

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern ini kendaraan bermotor di Indonesia terus mengalami peningkatan signifikan, seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan mobilitas masyarakat. Berdasarkan data terbaru dari Badan Pusat Statistik (BPS) hingga tahun 2023, jumlah total kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 76,46% unit. Dari jumlah tersebut, sebanyak 23,54% unit merupakan sepeda motor (BPS, 2023).

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia, yang didorong oleh pertumbuhan populasi dan peningkatan daya beli masyarakat, telah menyebabkan bertambahnya jumlah usaha bengkel yang menyediakan layanan perawatan dan perbaikan kendaraan. Fenomena ini juga mencerminkan kemajuan ekonomi yang signifikan, tetapi membawa konsekuensi terhadap peningkatan konsumsi bahan bakar dan pelumas mesin. Akibatnya, volume limbah oli bekas yang dihasilkan oleh bengkel-bengkel perawatan kendaraan turut meningkat, menimbulkan tantangan lingkungan yang memerlukan pengelolaan limbah berbahaya secara efektif (Mufida *et al.*, 2024).

Limbah oli bekas merupakan hasil dari penggunaan pelumas mesin yang telah kehilangan fungsinya akibat kontaminasi atau degradasi selama proses operasional. Limbah ini mengandung senyawa kimia berbahaya seperti hidrokarbon aromatik, logam berat, dan zat aditif lainnya yang dapat mencemari

lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Menurut Irmayanti *et al.* (2023), limbah oli bekas memiliki potensi besar untuk mencemari tanah dan air, serta dapat merusak ekosistem jika dibiarkan tercecer atau dibuang secara sembarangan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah oli bekas menjadi isu penting yang harus ditangani secara serius.

Pengelolaan limbah B3 oli bekas tidak hanya bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan tetapi juga untuk memanfaatkan potensi energi yang terkandung di dalamnya. Limbah oli bekas dapat didaur ulang menjadi bahan bakar alternatif melalui berbagai teknologi pengolahan seperti *pyrolysis*, distilasi vakum, dan *solvent extraction*. Teknologi ini memungkinkan konversi limbah menjadi produk bernilai ekonomi sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Menurut Asidu *et al.* (2017), menunjukkan bahwa pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar alternatif dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan mendukung keberlanjutan energi.

Dalam konteks ekonomi sirkular, pengelolaan limbah B3 oli bekas menjadi bahan bakar alternatif merupakan langkah strategis untuk menciptakan sistem produksi yang lebih berkelanjutan. Ekonomi sirkular menekankan pada prinsip penggunaan kembali, daur ulang, dan pengurangan limbah dalam seluruh siklus hidup produk. Penerapan prinsip ini tidak hanya membantu mengurangi volume limbah yang harus dibuang tetapi juga meningkatkan efisiensi sumber daya. Menurut Holman Fasa (2021), penerapan ekonomi

sirkular dalam industri energi dapat memberikan manfaat ganda berupa pengurangan dampak lingkungan dan peningkatan nilai tambah produk.

Namun demikian, pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor dan aktivitas industri di Indonesia telah meningkatkan produksi limbah oli bekas yang tergolong sebagai Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Limbah ini mengandung senyawa kimia berbahaya seperti hidrokarbon aromatik, logam berat, dan zat aditif yang berpotensi mencemari tanah, air, dan udara jika tidak dikelola secara tepat. Menurut data kementerian lingkungan hidup dan kehutanan (KLHK), 2025 menunjukkan bahwa hanya 30-40% limbah oli B3 yang terkelola dengan baik, sementara sisanya berisiko tercecer atau dibuang sembarangan, mengancam ekosistem dan kesehatan masyarakat. Penerapan ekonomi sirkular menjadi solusi kritis untuk mengubah limbah ini menjadi sumber daya bernilai ekonomi, seperti bahan bakar alternatif, sekaligus meminimalkan dampak lingkungan. Prinsip ini sejalan dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yang menekankan pengurangan limbah melalui daur ulang dan pemanfaatan kembali. Oleh karena itu, diperlukan sistem manajemen rantai pasok limbah yang terintegrasi untuk memastikan bahwa seluruh proses berjalan sesuai dengan standar lingkungan.

Di sisi lain, implementasi produksi bersih erat kaitanya dengan ekonomi sirkular dalam pengelolaan limbah B3 oli bekas. Produksi bersih berfokus pada pengurangan limbah dan efisiensi penggunaan sumber daya dalam setiap tahap proses produksi. Dalam hal ini, PT. Mandala Niaga Energi sebagai objek studi

penelitian memiliki peluang besar untuk menerapkan teknologi ramah lingkungan dalam mengolah limbah oli bekas menjadi bahan bakar alternatif. Teknologi seperti distilasi vakum dapat digunakan untuk memurnikan oli bekas sehingga menghasilkan bahan bakar berkualitas tinggi yang memenuhi standar industri.

Penerapan produksi bersih tidak hanya membantu perusahaan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing di pasar energi. Menurut Fitriani & Darussalam (2020), perusahaan yang menerapkan produksi bersih cenderung lebih mampu memenuhi regulasi lingkungan sekaligus mengoptimalkan penggunaan sumber daya mereka. Hal ini menunjukkan bahwa produksi bersih merupakan pendekatan strategis untuk menghadapi tantangan pengelolaan limbah B3.

Produksi bersih memiliki tujuan utama untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan yang dihasilkan oleh kegiatan produksi. Salah satu dari tujuan kunci produksi bersih adalah pengurangan limbah dan polusi yang dihasilkan oleh kegiatan produksi. Hal ini termasuk upaya dalam mendaur ulang bahan, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan menghindari penggunaan bahan berbahaya. Dengan demikian, tujuan ini berkontribusi pada perlindungan lingkungan dan kesehatan manusia (Mulyani & Sudrajat, 2018).

Untuk mencapai produksi bersih, perusahaan perlu menerapkan ekonomi sirkular. Ekonomi sirkular merupakan suatu konsep efisiensi yang memasukkan aspek sumber daya alam dan energi atau suatu proses produksi yang

meminimumkan penggunaan bahan baku, energi, air, serta dampak lingkungan. Ekonomi sirkular memiliki peran krusial dalam mencapai produksi bersih dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan energi dalam kegiatan produksi (Yuniar *et al.*, 2024). Peran ekonomi sirkular dalam mencapai produksi bersih antara lain:

1. Penggunaan sumber daya yang efisien

Ekonomi sirkular mendorong penggunaan material daur ulang sebagai pengganti bahan baku virgin. Dalam pengolahan limbah oli B3, ini berarti mengurangi atau menghilangkan kebutuhan untuk memproduksi bahan bakar dari sumber daya alam yang baru. Produksi bersih mendukung hal ini dengan mengoptimalkan proses daur ulang agar menghasilkan bahan bakar berkualitas tinggi dengan minimal input tambahan.

2. Minimasi Limbah dan Emisi

Prinsip utama ekonomi sirkular adalah meminimalkan limbah dan emisi di seluruh siklus produk. Produksi bersih berkontribusi dengan menerapkan teknologi dan proses yang lebih efisien, mengurangi konsumsi energi dan air, serta meminimalkan pembentukan polutan selama pengolahan limbah oli B3. Misalnya, penggunaan distilasi vakum dapat mengurangi emisi gas berbahaya dibandingkan dengan metode pembakaran langsung.

3. Penggunaan Energi Terbarukan

Ekonomi sirkular menekankan penggunaan energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Produksi bersih mendukung hal ini dengan mengintegrasikan sumber energi terbarukan (seperti energi surya atau biomassa) dalam proses pengolahan limbah oli B3. Hal ini tidak hanya mengurangi emisi karbon tetapi juga meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan.

