

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak terjadinya Revolusi Industri, kemajuan pesat di bidang manufaktur telah berperan besar dalam mendorong pertumbuhan ekonomi global. Namun demikian, ekspansi sektor ini juga berkontribusi signifikan terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) yang mempercepat terjadinya perubahan iklim. Berdasarkan laporan *Global Carbon Atlas (2023)*, total emisi karbon dioksida (CO₂) global pada tahun 2022 tercatat sebesar 37,4 gigaton, dengan peningkatan hampir 1% dibandingkan tahun sebelumnya. Indonesia tercatat berada pada peringkat keenam sebagai negara dengan tingkat emisi terbesar secara global. Dari total emisi tersebut, sekitar 37% di antaranya bersumber dari kegiatan sektor industri manufaktur yang menjadi salah satu kontributor utama (*World Resources Institute, 2024*). Kondisi ini semakin diperparah dengan penggunaan energi berbasis fosil pada sektor transportasi yang menyumbang 24% dari total emisi energi global (*International Energy Agency, 2023*). Emisi di sektor energi Indonesia diproyeksikan terus meningkat signifikan tanpa adanya kebijakan mitigasi yang kuat (Pramita dkk., 2023). Selain itu, aktivitas industri dan sektor pangan di Indonesia juga menjadi kontributor besar emisi GRK sehingga memerlukan strategi pengelolaan lintas sektor yang lebih komprehensif (Sinatrya dkk., 2024). Emisi lain muncul dari penggunaan pupuk nitrogen yang berlebihan pada aktivitas agrikultur, Gas dinitrogen oksida (N₂O) diketahui memiliki nilai potensi pemanasan global

(*Global Warming Potential/GWP*) yang sangat tinggi, yaitu sekitar 273 kali lipat lebih besar dibandingkan karbon dioksida (CO₂) dalam periode waktu yang sama (Fathia dkk., 2024). Kondisi serupa juga ditemukan pada industri kopi di Indonesia, di mana perbedaan sistem produksi organik dan konvensional memberikan perbedaan signifikan terhadap konsumsi energi dan emisi karbon (Hasan dkk., 2024). Penelitian di Brasil juga memperlihatkan bahwa budidaya gandum memberikan kontribusi hingga 98% dari total emisi siklus hidup tepung terigu akibat penggunaan pupuk berbasis nitrogen (Giongo dkk., 2025). Temuan-temuan tersebut mengindikasikan bahwa sektor industri, termasuk industri pangan, belum sepenuhnya memperhatikan dampak lingkungan yang ditimbulkan dalam proses produksinya. Meskipun isu perubahan iklim semakin mendapat perhatian, pelaporan emisi karbon di Indonesia masih bersifat sukarela dan belum diterapkan secara optimal oleh sebagian besar pelaku usaha. Kondisi ini menjadi perhatian karena upaya pengendalian serta reduksi emisi karbon dioksida merupakan elemen penting dalam strategi nasional untuk mewujudkan target *Net Zero Emission* pada tahun 2060. Sebagai bentuk komitmen terhadap perlindungan lingkungan, Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 mengamanatkan pemerintah pusat dan daerah untuk mengembangkan serta menerapkan instrumen ekonomi lingkungan, antara lain *Green Public Procurement (GPP)*, *ecolabel*, dan skema pembiayaan ramah lingkungan. Dalam konteks tersebut, penerapan *Life Cycle Assessment (LCA)* menjadi relevan karena metode ini mampu mengevaluasi dampak lingkungan suatu produk secara komprehensif di seluruh tahapan siklus hidupnya, serta telah diakui

secara internasional melalui standar ISO 14040 dan ISO 14044 yang memberikan panduan sistematis dalam penilaian dampak lingkungan (Brilliantina dkk., 2023).

