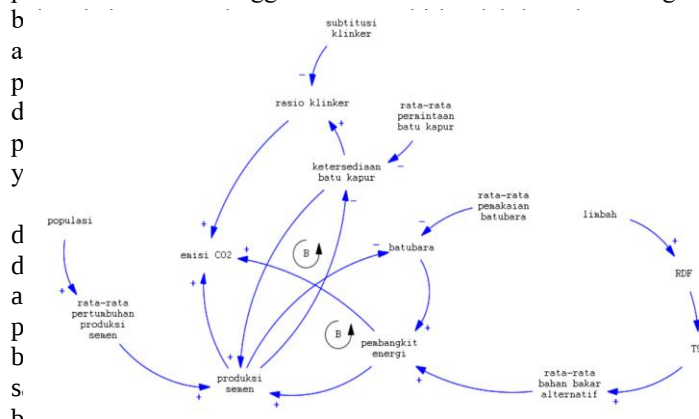
2. LANDASAN TEORI

Logistik hijau berdasarkan (Lai & Wong, 2012) (Seroka-Stolka, 2014) (Zhang et al., 2020) secara sederhana yaitu cara meminimalkan dampak lingkungan dan jejak karbon dari aktivitas logistik, seperti produksi, penyimpanan, pengemasan, sampai kepada pengiriman sebagai solusi keberlanjutan dengan melibatkan berbagai pihak logistik sehingga sumber daya logistik dapat dimanfaatkan secara maksimal.

Menurut bank dunia, emisi karbon dioksida merupakan hasil dari pembakaran bahan bakar fosil. Hal ini mencakup karbon dioksida yang dihasilkan selama konsumsi bahan bakar padat, cair dan gas. Emisi karbon dioksida (CO₂) adalah salah satu jenis emisi gas rumah kaca yang menjadi penyebab atas terjadinya pemanasan global. Emisi karbon banyak dihasilkan dari proses manufaktur, transportasi, serta pemanasan untuk menghasilkan listrik untuk keperluan produksi barang atau jasa yang dikonsumsi (Aldersa et al., 2021) (Kristina, 2021) (IPCC, 2023).

perubahan.

Pada skenario kedua adalah skenario penggunaan bahan baku alternatif dalam proses produksi semen (2). Penerapan bahan baku alternatif merupakan sebuah skenario mitigasi aksi penurunan emisi karbon dioksida pada industri semen. Limbah padat yang berasal dari sektor industri lain seperti abu terbang atau *flyash* dan *bottom ash* atau limbah padat sisa pembakaran batubara dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam produksi semen. Penggunaan bahan baku alternatif sebagai

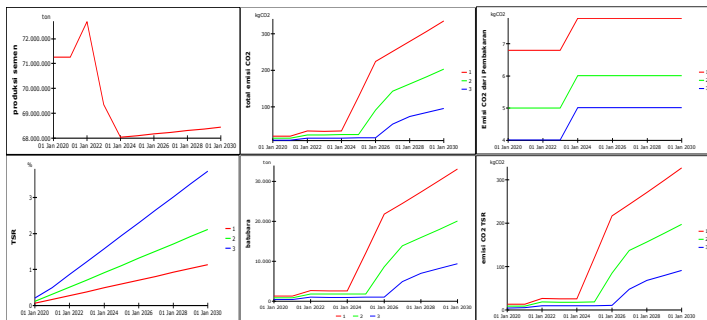


Berikut adalah model stock flow diagram berdasarkan diagram sebab akibat yang telah dibuat dan dengan ketiga skenario yang telah dijelaskan.

Berdasarkan stock flow diagram tersebut, didapatkan hasil simulasi berbentuk grafik sebagai berikut;