4. Desain untuk Daur Ulang

Ekonomi sirkular mendorong desain produk yang mudah didaur ulang atau digunakan kembali. Dalam konteks limbah oli B3, produksi bersih dapat berperan dalam mengembangkan proses daur ulang yang lebih efisien dan menghasilkan produk sampingan yang bernilai. Misalnya, residu dari proses distilasi dapat diolah lebih lanjut menjadi bahan baku untuk industri lain, sehingga meminimalkan limbah yang harus dibuang.

5. Perpanjangan Umur Produk

Ekonomi sirkular menekankan perpanjangan umur produk melalui pemeliharaan, perbaikan, dan daur ulang. Dalam kasus limbah oli B3, produksi bersih dapat berkontribusi dengan mengembangkan teknologi yang memungkinkan oli bekas diproses ulang menjadi pelumas berkualitas tinggi, memperpanjang siklus hidup oli dan mengurangi kebutuhan akan produksi oli baru.

Dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip ekonomi sirkular dan produksi bersih, perusahaan dapat menciptakan sistem pengelolaan limbah oli B3 yang lebih berkelanjutan, mengurangi dampak lingkungan, dan meningkatkan efisiensi ekonomi.

Penerapan ekonomi sirkular dalam pengelolaan limbah B3, seperti oli bekas, merupakan langkah penting untuk mencapai keberlanjutan lingkungan. Penelitian oleh Yuniar *et al.* (2024) menunjukkan bahwa ekonomi sirkular berfokus pada pengurangan limbah dan pemaksimalan penggunaan sumber daya, yang bertentangan dengan model ekonomi linier yang cenderung menghasilkan limbah tanpa memikirkan dampaknya. Dalam konteks ini, oli bekas dapat didaur ulang dan dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar alternatif, yang tidak hanya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan tetapi juga menciptakan nilai ekonomi baru. Dengan demikian, penerapan prinsip ekonomi sirkular dapat membantu mengatasi masalah limbah B3 dan mendukung upaya untuk mencapai produksi bersih.

Lebih lanjut, penelitian oleh Hasbi *et al.* (2019) menekankan pentingnya desain produk yang mempertimbangkan siklus hidupnya, sehingga limbah yang dihasilkan dapat diminimalisir. Dalam konteks pengelolaan oli bekas, pendekatan ini dapat diterapkan dengan merancang proses produksi yang memungkinkan pemanfaatan kembali oli bekas sebagai bahan baku dalam industri lain. Hal ini sejalan dengan prinsip 5R (*reduce, reuse, recycle, recovery, Regenerate*) yang menjadi dasar dari ekonomi sirkular. Dengan mengimplementasikan prinsip-prinsip ini dalam pengelolaan limbah B3,

perusahaan tidak hanya berkontribusi pada perlindungan lingkungan tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya produksi.

Dalam konteks industri otomotif dan bengkel motor, penelitian oleh Roto *et al.* (2022) menunjukkan bahwa penerapan sistem manajemen ekonomi sirkular dapat menghasilkan manfaat signifikan, seperti pengurangan biaya operasional dan peningkatan citra perusahaan yang lebih ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan teknologi produksi bersih dan menerapkan praktik daur ulang oli bekas, industri dapat mengurangi ketergantungan pada sumber daya alam yang terbatas dan menciptakan peluang bisnis baru. Oleh karena itu, integrasi antara ekonomi sirkular dan produksi bersih dalam pengelolaan limbah B3 menjadi sangat relevan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan serta meningkatkan daya saing industri di pasar global.

Selain itu, kebijakan pemerintah memainkan peran penting dalam mendukung penerapan ekonomi sirkular dan produksi bersih di sektor industri energi. Regulasi terkait pengelolaan limbah B3 seperti Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun memberikan kerangka kerja bagi perusahaan untuk mengelola limbah mereka secara bertanggung jawab. Pemerintah juga mendorong pembangunan fasilitas pengolahan limbah B3 di berbagai daerah sebagai bagian dari upaya nasional untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

Dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya keberlanjutan dan perlindungan lingkungan, perusahaan-perusahaan di sektor energi harus

beradaptasi dengan pendekatan baru dalam pengelolaan limbah mereka. Penerapan ekonomi sirkular tidak hanya memberikan manfaat lingkungan tetapi juga dapat meningkatkan daya saing perusahaan melalui efisiensi biaya dan inovasi produk. PT. Mandala Niaga Energi memiliki peluang besar untuk menjadi pionir dalam penerapan prinsip-prinsip ini melalui strategi daur ulang limbah oli bekas menjadi bahan bakar alternatif.

Fokus utama perusahaan adalah mengelola limbah B3, sehingga dapat mengurangi potensi pencemaran lingkungan dan mendukung keberlanjutan ekosistem. PT Mandala Niaga Energi mengumpulkan oli bekas dari PT Horas Miduk yang merupakan perusahaan penyimpanan limbah B3 yang menerima oli bekas dari bengkel motor maupun mobil. Berikut ini adalah data limbah yang diolah PT Mandala Niaga Energi.

Tabel 1. 1 Data Pengolahan Limbah B3 OLI

No	Jenis		Jumlah		Kategori	
	Limbah B3	Sumber	Karakteristik	(ton/bln)	Jenis kegiatan/industri	bahaya LB3
1	Minyak				Minyak pelumas bekas antara lain minyak	
	Pelumas Bekas (B105D)	Industri PT.Horas Miduk	Mudah Menyala	2000	pelumas bekas hidrolik, mesin, gear, lubrikasi, insulasi, heat transmission, grit chambers, separator dan/atau campurannya	2

Sumber: PT Mandala Niaga Energi, 2025

Menyoroti bahwa hanya 30–40% limbah oli bekas yang terkelola dengan baik, sementara sisanya berisiko mencemari tanah dan air, PT Mandala perlu mengambil langkah strategis untuk mengatasi permasalahan ini. Penerapan

ekonomi sirkular menjadi solusi kritis dalam pengelolaan limbah oli bekas. Menurut penelitian, Yuniar *et al.* (2024) ekonomi sirkular menekankan pada prinsip daur ulang, penggunaan kembali, dan pengurangan limbah dalam seluruh siklus hidup produk. Dalam konteks ini, PT Mandala dapat memanfaatkan teknologi seperti distilasi vakum atau pyrolysis untuk mengolah limbah oli bekas menjadi bahan bakar alternatif berkualitas tinggi. Teknologi ini memungkinkan konversi residu limbah menjadi produk bernilai tambah, seperti minyak gemuk atau pelumas sekunder, sehingga meminimalkan limbah yang harus dibuang. Selain itu, penerapan prinsip 5R (*reduce, reuse, recycle, recovery, Regenerate*) dapat membantu PT Mandala meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya produksi.

Produksi bersih juga memiliki peran penting dalam mendukung penerapan ekonomi sirkular di PT Mandala. Produksi bersih berfokus pada pencegahan pencemaran dan minimisasi limbah pada sumbernya dengan cara mengoptimalkan proses produksi dan menggunakan bahan baku secara efisien. Penelitian oleh Azteria & Gani (2020) menunjukkan bahwa perusahaan yang menerapkan produksi bersih cenderung lebih mampu memenuhi regulasi lingkungan sekaligus meningkatkan daya saing di pasar energi. PT Mandala dapat menggunakan pendekatan ini untuk menghasilkan bahan bakar alternatif dari oli bekas dengan emisi gas rumah kaca yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar fosil konvensional.