PT Bogasari Flour Mills, yang berlokasi di Jl. Nilam Timur No. 19 Surabaya, merupakan salah satu perusahaan penggilingan gandum terbesar di Asia Tenggara dengan kapasitas produksi mencapai 15.000 ton per hari. Perusahaan ini memproduksi berbagai merek tepung terigu, salah satunya Segitiga Biru yang menjadi salah satu produk dengan permintaan pasar tinggi di Indonesia. Proses produksi melibatkan beberapa tahap utama, mulai dari penerimaan gandum impor, pembersihan, penggilingan, pengemasan, hingga distribusi ke berbagai wilayah. Skala produksi yang besar ini tentu memberikan kontribusi signifikan terhadap penyediaan pangan nasional. Namun, kegiatan tersebut juga berpotensi menimbulkan emisi karbon dioksida (CO₂) dari konsumsi energi listrik dan bahan bakar fosil, limbah padat berupa dedak gandum, debu hasil penggilingan, serta sisa kemasan, dan limbah cair yang berasal dari proses pencucian mesin, pendinginan, serta sanitasi area produksi. Selain itu, proses pengemasan dan distribusi tepung Segitiga Biru juga menghasilkan emisi gas buang seperti NO_x, SO₂, dan partikulat (PM) dari penggunaan mesin berbahan bakar diesel dan armada truk pengangkut. Apabila kegiatan tersebut tidak dikelola dengan prinsip keberlanjutan, maka berpotensi menimbulkan berbagai dampak lingkungan yang serius, antara lain meningkatnya emisi gas rumah kaca, terjadinya pencemaran udara, serta menurunnya kualitas air di wilayah sekitar kawasan industri.

Life Cycle Assessment (LCA) adalah suatu pendekatan yang digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu produk atau proses secara menyeluruh

sepanjang tahapan siklus hidupnya, dimulai dari ekstraksi dan pengadaan bahan baku (*cradle*) hingga tahap distribusi produk (*gate*). Metode ini mengacu pada standar ISO 14040 dan ISO 14044 yang menyediakan kerangka kerja serta pedoman terstruktur dalam melakukan penilaian dampak lingkungan secara sistematis dan komprehensif (Brilliantina dkk., 2023). Penerapan *Life Cycle Assessment* pada industri pangan di Indonesia menunjukkan hasil yang signifikan, misalnya penelitian Zuhria dkk., (2021) yang menemukan bahwa tahap produksi merupakan *hotspot* utama dengan emisi 26,28 kg CO₂/kg produk. Di sisi lain, *Analytical Network Process* (ANP) dapat dikombinasikan dengan *Life Cycle Assessment* untuk menentukan prioritas strategi mitigasi dampak lingkungan. *Analytical Network Process* digunakan untuk menganalisis keterkaitan antar faktor lingkungan, ekonomi, dan sosial, kemudian memberikan pembobotan agar perusahaan dapat memilih alternatif perbaikan yang paling efektif dan berkelanjutan. Metode ini mampu mengatasi keterbatasan analisis tunggal *Life Cycle Assessment* dengan menambahkan perspektif pengambilan keputusan yang lebih komprehensif Bayu dkk., (2025). Studi lain di sektor pangan juga menunjukkan bahwa *Analytical Network Process* mampu membantu merumuskan skenario mitigasi yang lebih terarah dengan memperhatikan keterkaitan antar proses produksi, konsumsi energi, dan distribusi (Nugroho dkk., 2024). Dengan demikian, integrasi *Life Cycle Assessment* dan *Analytical Network Process* dapat memberikan hasil evaluasi kuantitatif sekaligus penentuan prioritas strategis dalam pengelolaan keberlanjutan industri pangan.

Permasalahan utama yang dihadapi oleh PT Bogasari Flour Mills Surabaya berkaitan dengan tingginya potensi dampak lingkungan yang timbul dari aktivitas produksi hingga distribusi tepung terigu, khususnya pada produk Segitiga Biru yang merupakan salah satu merek dengan *volume* produksi tertinggi. Berdasarkan data produksi tahun 2025, Segitiga Biru diproduksi dalam jumlah besar dan dialokasikan untuk berbagai segmen pasar melalui beberapa ukuran kemasan, yaitu 25 kg, 1 kg, 5 kg, dan 500 gram. Perbedaan ukuran kemasan tersebut menyebabkan variasi intensitas proses produksi, kebutuhan energi, serta aktivitas distribusi pada setiap lini, yang secara konseptual berbanding lurus dengan potensi emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan. Berdasarkan data produksi tepung Segitiga Biru periode Januari-Desember 2025, di mana laporan bulanan pada Tabel 1.1 menunjukkan adanya perbedaan *output* antar ukuran kemasan dan realisasi *volume* produksi sebagai berikut.