Grafik produksi semen yang berada di kiri atas menunjukkan bahwa jumlah pertumbuhan produksi semen setiap tahunnya meningkat stabil dari tahun 2025 hingga tahun 2030 walaupun terjadi penurunan produksi semen pada tahun 2024. Pada grafik tersebut, skenario *Business as Usual* ditandai dengan garis berwarna merah (1), skenario penggunaan bahan baku alternatif ditandai dengan garis hijau (2), dan skenario penggunaan bahan bakar alternatif ditandai dengan warna biru (3). Hasil menunjukkan bahwa jumlah emisi CO₂ yang dikeluarkan setiap tahunnya menurun stabil dikarenakan adanya upaya penggunaan bahan baku alternatif serta bahan bakar alternatif dalam proses produksi semen. Lalu berdasarkan dari hasil simulasi *stock flow diagram* penggunaan bahan baku alternatif didapatkan bahwa penggunaan bahan baku alternatif pada proses produksi semen dapat menurunkan emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran klinker. Pada jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran batu kapur menjadi klinker dengan penggunaan bahan baku alternatif hasilnya lebih rendah daripada pembakaran dengan tanpa menggunakan bahan baku alternatif. Hal tersebut dibuktikan dari hasil simulasi yaitu pada kondisi *Business as Usual* sebesar 7.79 KgCO₂ lalu menurun pada skenario penggunaan bahan baku alternatif menjadi 6.01 KgCO₂. Sedangkan dalam penggunaan bahan bakar alternatif, pada tahun 2030 dengan kondisi *Business as Usual* jumlah emisi CO₂ dari TSR adalah sebesar 327.11 KgCO₂, lalu mengalami penurunan pada skenario ketiga yaitu menjadi sebesar 95.87 KgCO₂.

Dapat dilihat pada gambar grafik jumlah total emisi CO₂ yang dikeluarkan dari proses produksi semen pada gambar kedua bagian atas. Grafik garis kedua dan ketiga menunjukkan kecenderungan penurunan jumlah total emisi CO₂ dibandingkan dengan skenario pertama. Berikut adalah jumlah total emisi CO₂ yang dihasilkan dari simulasi *stock flow diagram* dengan skenario *Business as Usual*, skenario penggunaan bahan baku alternatif, dan skenario penggunaan bahan bakar alternatif.



Gambar 4. 2 Hasil simulasi penggunaan bahan baku dan bahan bakar alternatif

Tabel menunjukkan pada tahun 2030 dengan penggunaan bahan baku alternatif serta bahan bakar alternatif akan

menurunkan emisi CO₂ yang dihasilkan dari proses produksi semen, yaitu dari skenario pertama sebesar 334.90 KgCO₂ lalu menurun hingga 207.02 KgCO₂ dan pada skenario ketiga juga menurun hingga sebesar 100.88 KgCO₂. Hasil simulasi tersebut merupakan upaya yang dilakukan dalam mitigasi emisi karbon dioksida di industri semen dan dapat tercapai pada tahun 2030 dengan melakukan pengelolaan bahan baku serta bahan bakar dalam proses produksi semen.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka dengan penerapan logistik ramah lingkungan berupa penggunaan bahan baku alternatif serta bahan bakar alternatif dalam proses produksi semen akan memengaruhi prinsip kerja *Environmental, Social, and Governance* (ESG). Dalam prinsip lingkungan dengan penggunaan bahan baku alternatif, maka industri semen dapat memanfaatkan limbah industri lain sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Bahan bakar alternatif yang digunakan juga berperan dalam menjaga ketersediaan sumber daya alam. Prinsip *social* akan tercermin dalam industri semen apabila dalam penerapan prinsip *environmental* dilakukan secara maksimal (Puspitasari et al., 2017). Hal tersebut membuktikan bahwa industri semen peduli terhadap dampak negatif dari lingkungan yang akan terjadi pada masyarakat. Prinsip tata kelola juga dipengaruhi oleh prinsip lingkungan dan prinsip sosial. Prinsip tata kelola yang baik merupakan bentuk pertanggungjawaban perusahaan sehingga dapat menjalankan bisnis berkelanjutan dengan menghasilkan produk serta layanan inovatif yang akan memberi nilai tambah pada aspek lingkungan dan sosial.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dipaparkan, maka didapatkan simpulan penelitian sebagai berikut;

1. Permasalahan dalam industri semen ada pada tingginya emisi CO₂ yang dihasilkan selama proses

Time	total emisi CO2 (kgCO2)
01 Jan 2020	{19,59; 13,75; 8,68}
01 Jan 2021	{19,73; 13,90; 8,80}
01 Jan 2022	{33,63; 23,58; 14,16}
01 Jan 2023	{32,67; 23,02; 13,93}
01 Jan 2024	{33,46; 23,98; 14,97}
01 Jan 2025	{127,80; 24,30; 15,23}
01 Jan 2026	{224,40; 92,12; 15,48}
01 Jan 2027	{251,10; 145,16; 54,88}
01 Jan 2028	{278,40; 165,11; 76,19}
01 Jan 2029	{306,33; 185,72; 88,26}
01 Jan 2030	{334,90; 207,02; 100,88}

334.90 KgCO₂ lalu menurun hingga 207.02 KgCO₂ pada penggunaan bahan baku alternatif dan pada skenario ketiga penggunaan bahan bakar alternatif juga menurun hingga sebesar 100.88 KgCO₂.