Salah satu langkah strategis yang dapat dilakukan PT Mandala adalah membangun kemitraan dengan bengkel kendaraan sebagai sumber utama limbah oli bekas. PT Mandala melakukan kemitraan strategis dengan bengkel kendaraan PT horas yang berhasil meningkatkan pasokan oli bekas hingga 5.000 liter per hari melalui insentif finansial dan pelatihan pengelolaan limbah dasar. PT Mandala menyediakan fasilitas pengumpulan limbah yang terintegrasi. Dengan cara ini, rantai pasok limbah oli bekas dapat berjalan lebih efisien dan sesuai dengan standar lingkungan.

Potensi spesifik dari penerapan ekonomi sirkular dan produksi bersih di PT Mandala adalah kemampuan untuk menghasilkan produk turunan dari residu pengolahan oli bekas. Misalnya, residu dari proses distilasi vakum dapat diolah lebih lanjut menjadi bahan baku aspal atau pelumas industri lainnya. Hal ini membuka peluang kemitraan dengan industri konstruksi dan manufaktur untuk memanfaatkan produk turunan tersebut sebagai substitusi bahan baku baru. Dengan demikian, PT Mandala tidak hanya mengurangi dampak lingkungan tetapi juga menciptakan peluang bisnis baru

Dalam industri minyak bumi, proses ini dikenal sebagai *steam cracking* atau perengkahan dengan uap. Dalam proses pengelolaan limbah oli, tahap awal dimulai dengan pengumpulan oli bekas di dalam tangki penyimpanan sebelum memasuki tahap pemrosesan di dalam tungku atau dapur pemanasan. Proses ini terdiri dari beberapa tahapan berdasarkan suhu pemanasan. Tahap pertama dilakukan pada suhu 100°C untuk memanaskan bahan baku awal. Selanjutnya,

pada tahap kedua, suhu dinaikkan hingga 190°C, sehingga menghasilkan nafta, yaitu minyak setengah matang sebagai hasil awal proses konversi oli menjadi bahan bakar. Tahap ketiga melibatkan pemanasan lebih lanjut pada rentang suhu 220°C hingga 330°C, yang menghasilkan minyak matang. Pada tahap akhir, minyak yang telah melalui beberapa proses pemanasan akan berubah menjadi minyak hitam. Setelah proses pemanasan, minyak memasuki tahap pengeringan. Minyak yang telah mencapai suhu 330°C dan mengalami perubahan warna menjadi hitam telah melalui proses pengeringan akhir dan siap untuk dikuras. Limbah oli yang tidak dapat digunakan kembali akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam proses produksi. Sementara itu, hasil penyulingan oli disimpan dalam tangki berkapasitas 35 ton, yang dikategorikan berdasarkan fungsi dan jenis bahan. Tangki berwarna abu-abu digunakan untuk penyimpanan bahan baku, tangki berwarna hijau untuk minyak bahan bakar hasil penyulingan, serta tangki berwarna hitam untuk proses produksi. Untuk meminimalkan pencemaran yang dihasilkan dari proses ini, penggunaan batu bara diterapkan sebagai metode pengurangan limbah.

Dalam proses pengolahan limbah dengan metode pirolisis, PT Mandala Niaga Energi menghadapi beberapa hambatan signifikan, di antaranya adalah jumlah bahan baku yang tidak menentu, polusi udara, dan polusi air yang berdampak pada masyarakat sekitar. Meskipun daur ulang limbah oli bekas menjadi bahan bakar alternatif menawarkan potensi yang besar, proses ini juga menghadapi berbagai tantangan. Ketersediaan bahan baku yang tidak menentu, potensi polusi udara dan air akibat proses pirolisis, serta perlunya penerapan

prinsip-prinsip produksi bersih menjadi faktor-faktor yang perlu diperhatikan dan diatasi. Oleh karena itu, penerapan prinsip-prinsip ekonomi sirkular dan *Cleaner Production* sangat penting untuk memastikan keberlanjutan operasional perusahaan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Salsabila *et al.*, 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis yang komprehensif untuk mengevaluasi efisiensi ekonomi dan keberlanjutan dari proses daur ulang limbah B3 oli menjadi bahan bakar alternatif.

Penelitian ini akan berfokus pada analisis mendalam terhadap seluruh proses pengolahan limbah B3 oli oleh PT Mandala Niaga Energi, mulai dari tahap awal hingga tahap akhir. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi Bagaimana tingkat penerapan ekonomi sirkular, penggunaan faktor-faktor produksi pada proses daur ulang limbah B3 oli menjadi bahan bakar alternatif. Ekonomi sirkular menekankan pada pengurangan limbah di proses pengelolaan limbahnya dengan mengadopsi teknologi bersih dan praktik operasional yang efisien. Dengan mengkaji setiap tahapan pengolahan limbah oli, penelitian ini akan memberikan gambaran apakah proses yang dilakukan sudah sesuai dengan standar yang diharapkan dalam meminimalkan dampak lingkungan dan mendukung keberlanjutan. Topik ini menarik untuk dijadikan skripsi karena relevansinya dengan isu global tentang keberlanjutan energi dan perlindungan lingkungan. Skripsi ini tidak hanya memberikan solusi praktis bagi perusahaan seperti PT Mandala tetapi juga berkontribusi pada pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya poin 7 (Energi Bersih) dan 12 (Konsumsi Berkelanjutan). Dengan data riil dari operasional PT Mandala

yang mengolah 2.000 ton oli bekas per bulan, penelitian ini memiliki potensi besar untuk menghasilkan temuan empiris yang signifikan. Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk menetapkan judul dan membahas **“ANALISIS PENERAPAN EKONOMI SIRKULAR PADA PENGELOLAAN DAUR ULANG LIMBAH OLI B3 MENJADI BAHAN BAKAR ALTERNATIF DENGAN IMPLEMENTASI PRODUKSI BERSIH (Studi Kasus Pada PT. Mandala Niaga Energi)”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, dapat dirumuskan rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasi prinsip-prinsip ekonomi sirkular dalam pengelolaan daur ulang limbah oli B3 menjadi bahan bakar alternatif di PT. Mandala Niaga Energi, ditinjau dari perspektif internal perusahaan?
2. Bagaimana penerapan produksi bersih pada aspek penggunaan sumber daya secara bijaksana oleh PT. Mandala Niaga dalam pengelolaan daur ulang limbah oli B3?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencapai tujuan diantaranya sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana implementasi prinsip-prinsip ekonomi sirkular dalam pengelolaan daur ulang limbah oli B3 menjadi bahan bakar alternatif di PT. Mandala Niaga Energi.

2. Untuk mengetahui penerapan produksi bersih pada PT. Mandala Niaga dalam pengelolaan daur ulang limbah oli B3.

1.4 Kegunaan Penelitian

1) Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan pemahaman mengenai bagaimana implementasi prinsip-prinsip ekonomi sirkular dalam pengelolaan daur ulang limbah oli B3 menjadi bahan bakar alternatif dan penerapan produksi bersih pada PT. Mandala Niaga. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan rujukan untuk penelitian-penelitian serupa selanjutnya.