Tabel 1. 1 Data Produksi Tepung PT. I.S.M. Bogasari Flour Mills

Bulan	Produksi Bulanan (Ton)							
	CAKRA KEMBAR EMAS	CAKRA KEMBAR	SEGITIGA BIRU	SEGITIGA HIJAU	KUNCI BIRU	LENCANA MERAH	CAKRA KEMBAR MIE	CAKRA KEMBAR ROTI
Januari 2025	1690,54	27640,05	19223,72	8173,61	2072,81	41342,88	3495,72	1343,56
Februari 2025	998,59	27286,73	21151,00	12974,71	1985,72	43253,71	2909,18	1379,17
Maret 2025	1338,09	22111,10	17104,94	13967,35	2631,56	37242,54	3441,75	764,91
April 2025	1482,37	25701,62	22886,09	7829,49	1667,32	40633,84	2814,79	761,74
Mei 2025	1333,11	21195,94	18733,40	11179,00	1448,39	41251,51	3609,13	1329,34
Juni 2025	1886,91	23896,55	18779,32	8609,49	1238,62	29568,68	2832,25	569,41
Juli 2025	1856,05	25895,88	24681,88	4758,83	1212,72	58442,74	4189,53	761,16
Agustus 2025	1729,22	19248,39	13879,73	4761,04	675,11	42637,66	2483,77	1146,35

Bulan	Produksi Bulanan (Ton)							
	CAKRA KEMBAR EMAS	CAKRA KEMBAR	SEGITIGA BIRU	SEGITIGA HIJAU	KUNCI BIRU	LENCANA MERAH	CAKRA KEMBAR MIE	CAKRA KEMBAR ROTI
September 2025	2357,57	30426,20	5596,11	10689,73	1833,88	54887,74	4839,95	587,04
Oktober 2025	1910,59	22205,15	18823,53	10263,72	1202,64	41332,80	2674,82	955,29
November 2025	1719,53	22777,97	18150,19	11497,08	1689,50	36837,56	3630,12	955,29
Desember 2025	2455,68	25356,16	18021,88	9573,71	2048,65	43876,62	4296,68	1138,55
Total	20758,24	293741,75	217031,78	114277,76	19706,91	511308,28	41217,70	11691,82

Sumber: PT Bogasari Flour Mills Surabaya, (2025)

Berdasarkan Tabel 1.1 data produksi tahun 2025, tepung Segitiga Biru memiliki total produksi sebesar 217.031,78 ton dengan rata-rata produksi bulanan sekitar 18.085,98 ton. Nilai ini menempatkan Segitiga Biru sebagai salah satu varian dengan *volume* produksi tertinggi dan paling konsisten sepanjang tahun dibandingkan produk lainnya di PT Bogasari Flour Mills Surabaya. Tingginya *volume* dan kestabilan produksi tersebut menjadikan Segitiga Biru representatif sebagai objek penelitian skripsi, khususnya dalam analisis dampak lingkungan dan pengambilan keputusan berbasis LCA dan ANP.

Tabel 1. 2 Produksi Tepung Segitiga Biru per Ukuran dan Curah

Bulan	Tepung Segitiga Biru								
	25 Kg (Ton)	25 Kg (Zak)	5 Kg (Ton)	5 Kg (Pack)	1 Kg (Ton)	1 Kg (Pack)	500 Gram (Ton)	500 Gram (Pack)	Bulk/Curah (Ton)
Januari 2025	9996,34	399853	192,24	38447	5767,12	5767117	2883,56	5767117	384,47
Februari 2025	10998,52	439941	211,51	42302	6345,30	6345300	3172,65	6345300	423,02
Maret 2025	8894,57	355783	171,05	34210	5131,48	5131482	2565,74	5131482	342,10