2. Pada penelitian ini, belum mempertimbangkan teknologi yang digunakan dalam proses produksi semen sehingga pada penelitian selanjutnya hal tersebut dapat dipertimbangkan. Selain itu, pemerintah sedang melakukan perancangan peta jalan mengenai dekarbonisasi industri yaitu proses pengurangan emisi karbondioksida yang dihasilkan oleh sektor industri sehingga hal tersebut juga dapat dijadikan pertimbangan pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldersa, S. S., Faturachman, M. R., Suryobuwono, A., & Sholihah, S. (2021). the Effect of Electric Car Use on Greenhouse Gas Emissions in Jakarta. *Advances in ...*, 5778, 40–47. <https://proceedings.itltrisakti.ac.id/index.php/ATLR/article/view/373%0Ahttps://proceedings.itltrisakti.ac.id/index.php/ATLR/article/download/373/406>
- Aurellia, T., Negeri Sriwijaya, P., & Baturaja, S. (2021). *Analisis Efisiensi Suspension Preheater Ditinjau Dari Besarnya Derajat Pemisahan Antara Debu Dan Umpan Kalsiner Di PT Semen Baturaja (Persero) Tbk.* 3(1).
- Institute for Sustainability and Agility. (2023). *Environmental, Social and Governance*. Indonesia: KADIN Indonesia.
- IPCC. (2023). Summary for Policymakers: Synthesis Report. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1–34.
- Junianto, I., Sunardi, & Sumiarsa, D. (2023). The Possibility of Achieving Zero CO2 Emission in the Indonesian Cement Industry by 2050: A Stakeholder System Dynamic Perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/su15076085>
- Kristina. (2021, November 4). *Apa Itu Emisi Karbon? Kenali Penyebab, Dampak, dan Cara Mengurangnya*. Retrieved from detikEdu: <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5796741/apa-itu-emisi-karbon-kenali-penyebab-dampak-dan-cara-mengurangnya>
- Lai, K. hung, & Wong, C. W. Y. (2012). Green logistics management and performance: Some empirical evidence from Chinese manufacturing exporters. *Omega*, 40(3), 267–282. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.07.002>
- Machfudiyanto, R. A., Chen, J. H., Latief, Y., Rachmawati, T. S. N., Arifai, A. M., & Firmansyah, N. (2023). Applying Association Rule Mining to Explore Unsafe Behaviors in the Indonesian Construction Industry. *Sustainability (Switzerland)*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/su15065261>
- Nasution, N. A. S., Pratiwi, S. W., & Hakim, M. L. (2024). Green Supply Chain Implementation on Tempeh Industry in North Jakarta. *Dinasti International Journal of Digital Business and Management*, 5(2), 391–399.
- Noviansyah, Denny.(2022). Model of Seaweed Supply Chain Development by Village Owned Enterprises (Bumdes) to Fulfill The Needs of Seaweed and Its Derivative Products. *Proceeding International Conference on Empowerment of Rural Communities*, BPSDM. Kemendes PDTT. Hal. 337-352. ISSN: 1964-8068.
- Puspitasari, Z. N., Wicaksono, F., Agusinta, L., Octaviani, R. D., & Bijaksana, G. (2017). Optimization Green Logistics To Build Efficiency and Environmental Friendly. *Advances in Transportation and Logistics Research*, 99–102.
- Seroka-Stolka, O. (2014). The Development of Green Logistics for Implementation Sustainable Development Strategy in Companies. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 151, 302–309. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.028>
- Zhang, W., Zhang, M., Zhang, W., Zhou, Q., & Zhang, X. (2020). What influences the effectiveness of green logistics policies? A grounded theory analysis. *Science of the Total Environment*, 714, 136731. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136731>