2) Manfaat Praktis

1. Memberikan rekomendasi praktis bagi PT. Mandala Niaga Energi dan perusahaan sejenis dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pengolahan limbah B3 oli.
2. Menyediakan informasi bagi pelaku usaha bengkel dan industri terkait mengenai pentingnya pengelolaan limbah B3 yang optimal guna mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

1.5 Kerangka Pemikiran Teoritis

1.5.1 Manajemen Operasi

Manajemen operasi merupakan fungsi bisnis yang memiliki tanggung jawab dalam perencanaan, koordinasi dan kontrol penggunaan sumber daya yang dibutuhkan perusahaan dalam rangka menghasilkan barang dan jasa (Novitasari & Wiwaha, 2022). Perusahaan dengan berbagai skala (besar,

menengah, kecil), dengan adanya proses atau sistem dari manajemen operasi maka tidak akan terlepas dengan adanya rantai pasok (*supply chain*). Rantai pasok merupakan rangkaian urutan yang berawal dari fasilitas, fungsi dan aktivitas organisasi atau perusahaan dalam produksi barang atau menyediakan jasa. Barang, merupakan barang dalam bentuk fisik yang diproduksi oleh perusahaan bisnis. Jasa, adalah kegiatan menyediakan kebutuhan manusia dengan mengkombinasikan waktu, lokasi, bentuk, dan nilai psikologis.

Manajemen operasi dalam pengolahan limbah B3 oli berperan penting dalam menciptakan sistem yang efisien dan berkelanjutan untuk mengelola limbah berbahaya tersebut. Teori ini menekankan pada pengoptimalan proses, pengendalian kualitas, dan manajemen rantai pasok yang efektif, yang semuanya krusial dalam menangani limbah B3 oli yang sering kali mengandung zat berbahaya dan beracun. Menurut Sinaga *et al.* (2023) menunjukkan bahwa desain sistem pengelolaan limbah yang baik, seperti penerapan oil trap di Workshop A2B, dapat meningkatkan efektivitas pemisahan minyak dari air sebelum dibuang ke lingkungan. Penelitian ini menegaskan bahwa dengan menerapkan prinsip-prinsip manajemen operasi yang tepat, perusahaan dapat mengurangi risiko pencemaran dan meningkatkan keberlanjutan operasional mereka menunjukkan bahwa desain sistem pengelolaan limbah yang baik dapat meningkatkan efektivitas pemisahan minyak dari air sebelum dibuang ke lingkungan. Teori ini menegaskan bahwa dengan menerapkan prinsip-prinsip manajemen operasi

yang tepat, perusahaan dapat mengurangi risiko pencemaran dan meningkatkan keberlanjutan operasional mereka.

Manajemen operasi juga mencakup aspek pemantauan dan evaluasi berkelanjutan terhadap proses pengolahan limbah B3. Hal ini penting untuk memastikan bahwa semua prosedur berjalan sesuai dengan regulasi yang berlaku dan standar lingkungan yang ditetapkan (Fitriani & Darussalam, 2020). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penggunaan manajemen operasional dalam metode pengemasan yang efisien untuk filter oli bekas dapat mengurangi jumlah limbah B3 yang dihasilkan serta meningkatkan keamanan penyimpanan

1.5.2 Ekonomi Sirkular

Ekonomi sirkular menurut Vermeşan *et al.* (2020) mulai populer sekitar tahun 1990an untuk menjawab tantangan pembangunan ekonomi dan mengurangi pemakaian sumber daya alam yang berlebihan. Poin utama untuk sirkular ekonomi adalah untuk memanfaatkan penggunaan barang produksi dan untuk mengimbangi pertumbuhan ekonomi dengan pembangunan lingkungan dan sumber daya alam. Konsep ekonomi sirkular semakin berkembang menjadi penelitian di kalangan akademisi dan praktisi dengan mengemukakan konsep, tujuan dan bentuk implementasi yang berbeda.

Menurut Winans *et al.* (2017) dalam penelitiannya ekonomi sirkular adalah sistem ekonomi dengan akhir siklus hidup produk dengan konsep utama mengurangi, memakai ulang, dan memperbaiki materi dalam proses

produksi/distribusi dan konsumsi. Sejalan dengan itu, ekonomi sirkular adalah kebalikan dari ekonomi produksi yang hanya fokus pada perhitungan pertumbuhan ekonomi, sehingga mengabaikan beberapa aspek yang tertekan akibat produksi yang berlangsung tanpa henti (Corvellec *et al.*, 2022).

1.5.2.1 Indikator Ekonomi Sirkular

Menurut Suwignyo *et al.* (2021), berikut indikator ekonomi sirkular yang dikembangkan oleh komisi eropa (eurostat):

1. *Production and Consumption* (Produksi dan Konsumsi), merupakan indikator yang mengukur proporsi total material yang digunakan dalam perekonomian yang berasal dari material daur ulang, bukan dari ekstraksi primer (bahan baku baru) atau mengukur jumlah total limbah yang dihasilkan oleh sektor-sektor industri dan jasa.
2. *Waste Management* (Manajemen Limbah), untuk Mengukur proporsi limbah yang digunakan untuk menghasilkan energi (misalnya, melalui insinerasi atau biogas), meskipun ini dianggap sebagai opsi yang kurang sirkular dibandingkan daur ulang material.
3. *Secondary Raw Materials* (Bahan Baku Sekunder), untuk mengukur seberapa besar investasi yang dialokasikan untuk infrastruktur dan teknologi yang mendukung pemrosesan bahan baku sekunder.
4. *Competitiveness and Innovation* (Daya Saing dan Inovasi), mengukur jumlah pekerjaan yang secara langsung berkaitan dengan sektor daur ulang, perbaikan, penyewaan, dan *remanufacturing*.

1.5.2.2 Prinsip Ekonomi Sirkular

Menurut Setyaningsih *et al.* (2023), berikut prinsip- prinsip ekonomi sirkular:

1. *Reduce* (Mengurangi): Mengurangi penggunaan sumber daya dan limbah dari proses produksi dan konsumsi. Ini termasuk efisiensi energi, desain produk yang mengurangi bahan yang digunakan, serta menghilangkan jejak limbah sejak awal.
2. *Reuse* (Menggunakan Kembali): Memperpanjang umur produk dengan pemanfaatan ulang barang atau aset, baik secara langsung maupun melalui sistem berbagi/sewa. Hal ini mengurangi kebutuhan produksi barang baru.
3. *Recycle* (Daur Ulang): Mengolah kembali bahan dan produk agar dapat digunakan sebagai bahan baku untuk produk baru, mengurangi pembuangan limbah ke lingkungan.
4. *Refurbish/Recovery/Repair* (Memperbaiki/Memulihkan): Memperbaiki, memodifikasi, atau meregenerasi produk atau komponennya agar dapat digunakan kembali dengan umur lebih panjang, mengurangi kebutuhan penggantian baru.
5. *Regenerate*: Mengutamakan penggunaan energi terbarukan dan bahan yang dapat diperbaharui dalam proses produksi dan konsumsi sehingga dampak lingkungan berkurang.

1.5.3 Keberlanjutan (Sustainability)

Definisi kata "*sustainable*" berarti sesuatu yang dapat berlangsung terus-menerus. Dalam konteks ini, "berkelanjutan" merujuk pada kemampuan untuk menjaga atau mempertahankan suatu keadaan atau proses yang telah dilakukan sebelumnya. Menurut Pamungkas (2024) keberlanjutan (*sustainability*) mengacu pada kemampuan suatu masyarakat untuk mempertahankan kehidupan mereka dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia tanpa berlebihan, sehingga sistem yang mereka gunakan tetap dapat berfungsi dengan baik tanpa menguras sumber daya tersebut.