Bulan	Tepung Segitiga Biru								
	25 Kg (Ton)	25 Kg (Zak)	5 Kg (Ton)	5 Kg (Pack)	1 Kg (Ton)	1 Kg (Pack)	500 Gram (Ton)	500 Gram (Pack)	Bulk/Curah (Ton)
April 2025	11900,77	476031	228,86	45772	6865,83	6865827	3432,91	6865827	457,72
Mei 2025	9741,37	389655	187,33	37467	5620,02	5620020	2810,01	5620020	374,67
Juni 2025	9765,24	390610	187,79	37559	5633,79	5633795	2816,90	5633795	375,59
Juli 2025	12834,58	513383	246,82	49364	7404,57	7404565	3702,28	7404565	0,00
Agustus 2025	7217,46	288698	138,80	27759	4163,92	4163920	2081,96	4163920	277,59
September 2025	2909,98	116399	55,96	11192	1678,83	1678832	839,42	1678832	111,92
Oktober 2025	9788,23	391529	188,24	37647	5647,06	5647058	2823,53	5647058	376,47
November 2025	9438,10	377524	181,50	36300	5445,06	5445056	2722,53	5445056	363,00
Desember 2025	9371,38	374855	180,22	36044	5406,56	5406563	2703,28	5406563	360,44
Total	112856,52	4514261	2170,32	434064	65109,53	65109533	32554,77	65109533	3847,00

Sumber: PT Bogasari Flour Mills Surabaya, (2025)

Berdasarkan Tabel 1.2, Berdasarkan data distribusi kemasan Tepung Segitiga Biru tahun 2025, kemasan 25 kg memiliki total produksi sebesar 112.856,52 ton atau sekitar 52% dari total produksi Segitiga Biru. Nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan kemasan 1 kg sebesar 65.109,53 ton, 500 gram sebesar 32.554,77 ton, dan 5 kg sebesar 2.170,32 ton. Selain mendominasi dari sisi *volume*, kemasan 25 kg juga menunjukkan konsistensi produksi sepanjang tahun dengan puncak produksi pada Juli 2025 sebesar 12.834,58 ton. Dominasi *volume* dan kestabilan produksi tersebut menjadikan kemasan 25 kg sebagai representasi utama sistem produksi dan distribusi Segitiga Biru.

Berdasarkan Tabel 1.1 dan Tabel 1.2, tepung terigu Segitiga Biru merupakan salah satu produk dengan *volume* produksi tertinggi di PT Bogasari Flour Mills Surabaya sepanjang tahun 2025, dengan total produksi sebesar 217.031,78 ton atau rata-rata sekitar 18.085,98 ton per bulan. Produksi Segitiga Biru didistribusikan ke dalam beberapa ukuran kemasan, yaitu 25 kg, 1 kg, 5 kg, dan 500 gram, untuk menjangkau berbagai segmen pasar. Berdasarkan distribusi ukuran kemasan pada Tabel 1.2, kemasan 25 kg mendominasi dengan total produksi sebesar 112.856,52 ton atau sekitar 52% dari total produksi Segitiga Biru, diikuti oleh kemasan 1 kg sebesar 65.109,53 ton, kemasan 500 gram sebesar 32.554,77 ton, dan kemasan 5 kg sebesar 2.170,32 ton. Tingginya *volume* dan dominasi kemasan 25 kg menunjukkan intensitas aktivitas produksi yang paling besar pada lini tersebut. Secara konseptual, besarnya *volume* produksi berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan energi, penggunaan material pendukung, serta aktivitas proses dan distribusi, sehingga berpotensi menghasilkan dampak lingkungan yang lebih besar dibandingkan varian dengan *volume* produksi yang lebih rendah. Oleh karena itu, Segitiga Biru khususnya kemasan 25 kg dipandang representatif untuk dianalisis lebih lanjut dalam penelitian ini sebagai dasar identifikasi potensi dampak lingkungan dan penentuan prioritas strategi pengelolaan melalui pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Analytic Network Process* (ANP).

Berbagai penelitian terdahulu telah banyak menggunakan metode *Life Cycle Assessment* untuk menganalisis dampak lingkungan di sektor pangan maupun manufaktur. Zuhria dkk., (2021) menekankan bahwa tahap produksi menjadi penyumbang emisi terbesar dalam industri tepung agar, sedangkan (Giongo dkk.,

(2025) menemukan bahwa budidaya gandum memberikan kontribusi dominan terhadap emisi siklus hidup tepung terigu di Brasil. Bayu dkk., (2025) juga telah mengintegrasikan *Life Cycle Assessment* dengan *Analytical Network Process* pada industri pengolahan kelapa untuk menentukan strategi mitigasi yang paling efektif. Meskipun demikian, kajian yang secara spesifik membahas analisis emisi karbon dan dampak lingkungan dari rangkaian proses produksi hingga distribusi tepung terigu di Indonesia masih tergolong minim, terutama pada PT Bogasari Flour Mills sebagai salah satu produsen tepung terigu terbesar di Asia Tenggara. Di samping itu, penerapan terpadu antara metode *Life Cycle Assessment* dan *Analytical Network Process* dalam industri tepung terigu juga belum banyak ditemukan. Padahal, integrasi kedua pendekatan tersebut penting untuk menghasilkan evaluasi kuantitatif atas dampak lingkungan sekaligus menetapkan prioritas strategi mitigasi yang lebih akurat dan terarah.