Ketika suatu produk dianggap tidak memiliki nilai, maka dapat menerapkan prinsip ekonomi sirkular 3R untuk mendaur ulangnya dan mengubahnya menjadi produk baru, daripada menjadikannya limbah yang tidak berguna dan merugikan lingkungan. Dalam konteks 5R, ekonomi sirkular bertujuan untuk memanfaatkan energi terbarukan dan sebisa mungkin mengurangi limbah. Konsep ini tidak hanya merancang model industri yang mengikuti prinsip *zero waste*, tetapi juga mempertimbangkan faktor sosial serta keberlanjutan dalam pasokan sumber daya dan energi. Upaya untuk mengelompokkan sampah, dari limbah B3 ke limbah non-B3, dapat mendukung implementasi konsep ekonomi tersebut. Pemisahan sampah membuat proses pembuangan menjadi lebih mudah dan cepat.

1.5.4 Regulasi Limbah B3

Pengelolaan Limbah B3 berfokus pada pengelolaan limbah yang dikategorikan sebagai Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena dampaknya

yang signifikan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Limbah B3 mencakup berbagai jenis material yang bersifat korosif, beracun, mudah terbakar, reaktif, atau berbahaya jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, pengelolaan limbah B3 diatur secara ketat oleh peraturan dan regulasi internasional maupun nasional (Lutfi, 2021).

1.5.5. Produksi Bersih

Produksi bersih (CP) mencakup strategi yang bertujuan mengurangi dampak lingkungan dan dampak pada kesehatan dan keselamatan yang diakibatkan oleh produk sepanjang siklus hidupnya, dari ekstraksi bahan baku hingga eliminasinya (Skaar, 2023). Konsep cleaner production berusaha untuk meminimalkan produksi limbah; efisiensi ekologi; pencegahan polusi atau produktivitas hijau. *Cleaner production* relevan bagi perusahaan dengan emisi dan limbah dalam jumlah besar, tidak memiliki gambaran umum tentang penggunaan sumber daya, aliran material dan pembangkitan limbah, dan konsumsi air, energi, dan masukan lainnya yang tinggi. Prinsip-prinsip cleaner production dapat diringkas sebagai tindakan pencegahan, pencegahan, dan integrasi, mulai dari skala makro hingga mikro kebijakan, proses, dan produk (Skaar, 2023). Pencegahan mengacu pada tindakan proaktif di tingkat operasional perusahaan yang ditujukan pada penyebab polusi. Daripada mengatasi emisi setelah dilepaskan, tindakan tersebut ditujukan pada inti penyebab emisi ini. Tindakan tersebut dapat mencoba untuk menutup siklus material dalam proses industri atau mengganti bahan berbahaya dengan bahan yang kurang berbahaya.

Pencegahan adalah identifikasi dan penghapusan penyebab ketidaksesuaian potensial untuk mencegah kemungkinan akan terjadinya ketidaksesuaian tersebut. Dalam standar seperti ISO, deskripsi tindakan pencegahan mengikuti langsung setelah deskripsi tindakan korektif, namun banyak yang telah menyebabkan kesalahpahaman bahwa kedua proses harus bekerja bersama secara seri

Menurut Giannetti *et al.* (2020), prinsip-prinsip produksi bersih sebagai berikut:

1. Efisiensi Energi dan Sumber Daya: Produksi bersih mengoptimalkan penggunaan energi dan bahan baku, misalnya dengan memanfaatkan sistem sirkulasi panas, insulasi termal, dan pra-pemanasan oli untuk mengurangi konsumsi energi. Ini mendukung pengurangan input sumber daya sekaligus menjaga produktivitas.
2. Minimasi Limbah dan Emisi: Semua residu produksi seperti debu, *sludge*, gypsum diolah kembali menjadi produk bernilai guna sehingga mendekati prinsip *zero waste*. Upaya ini mengurangi limbah yang dibuang ke lingkungan dan menurunkan emisi gas rumah kaca.
3. Pengendalian Polusi: Produksi bersih menggunakan teknologi pengendalian pencemaran, seperti *scrubber* untuk gas buang, *dust collector* untuk partikel debu, dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik untuk limbah cair agar semua emisi memenuhi standar lingkungan yang berlaku.

4. Kepatuhan Regulasi: Seluruh proses produksi dan fasilitas harus mematuhi regulasi lingkungan, termasuk peraturan khusus seperti Permen LHK No. 6 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Limbah B3. Hal ini penting agar produksi bersih tidak hanya efektif, tetapi juga legal dan berkelanjutan.

1.6 Penelitian Terdahulu

Tabel 1. 2 Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Variabel	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Divia Avril Yuniar, Alif Farhan, Ubaidillah Kamal (2024)	pengelolaan limbah B3 oli, Prinsip Circular Economy	<i>Tanggung Jawab Korporasi: Analisis Kebijakan Pengelolaan Limbah B3 Berbasis Prinsip Circular Economy</i>	Penelitian ini menunjukkan Proses yang mencakup identifikasi, klasifikasi, pengumpulan, dan pengolahan limbah dengan metode economy circular, seperti reduce, reuse, recycle, recovery, dan remanufacture. Sistem manajemen ekonomi sirkular menganut pendekatan SMM (Sustainable Materials Management), yang akan memperlihatkan adanya kesinambungan dalam pengurangan dampak siklus hidup material, termasuk dampak iklim,
2.	Lina Indrawati dan Hertien Koosbandiah Surtikanti (2024)	pengelolaan limbah B3 oli, produksi bersih	Analisis pengelolaan limbah oli bekas pada pelaku usaha bengkel mobil di kelurahan Cipamokolan kota Bandung	limbah oli yang dihasilkan oleh perusahaan ini dipergunakan kembali untuk compressor dan sebagian dijual kepada pengepul. Berdasarkan hasil analisis tersebut kedua bengkel masih mengelola limbah oli bekas yang merupakan jenis limbah

No.	Penulis	Variabel	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
				bahan berbahaya dan beracun (B3) secara mandiri.
3	Salim Afif, Abdul Syakur, Pawenary (2024)	pengelolaan limbah B3 oli, Prinsip Circular Economy	Pemanfaatan Limbah Oli Trafo Guna Optimalisasi Maintenance Trafo Dengan Konsep Circular Economy Melalui Proses Purifikasi Di PLN UP3 Bali Utara	Implementasi konsep circular economy melalui proses purifikasi limbah oli trafo ini dapat memberikan manfaat untuk perusahaan secara finansial. Implementasi ini dapat mengubah paradigma bahwa limbah oli trafo hanya dapat dijual dengan harga yang murah ke pihak ketiga.
4	Rahmani Nur Azizah, Payzar Wahyudi, Ujang Nurjaman, Ati Nurhayati (2024)	pengelolaan limbah B3 oli	Gambaran Penanganan Limbah B3 Oli Bekas Kendaraan Bermotor di Bengkel Wilayah Desa Pasirjambu Kabupaten Bandung	penanganan limbah B3 oli bekas dari bengkel kendaraan bermotor menyerahkan pada pihak pengepul berizin dan biasa.
5.	M. Roto, Irfany Rupiwardani, Agus Yohanani (2022)	Pengelolaan, Limbah B3, Minyak Pelumas Bekas	Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Khusus Minyak Pelumas (Oli) Bekas Pada Bengkel Motor Di Kota Malang	Hasil penelitian menunjukan pengelolaan limbah oli bekas pada bengkel AHHAS sudah cukup sesuai dari segi input dan proses sedangkan di bengkel Yamaha BSM masih belum sesuai karena hampir sebagian input dalam menunjang proses pengelolaan limbah oli bekas belum terlalu lengkap dan tidak sesuai dengan peraturan yang ada.
6.	(Dharmawan & Marsal, n.d.)	pemanfaatan limbah B3 pelumas oli bekas sebagai alternatif	Analisa Pemanfaatan Limbah B3 Pelumas Oli Bekas Sebagai Alternatif	Hasil jurnal menunjukan Limbah Oli dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan grease dan memiliki sifat grease komersial yaitu sesuai dengan

No.	Penulis	Variabel	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		pelumas padat (grease).	Pelumas Padat(GREASE)	karakteristik yang ada pada SNI.
7.	Mohammad Lutfi (2021)	Limbah Oli Bekas, Bahan Bakar High Speed Diesel (HSD)	Pemanfaatan Limbah Oli Bekas Menjadi Bahan Bakar High Speed Diesel (HSD)	Jurnal ini membahas kondisi Spesifikasi HSD oli bekas sangat sulit didapatkan jika harus memakai acuan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri ESDM No. 25 Tahun 2013, dikarenakan HSD yang diujikan untuk ketetapan tersebut adalah HSD yang murni langsung dari minyak mentah bukan dari oli bekas.
8	Amelia Fitriani, Gontor, Darussalam, Alhamdy Adytama (2020)	Pengemasan Limbah B3 Filter Oli, Metode Pressure Hydraulic System	Optimalisasi Pengemasan Limbah B3 Filter Oli Bekas dengan Metode Pressure Hydraulic System (Studi Kasus: PT Satria Bahana Sarana Job Site TJMO)	Limbah B3 padat yang paling banyak dihasilkan adalah filter oli bekas. Metode hydraulic pressure machine (mesin press hidrolis) mampu mengoptimalkan pengemasan filter oli bekas sampai dengan 50% dari jumlah kemasan sebelum dilakukan penekanan.
9	La Ode Asman Darsono Asidu, Muhammad Hasbi, Prinob Aksar (2017)	Oli Bekas, Produksi Bersih, Bahan bakar alternatif	Pemanfaatan Minyak Oli Bekas Sebagai Bahan bakar Alternatif dengan Pencampuran Minyak Pirolisis	Nilai massa jenis dan viskositas pada tiap-tiap persentase campuran minyak oli bekas dan minyak pirolisis mengalami peningkatan. Penggunaan kompor bertekanan berbahan bakar Pencampuran minyak oli bekas dan minyak pirolisis lebih efisien terhadap penggunaan kompor berbahan bakar gas, dengan perbandingan 4 liter air.

No.	Penulis	Variabel	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
10	Muh. Hasbi, Lilis Laome, Prinob Aksar, Ld. Asman Darsono (2017)	Oli Bekas, Produksi Bersih	Pemanfaatan Minyak Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar Alternatif	Karakteristik Nyala Api yang dihasilkan pada pencampuran minyak oli bekas dan minyak pirolisis adalah berwarna kuning dengan ketinggian maksimal 25 cm pada setiap persentase Pencampuran. Pencampuran minyak oli bekas dan minyak pirolisis dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pada kompor bertekanan untuk masing-masing persentase campuran.

1.7 Operasionalisasi Konsep

1.7.1 Definisi Konsep

1.7.1.1 Ekonomi Sirkular

Ekonomi sirkular adalah suatu sistem atau model ekonomi yang bertujuan untuk menciptakan pertumbuhan dengan cara menjaga nilai produk, bahan, dan sumber daya dalam perekonomian selama mungkin, sehingga dampak negatif terhadap sosial dan lingkungan yang disebabkan oleh model ekonomi linier dapat dikurangi. Ekonomi sirkular adalah kebalikan dari ekonomi produksi yang hanya fokus pada perhitungan pertumbuhan ekonomi, sehingga mengabaikan beberapa aspek yang tertekan akibat produksi yang berlangsung tanpa henti (Corvellec *et al.*, 2022).

Konsep ekonomi sirkular adalah suatu pendekatan yang bertujuan untuk memanfaatkan sumber daya, limbah, emisi, dan energi yang terbuang

dengan cara mengurangi siklus produksi dan konsumsi. Hal ini dilakukan melalui perpanjangan umur produk, inovasi desain, pemeliharaan, penggunaan kembali, remanufaktur, serta daur ulang untuk menciptakan produk baru (*recycling*) atau mengubahnya menjadi produk lain (*upcycling*). Tujuan utamanya adalah untuk beralih dari ekonomi linier ke ekonomi sirkular. Saat ini, banyak negara yang mengadopsi konsep ekonomi sirkular guna mengurangi potensi peningkatan emisi gas yang dihasilkan dari penumpukan limbah dan berbagai aktivitas manusia lainnya.

Prinsip dasar dari ekonomi sirkular adalah mengubah cara pandang terhadap keberlanjutan ekonomi dari model linier yang berfokus pada sistem ambil-olah-buang (mengambil, memproduksi, dan membuang sebagai sampah) menjadi sistem yang lebih berkelanjutan (mengambil, memproduksi, mengolah kembali, dan menggunakan kembali), sehingga barang yang terbuang tidak menjadi sampah. Penerapan sistem ekonomi sirkular bertujuan untuk mencegah konsumsi sumber daya alam yang berlebihan dan mengoptimalkan penggunaan energi serta material melalui daur ulang, dengan melibatkan semua agen ekonomi dari tingkat mikro hingga makro dalam sistem ekonomi sirkular (Corvellec *et al.*, 2022)

1.7.1.2 Produksi Bersih

Menurut Ruihui *et al.* (2023), *Cleaner Production* adalah strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, terpadu, dan diterapkan secara kontinu pada proses produksi, produk, dan jasa untuk meningkatkan

efisiensi penggunaan sumber daya alam serta mencegah terjadinya pencemaran lingkungan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Teknologi yang efektif memainkan peran penting dalam proses ini, memungkinkan pemanfaatan oli bekas secara lebih efisien dan berkelanjutan, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Sustainability atau keberlanjutan merupakan aspek penting yang perlu dipertimbangkan dalam setiap tahapan proses daur ulang, terutama dalam hal pengelolaan limbah berbahaya seperti oli. Implementasi teknologi Cleaner Production memberikan kontribusi terhadap pengelolaan limbah secara efisien, yang pada gilirannya mendukung kelestarian lingkungan. Selain itu, manajemen perubahan dalam industri melalui program pelatihan dan pengembangan kapasitas

Memungkinkan pelaku industri untuk memahami pentingnya praktik daur ulang yang ramah lingkungan serta manfaat ekonomi yang bisa didapat. Penggunaan pendekatan *Life Cycle Assessment* juga penting dalam menilai dampak lingkungan dari daur ulang oli bekas, mulai dari tahap pengumpulan, pemrosesan, hingga penggunaannya kembali sebagai bahan bakar alternatif. Ini memastikan bahwa proses daur ulang tidak hanya mengurangi limbah, tetapi juga memberikan solusi energi yang lebih ramah lingkungan dan berkontribusi pada keberlanjutan jangka panjang.