Dengan demikian, penerapan *Life Cycle Assessment* yang dikombinasikan dengan *Analytical Network Process* menjadi penting untuk dilakukan di PT Bogasari Flour Mills. Melalui metode ini, perusahaan dapat mengidentifikasi titik kritis penyumbang emisi, menetapkan prioritas mitigasi yang efektif, dan menyusun strategi keberlanjutan yang mendukung pencapaian target *Net Zero Emission 2060*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baik secara akademis maupun praktis, melalui penyusunan rekomendasi strategi mitigasi dan usulan perbaikan berbasis hasil integrasi *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Analytical Network Process* (ANP). Hasil penelitian diharapkan mampu mengidentifikasi titik kritis penyumbang emisi terbesar, serta merumuskan langkah perbaikan konkret

seperti peningkatan efisiensi energi pada proses penggilingan dan pengemasan, optimalisasi sistem transportasi dan distribusi, serta penguatan pengelolaan limbah padat dan cair yang lebih ramah lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat kontribusi akademik dalam penerapan metode kuantitatif untuk analisis keberlanjutan, tetapi juga memberikan manfaat praktis bagi perusahaan dalam mewujudkan operasi yang efisien, rendah emisi, dan mendukung keberlanjutan industri pangan di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi yaitu:

“Seberapa besar Tingkat emisi karbon dan dampak lingkungan yang ditimbulkan pada setiap tahapan proses produksi hingga distribusi tepung terigu Segitiga Biru di PT Bogasari Flour Mills berdasarkan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) berlingkup *Cradle to Gate*, serta strategi mitigasi yang perlu diprioritaskan dan direkomendasikan berdasarkan hasil *Analytic Network Process* (ANP) untuk menurunkan dampak lingkungan secara efektif dan berkelanjutan?”

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan menghitung emisi lingkungan yang dihasilkan serta dampak lingkungan pada setiap tahapan proses produksi hingga distribusi tepung terigu Segitiga Biru di PT Bogasari Flour Mills Surabaya dengan menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA)

berlingkup *cradle to gate*, menentukan prioritas strategi mitigasi berdasarkan hasil *Analytic Network Process* (ANP), serta menyusun rekomendasi peningkatan efisiensi energi, pengelolaan limbah, dan sistem distribusi rendah emisi guna mendukung penerapan produksi yang berkelanjutan.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan yang diterapkan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di PT Bogasari Flour Mills yang berlokasi di Jl. Nilam Timur No. 19, Surabaya, Jawa Timur, dengan fokus analisis pada proses produksi dan distribusi tepung terigu Segitiga Biru.
2. Penelitian ini secara khusus dibatasi hanya pada produk tepung terigu Segitiga Biru, dan analisis lebih difokuskan pada kemasan 25 kilogram sebagai varian paling dominan di pasar serta penyumbang emisi terbesar dalam proses produksi-distribusi.
3. Analisis proses produksi dibatasi hingga tahap flour silo sebagai batas pemisah antara produk agregat dan diferensiasi kemasan. Tahapan sebelum flour silo (*cleaning, conditioning, dan milling*) dianalisis secara agregat karena produk belum terbagi per varian, sedangkan pembagian per kemasan dilakukan setelah tahap tersebut.
4. Penerapan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dalam penelitian ini dibatasi pada cakupan *cradle to gate*, yaitu meliputi tahapan sejak penerimaan bahan baku gandum impor, proses pengolahan menjadi tepung terigu, kegiatan pengemasan produk, hingga tahap distribusi utama kepada pelanggan.