1.7.2 Definisi Operasional

Tabel 1. 3 Kriteria Ekonomi Sirkular

	Kriteria
Ekonomi Sirkular	- Pengelolaan Kembali Produk yang dikonsumsi - Pemanfaatan Sampah sebagai Bahan Baku - Pemanfaatan Barang Produksi yang Berkelanjutan - Mengurangi, Menggunakan kembali, Daur ulang, Memperbaiki dan Memulihkan(5R) -Memaksimalkan penggunaan Barang Produksi -Siklus Hidup Produk yang Melingkar

Tabel 1. 4 Kriteria Produksi Bersih

	Kriteria
Produksi Bersih	- Pengurangan Limbah dan Emisi - Efisiensi Sumber Daya dan Energi - Peningkatan Kinerja Lingkungan dan Ekonomi - Pendekatan Sistemik dan Holistik - Pelatihan dan Peningkatan Kapasitas - Keterlibatan Manajemen dan Karyawan

Tabel 1. 5 Kriteria Pengolahan Limbah B3

	Kriteria
Pengolahan Limbah B3	- Pemilahan Limbah - Pengemasan dan Labeling - Penyimpanan Aman - Transportasi Terkendali - Pengolahan yang Tepat

1.8 Metode Penelitian

Dengan bentuk penelitian studi eksploratif, pendekatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif. Pendekatan ini cenderung mengeksplorasi objek penelitian secara mendalam, terpusat, dan terperinci dalam kondisi aktual atau nyata. Menurut Sugiyono (2023) penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang digunakan untuk meneliti pada kondisi obyek yang alamiah, di mana peneliti adalah sebagai instrumen kunci.

1.8.1 Tipe Penelitian

Diantara beberapa tipe penelitian, tipe yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe penelitian eksploratif kualitatif. Penelitian kualitatif eksploratif adalah metode untuk menganalisis serta mencari ide-ide yang berkorelasi baru dengan fenomena yang saat ini sedang dibicarakan. Penelitian eksploratif biasanya tidak terikat dan masih bersifat terbuka (Sugiyono, 2023). Pemilihan penelitian eksploratif dilakukan karena peneliti ingin menganalisis penerapan *Cleaner Production* pada pengolahan limbah B3 Oli yang dilakukan oleh PT. Mandala Energi dan memberikan saran perbaikan yang ideal untuk meningkatkan manajemen didalam pengelolaan limbah B3 oli. Penelitian eksploratif ini akan memberikan wawasan awal tentang bagaimana strategi mana yang berkelanjutan dapat memengaruhi bisnis di industri biochinemical oil, khususnya pada pengelolaan limbah B3.

1.8.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di PT. Mandala Energi, yang berlokasi di Scientia Business Park, Tower 2 Lantai 2, Jl Boulevard Gading Serpong Blok O/2, Serpong, Tangerang 15810.

1.8.3 Subjek Penelitian

Purposive sampling adalah sebuah cara untuk mendapatkan sampel dengan memilih sampel di antara populasi sesuai dengan yang dikehendaki oleh peneliti. Penelitian ini menggunakan teknik purposive sampling dalam penentuan informan. Purposive sampling adalah teknik pengambilan sampel dengan pertimbangan tertentu, yaitu peneliti secara sengaja memilih informan yang dianggap paling mengetahui, memahami, serta terlibat langsung dalam pengelolaan limbah B3 oli bekas. Pertimbangan ini dilakukan agar data yang diperoleh lebih mendalam, relevan, dan sesuai dengan tujuan penelitian. Menurut Campbell *et al.* (2020), *purposive sampling* memungkinkan peneliti untuk memilih informan yang dapat memberikan informasi yang paling relevan dan berharga tentang topik yang sedang diteliti. Penelitian ini melibatkan berbagai subjek yang berperan penting dalam pengelolaan limbah B3 oli bekas menjadi bahan bakar alternatif pada PT. Mandala Energi, key informan pada penelitian ini adalah pemilik dan kepala bagian produksi PT. Mandala Energi.

1.8.4 Jenis Data

Dalam penelitian kualitatif, menurut Murdiyanto (2020), data sering kali berupa teks, seperti dokumen tertulis, catatan wawancara, rangkaian

kata, atau kalimat yang mencerminkan peristiwa atau situasi yang diamati. Data tersebut menjadi kunci untuk mengklasifikasi dan memahami fenomena yang diteliti. Penelitian ini akan menggunakan data yang diperoleh secara langsung dari narasumber, seperti hasil wawancara dan observasi, serta data tidak langsung dari sumber-sumber pendukung, seperti dokumen perusahaan, laporan industri, dan artikel jurnal.

1.8.5 Sumber Data

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber asli atau tangan pertama melalui metode pengumpulan data yang dirancang khusus untuk tujuan penelitian tertentu. Data primer adalah data yang dikumpulkan langsung oleh peneliti dari responden dengan menggunakan alat pengumpul data (Syafnidawaty, 2020). Dalam penelitian ini, data primer dalam penelitian ini akan dikumpulkan melalui metode wawancara mendalam dan observasi langsung terhadap manajemen, tim teknis, serta masyarakat sekitar PT. Mandala Niaga Energi. Wawancara ini bertujuan untuk menggali informasi spesifik tentang implementasi proses daur ulang limbah B3 oli menjadi bahan bakar alternatif serta dampaknya terhadap kelestarian lingkungan. Fokus wawancara meliputi penerapan teknologi daur ulang, strategi keberlanjutan, dan evaluasi dampak lingkungan. Selain itu, observasi langsung terhadap proses daur ulang dan penggunaan bahan bakar alternatif di lapangan akan memberikan data konkret mengenai efektivitas pengolahan limbah B3 oli bekas. Subjek penelitian yang terlibat

dalam pengumpulan data primer meliputi manajemen PT. Mandala Niaga Energi yang bertanggung jawab atas kebijakan strategis, tim teknis yang berperan dalam operasional daur ulang, serta masyarakat sekitar yang dapat memberikan perspektif terkait dampak lingkungan yang dirasakan.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan dan didokumentasikan oleh pihak lain untuk tujuan selain dari penelitian yang sedang dilakukan. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber kedua atau sumber yang sudah ada sebelumnya, seperti catatan dokumentasi, laporan, dan publikasi lainnya (Syafnidawaty, 2020). Data sekunder sangat berguna untuk memberikan konteks, latar belakang, dan dukungan teoritis yang diperlukan untuk analisis penelitian. Data sekunder akan diperoleh dari literatur, jurnal ilmiah, artikel, dan laporan industri yang membahas tentang teknologi daur ulang, strategi pengelolaan limbah berbahaya, serta kontribusi dari pendekatan ini terhadap kelestarian lingkungan. Selain itu, informasi mengenai peraturan pemerintah terkait pengelolaan limbah B3 dan penerapan energi terbarukan juga menjadi fokus dalam pencarian data sekunder ini.

1.8.6 Teknik Pengumpulan Data

1. Observasi

Observasi adalah metode pengumpulan data yang melibatkan pengamatan langsung terhadap fenomena yang sedang diteliti dalam konteks alami tanpa intervensi dari peneliti. Observasi adalah teknik

pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengamati secara langsung dan mencatat perilaku, aktivitas, serta kejadian yang relevan dengan penelitian (Hasanah, 2017). Observasi membantu dalam memahami interaksi sehari-hari dan kondisi nyata yang terjadi dalam konteks yang alami.

Metode observasi ini memungkinkan peneliti untuk memastikan bahwa setiap aspek dari proses daur ulang yang diamati mengikuti pedoman yang telah ditetapkan. Observasi berlangsung selama 30 hari, memberikan waktu yang cukup untuk memantau implementasi teknologi daur ulang dan pencapaian tujuan keberlanjutan lingkungan. Fokus utama observasi adalah mengevaluasi penerapan proses daur ulang oli menjadi bahan bakar alternatif, mulai dari tahap pengumpulan limbah yang dilakukan dengan cara bekerjasama dengan PT Horas Miduk menggunakan kesepakatan MOU, pengolahan, hingga penggunaan bahan bakar alternatif tersebut. Selain itu, observasi juga akan mencakup pengamatan terhadap dampak lingkungan dari kegiatan daur ulang ini, seperti pengurangan limbah dan emisi, serta evaluasi konsistensi penerapan praktik daur ulang sesuai standar keberlanjutan. Dengan teknik observasi terstruktur, peneliti dapat mencatat data secara akurat dan terarah, sehingga hasil analisis dapat memberikan gambaran yang jelas tentang efektivitas dan dampak dari proses daur ulang limbah B3 terhadap kelestarian lingkungan di PT. Mandala Niaga Energi.