5. Pengolahan data serta evaluasi dampak lingkungan dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak SimaPro. Sementara itu, penentuan prioritas strategi mitigasi dianalisis dengan metode *Analytic Network Process* (ANP) yang dibantu oleh perangkat lunak Super Decisions untuk memperoleh hasil pembobotan dan perankingan alternatif secara terstruktur.
6. Penelitian ini berpedoman pada standar internasional ISO 14040:2006 dan ISO 14044:2006 sebagai landasan metodologis dalam penerapan *Life Cycle Assessment* (LCA). Standar tersebut mencakup tahapan penentuan tujuan dan ruang lingkup (*goal and scope definition*), penyusunan inventori siklus hidup (*life cycle inventory*), penilaian dampak lingkungan (*life cycle impact assessment*), hingga tahap interpretasi hasil. Dengan mengacu pada pedoman ini, proses analisis dilaksanakan secara terstruktur, konsisten, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

1.5 Asumsi Penelitian

Adapun asumsi yang diterapkan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Penerapan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) yang mengacu pada standar ISO 14040:2006 dan ISO 14044:2006 dianggap mampu memberikan gambaran yang menyeluruh, akurat, dan terukur mengenai besarnya emisi karbon dan dampak lingkungan yang dihasilkan dari seluruh tahapan proses produksi hingga distribusi tepung terigu Segitiga Biru di PT Bogasari Flour Mills.

2. Seluruh data primer dan sekunder yang diperoleh dari perusahaan, meliputi konsumsi energi, penggunaan bahan bakar, data material *input*, *volume* produksi, serta jumlah limbah padat, cair, dan gas, tidak serta-merta dianggap valid, melainkan telah melalui proses verifikasi dan triangulasi data melalui observasi lapangan, wawancara dengan pihak terkait, serta pencocokan dengan dokumen perusahaan dan literatur pendukung. Dengan demikian, data yang digunakan dalam penelitian ini dinilai cukup representatif untuk menggambarkan kondisi operasional selama periode penelitian.
3. Proses produksi dan distribusi tepung terigu diasumsikan berlangsung dalam kondisi normal, tanpa adanya gangguan operasional, perubahan proses, atau perawatan besar yang dapat memengaruhi data dan hasil analisis *Life Cycle Assessment*.
4. Analisis *Analytic Network Process* (ANP) yang digunakan untuk menentukan prioritas strategi mitigasi diasumsikan mencerminkan pandangan objektif para ahli dan pihak perusahaan terhadap pentingnya masing-masing kriteria (lingkungan, ekonomi, dan sosial).
5. Rekomendasi strategi mitigasi yang dihasilkan dari integrasi *Life Cycle Assessment* dan *Analytic Network Process* diasumsikan dapat diterapkan secara realistis oleh perusahaan, baik melalui peningkatan efisiensi energi, pengendalian emisi, optimalisasi sistem distribusi, maupun pengelolaan limbah, guna mendukung penerapan praktik industri yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

6. Faktor eksternal seperti kondisi pasar, kebijakan pemerintah, serta faktor lingkungan di luar kendali perusahaan diasumsikan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil perhitungan emisi karbon dan analisis lingkungan.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diterapkan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan keilmuan, khususnya pada bidang teknik industri, analisis keberlanjutan, dan manajemen lingkungan. Studi ini tidak hanya memanfaatkan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk menilai emisi karbon serta dampak lingkungan dari tahapan produksi hingga distribusi, tetapi juga mengombinasikannya dengan *Analytic Network Process* (ANP) guna menetapkan prioritas strategi mitigasi yang paling tepat. Integrasi kedua metode tersebut diharapkan dapat memperkaya khazanah literatur terkait penerapan LCA yang dipadukan dengan ANP pada industri pengolahan pangan, sekaligus menjadi referensi akademik bagi penelitian selanjutnya yang mengkaji pendekatan evaluatif dan pengambilan keputusan dalam mendukung keberlanjutan sektor industri.