2. Wawancara

Wawancara adalah teknik pengumpulan data dengan cara mengajukan pertanyaan secara langsung kepada informan untuk mendapatkan informasi yang mendalam dan detail. Wawancara adalah cara untuk memahami perspektif subjek penelitian melalui percakapan yang terstruktur atau semi-terstruktur, di mana peneliti dapat menggali informasi yang lebih dalam dan kompleks (Hakim, 2013). Wawancara membantu dalam memahami motivasi, pengalaman, dan opini yang beragam terkait fenomena yang diteliti. Penelitian ini melibatkan wawancara komprehensif dengan beberapa pihak terkait, yaitu:

a) Pemilik PT. Mandala Niaga Energi

Pemilik perusahaan memiliki pemahaman mendalam mengenai seluruh aspek bisnis, termasuk strategi dan kebijakan terkait daur ulang limbah B3 menjadi bahan bakar alternatif. Wawancara dengan pemilik akan memberikan wawasan mengenai sejarah penerapan proses daur ulang, keputusan strategis yang diambil terkait keberlanjutan, serta pandangan mereka mengenai efektivitas upaya daur ulang dalam mendukung kelestarian lingkungan dan profitabilitas bisnis.

b) Kepala Produksi PT. Mandala Niaga Energi

Kepala produksi berperan penting dalam mengelola operasional teknis daur ulang limbah B3. Wawancara dengan kepala produksi bertujuan untuk mendapatkan informasi rinci mengenai proses pengolahan limbah, teknologi yang digunakan, dan tantangan yang dihadapi dalam

memastikan proses daur ulang berjalan sesuai dengan standar keberlanjutan. Data ini akan membantu menganalisis efisiensi operasional dan kontribusi proses daur ulang terhadap pengurangan dampak lingkungan.

c) Warga Sekitar

Warga yang tinggal di sekitar PT. Mandala Niaga Energi merupakan pihak yang terkena dampak langsung dari kegiatan operasional perusahaan. Wawancara dengan warga bertujuan untuk memahami persepsi warga sekitar terhadap dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses daur ulang limbah B3, serta untuk mengevaluasi apakah upaya perusahaan dalam mengelola limbah berbahaya telah berkontribusi positif terhadap kelestarian lingkungan. Opini warga penting untuk mengevaluasi keberhasilan program daur ulang dalam meningkatkan kualitas lingkungan di sekitar perusahaan.

3. Studi Dokumentasi

Dokumentasi adalah teknik pengumpulan data dengan cara mengkaji dan menganalisis dokumen yang relevan dengan penelitian. Dokumentasi adalah metode pengumpulan data yang melibatkan pengumpulan dan analisis materi tertulis atau visual yang berhubungan dengan subjek penelitian, seperti laporan, artikel, dan materi promosi (Ardiansyah *et al.*, 2023). Dokumentasi memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan data tekstual dan visual yang mendukung analisis dan interpretasi hasil penelitian. Mengkaji laporan perusahaan, publikasi

industri, artikel jurnal, dan sumber online yang relevan dengan topik penelitian. Mengumpulkan materi promosi, foto, dan video yang terkait dengan proses pengolahan limbah B3 oli di PT. Mandala Niaga Energi.

1.8.7 Analisis Dan Interpretasi Data

Menurut Rizky Fadilla & Ayu Wulandari (2023) dalam analisis data kualitatif, agar data yang dikumpulkan mencapai titik jenuh, analisis harus dilakukan secara interaktif dan berkelanjutan sampai prosesnya benar-benar selesai. Untuk mempermudah penelitian, peneliti menerapkan beberapa tahapan dalam analisis data untuk mendukung hasil penelitian. Tahapan-tahapan analisis data tersebut adalah sebagai berikut:

1. Reduksi Data (*Data Reduction*)

Reduksi data adalah proses pemilihan, penyederhanaan, dan transformasi data "kasar" yang berasal dari berbagai catatan lapangan (Susanto *et al.*, 2023). Reduksi data melibatkan penulisan hasil penelitian secara terperinci dan menyusun poin-poin penting hasil pengamatan di lapangan. Tahap ini bertujuan untuk meminimalkan dan memperjelas data yang relevan, sehingga mempermudah analisis lebih lanjut.

2. Penyajian Data (*Data Display*)

Setelah dilakukan reduksi, data yang telah disederhanakan kemudian disajikan untuk memudahkan pemahaman. Penyajian data bertujuan agar informasi dari penelitian dapat dibaca dan dipahami dengan mudah. Dalam penelitian kualitatif, data dapat disajikan dalam bentuk uraian

singkat, flowchart, bagan, atau teks naratif, yang membantu menggambarkan hasil penelitian secara visual dan jelas.

3. **Penarikan Kesimpulan dan Verifikasi (*Conclusion Drawing/Verification*)**

Kesimpulan yang ditarik selama proses analisis bersifat sementara dan dapat berubah jika ditemukan bukti baru selama pengumpulan data. yang dilakukan dengan cara kuisioner yang diberikan kepada narasumber. Oleh karena itu, penarikan kesimpulan harus disertai verifikasi yang menyeluruh, baik terhadap data yang diperoleh maupun proses pengumpulannya, agar kesimpulan yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

1.8.8 Kualitas Data

Data yang dihasilkan selama penelitian haruslah menjalani proses evaluasi dan pengujian yang cermat. Pengujian data bertujuan untuk memastikan keabsahan dan validitas data yang digunakan dalam penelitian kualitatif (Afiyanti, 2008). Validitas penelitian kualitatif sering kali mengacu pada kriteria-kriteria seperti kebermanaan, kepercayaan, kredibilitas, dan keberlanjutan.

1. Validitas Internal

Validitas internal memeriksa sejauh mana peneliti dapat menyimpulkan hubungan kausal antara variabel dalam penelitian dan mengidentifikasi potensi faktor penyebab dan dampak. Ini

penting untuk memastikan bahwa temuan yang dihasilkan secara akurat mencerminkan hubungan yang ada dalam konteks penelitian.

2. Validitas Eksternal

Validitas eksternal mengukur sejauh mana hasil penelitian dapat diterapkan atau digeneralisasi ke situasi atau populasi yang berbeda. Hal ini memastikan bahwa temuan penelitian memiliki relevansi yang luas di luar konteks spesifik penelitian.

a. Kredibilitas

Uji kredibilitas bertujuan untuk memverifikasi kepercayaan terhadap data penelitian, sehingga hasil penelitian dapat dianggap sebagai karya ilmiah yang meyakinkan.

b. Transferabilitas

Transferabilitas menunjukkan sejauh mana hasil penelitian dapat diterapkan ke populasi lain di luar sampel yang diteliti.

c. Dependibilitas

Penelitian yang memiliki dependibilitas

menjamin bahwa hasil yang sama akan diperoleh jika penelitian dilakukan oleh pihak lain dengan prosedur yang sama.

d. Uji konfirmabilitas

Konfirmabilitas bertujuan untuk memastikan bahwa hasil penelitian dapat diterima oleh lebih banyak pihak, menegaskan bahwa penelitian telah dilakukan secara obyektif dan terpercaya.