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat langsung bagi PT Bogasari Flour Mills dalam upaya mengelola dampak lingkungan dari proses

produksi dan distribusinya. Hasil analisis *Life Cycle Assessment* akan membantu mengidentifikasi titik kritis pada tahapan yang menyumbang emisi terbesar, sedangkan *Analytic Network Process* dapat digunakan untuk memberikan prioritas terhadap strategi mitigasi yang paling efektif berdasarkan pertimbangan lingkungan, ekonomi, dan sosial. Dengan demikian, perusahaan dapat menyusun langkah-langkah strategis yang tidak hanya fokus pada optimalisasi penggunaan energi dan pemilihan material yang ramah lingkungan, tetapi juga pada peningkatan efisiensi distribusi dan pengelolaan limbah. Lebih jauh, penelitian ini dapat mendukung PT Bogasari Flour Mills dalam mengimplementasikan praktik industri berkelanjutan melalui integrasi *Life Cycle Assessment* dan *Analytic Network Process* sebagai landasan pengambilan keputusan, sekaligus memperkuat daya saing perusahaan dalam jangka panjang di tengah tuntutan global terhadap keberlanjutan.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan gambaran umum penelitian yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan dan asumsi penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi. Penyusunan bab ini bertujuan untuk memberikan pemahaman awal

mengenai dasar pemikiran dilaksanakannya penelitian serta menjelaskan arah dan ruang lingkup penelitian secara keseluruhan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan landasan teori, konsep, dan literatur yang relevan sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian. Pembahasan mencakup konsep *Sustainable Supply Chain Management* (SSCM), kajian mengenai emisi gas rumah kaca (GRK) beserta polutan terkait, serta karakteristik limbah industri pangan khususnya pada industri tepung terigu. Selain itu, dijelaskan pula konsep dasar *Life Cycle Assessment* (LCA) meliputi sejarah perkembangan, definisi, prinsip, tujuan, manfaat, ruang lingkup *cradle to gate*, serta standar metodologis yang mengacu pada ISO 14040 dan ISO 14044, termasuk tahapan analisis LCA berdasarkan standar tersebut. Bab ini juga membahas konsep keberlanjutan dalam industri pangan dengan penekanan pada dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan, serta implementasinya dalam rantai pasok tepung terigu. Selanjutnya dipaparkan penggunaan perangkat lunak SimaPro sebagai alat analisis LCA dan Super Decisions sebagai pendukung penerapan metode *Analytic Network Process* (ANP) dalam penentuan prioritas strategi mitigasi. Tinjauan pustaka ini turut menyajikan penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan LCA, ANP, keberlanjutan rantai pasok, dan industri pangan sebagai landasan akademik sekaligus untuk mengidentifikasi kesenjangan penelitian yang ada.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode dan tahapan yang diterapkan dalam penelitian. Isi pembahasan mencakup lokasi dan waktu pelaksanaan penelitian, kerangka pemikiran, identifikasi variabel, prosedur pemecahan masalah yang dilengkapi dengan *flowchart* penelitian, teknik dan metode pengumpulan data, serta pendekatan analisis data yang digunakan. Selain itu, dijelaskan pula penerapan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan batasan ruang lingkup *Cradle to Gate* menggunakan perangkat lunak SimaPro, serta analisis penentuan prioritas strategi mitigasi melalui metode *Analytic Network Process* (ANP) yang diolah dengan bantuan perangkat lunak Super Decisions.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengolahan data beserta pembahasan secara komprehensif. Data yang diperoleh melalui dokumentasi perusahaan, wawancara, dan observasi dianalisis menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan bantuan perangkat lunak SimaPro untuk menghitung emisi karbon, penggunaan energi, serta besaran dampak lingkungan yang timbul dari rangkaian proses produksi hingga distribusi tepung terigu Segitiga Biru di PT Bogasari Flour Mills. Selain itu, metode *Analytic Network Process* (ANP) yang diolah menggunakan perangkat lunak Super Decisions digunakan untuk menetapkan prioritas strategi mitigasi berdasarkan pertimbangan aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial. Pada bab ini juga diuraikan identifikasi tahapan

proses yang menjadi titik kritis penyumbang emisi terbesar, analisis hubungan antar faktor yang memengaruhi, serta rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan perusahaan guna menekan dampak lingkungan, meningkatkan efisiensi energi, dan mendukung keberlanjutan kegiatan produksi serta distribusi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan yang disusun berdasarkan hasil analisis dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan diarahkan pada pencapaian tujuan penelitian, khususnya terkait besaran emisi karbon dan dampak lingkungan yang dihasilkan. Selain itu, bab ini juga menyampaikan rekomendasi yang ditujukan kepada PT Bogasari Flour Mills dalam upaya mengoptimalkan proses produksi dan distribusi agar lebih berwawasan lingkungan, serta memberikan saran bagi penelitian selanjutnya untuk pengembangan kajian di bidang yang sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN