

BAB II. LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian ISO 14001

ISO 14001 adalah standar internasional yang mengatur sistem manajemen lingkungan. Standar ini dirancang untuk membantu organisasi dalam meningkatkan kinerja lingkungan mereka dengan cara mengidentifikasi, mengelola, memantau, dan mengurangi dampak lingkungan dari aktivitas mereka. Menurut (International Organization for Standardization (ISO), 2015), penerapan ISO 14001 dapat membantu organisasi untuk memenuhi kewajiban hukum, meningkatkan efisiensi operasional, dan memperbaiki citra perusahaan di mata publik.

Salah satu aspek penting dari ISO 14001 adalah pendekatan berbasis risiko yang memungkinkan organisasi untuk mengidentifikasi potensi dampak lingkungan dari kegiatan mereka dan mengambil langkah-langkah untuk mengurangi risiko tersebut. Hal ini mencakup pengelolaan limbah, penggunaan sumber daya yang efisien, dan pengurangan emisi gas rumah kaca. Penelitian oleh (Johnstone, 2022) menunjukkan bahwa perusahaan yang menerapkan ISO 14001 cenderung memiliki kinerja lingkungan yang lebih baik karena sistem manajemen lingkungan yang terstandarisasi mampu mendorong perbaikan kinerja lingkungan secara substansial dan berkelanjutan.

2.2. Pengertian ISO 50001

Menurut (International Organization for Standardization (ISO), 2018), ISO 50001 merupakan standar internasional yang menyediakan kerangka kerja bagi organisasi untuk mengelola energi secara lebih efisien. Standar ini membantu organisasi dalam mengembangkan kebijakan energi, menetapkan tujuan dan sasaran, serta mengimplementasikan tindakan untuk mencapai tujuan tersebut. Penelitian oleh (Fitzgerald et al., 2023) menunjukkan bahwa penerapan ISO 50001 mampu menghasilkan penghematan energi yang berkelanjutan serta pengurangan emisi karbon yang signifikan melalui peningkatan kinerja manajemen energi di sektor manufaktur. Kondisi ini berkontribusi pada penurunan biaya operasional dan peningkatan efisiensi penggunaan energi.

ISO 50001 juga mendorong penggunaan energi terbarukan dan teknologi efisien energi. Penelitian oleh (Alotaibi et al., 2025) menunjukkan bahwa penerapan ISO 50001 tidak hanya meningkatkan efisiensi energi dan menurunkan biaya operasional, tetapi juga memperkuat kinerja lingkungan serta meningkatkan kepercayaan pemangku kepentingan terhadap organisasi.

2.3. Integrasi ISO 14001 dan ISO 50001

Integrasi antara ISO 14001 dan ISO 50001 merupakan langkah strategis bagi perusahaan dalam mengelola dampak lingkungan dan efisiensi energi secara bersamaan. Penelitian menunjukkan bahwa integrasi sistem manajemen lingkungan

ISO 14001 dan sistem manajemen energi ISO 50001 dapat menciptakan sinergi dalam pengelolaan lingkungan dan energi, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional, kinerja lingkungan, dan kinerja organisasi secara keseluruhan (Chaves Almanza, 2025).

Salah satu contoh nyata dari integrasi ini adalah perusahaan yang menerapkan teknologi efisien energi dalam proses produksi mereka, seperti penggunaan mesin dengan sistem transmisi yang lebih baik. Dengan mengurangi konsumsi energi, perusahaan tidak hanya memenuhi standar ISO 50001, tetapi juga mengurangi emisi yang dihasilkan, sehingga mendukung tujuan ISO 14001. Hal ini menunjukkan bahwa inovasi teknologi dapat menjadi jembatan antara dua standar tersebut.

2.3.1. Perhitungan Daya Listrik pada Induksi Motor Induksi 3 Fasa

Dalam implementasi ISO 50001, salah satu indikator utama kinerja energi (*Energy Performance Indicator/EnPI*) adalah konsumsi daya listrik dan energi listrik yang digunakan oleh peralatan produksi. Oleh karena itu, pengukuran daya listrik motor menjadi dasar dalam mengevaluasi peningkatan efisiensi energi akibat perubahan sistem transmisi. Pada penelitian ini, parameter arus motor digunakan untuk menghitung daya listrik aktual sebelum dan sesudah penggantian sistem transmisi dari *gearbox* menjadi *timing belt*. Menurut

(Fathurrahman et al., 2025), daya listrik pada sistem tiga fasa dapat dihitung menggunakan hubungan antara tegangan, arus, dan faktor daya.

Persamaan daya listrik untuk motor induksi tiga fasa dinyatakan sebagai berikut:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

Dimana:

P = Daya Listrik (Watt/W)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

$\cos \varphi$ = Faktor Daya (Power factor)

Apabila daya dinyatakan dalam kilowatt (kW), maka persamaannya menjadi:

$$P \text{ (kW)} = \frac{\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi}{1000}$$

Selanjutnya untuk konsumsi energi listrik dihitung berdasarkan lama operasi mesin menggunakan persamaan:

$$E = P \times t$$

Dimana:

E = Energi Listrik (kWh)

P = Daya Listrik (kW)

t = Waktu Operasi (jam)

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik dipengaruhi oleh besarnya daya listrik dan waktu operasi mesin. Pada kondisi tegangan, faktor daya, dan waktu operasi yang relatif konstan, penurunan arus motor akan menyebabkan penurunan daya listrik sehingga konsumsi energi juga menurun. Dengan demikian, perubahan sistem transmisi yang mampu menurunkan arus motor akan berdampak langsung terhadap peningkatan efisiensi energi sesuai prinsip Sistem Manajemen Energi ISO 50001.

Pada penelitian ini, perubahan sistem transmisi dari *gearbox* menjadi *timing belt* dianalisis berdasarkan

perubahan nilai arus motor (I). Penurunan arus tersebut digunakan untuk menghitung perubahan daya listrik (P) serta konsumsi energi listrik (E), kemudian dibandingkan untuk mengetahui besarnya penghematan energi, biaya operasional, dan penurunan emisi karbon sebagai bagian dari implementasi ISO 14001 dan ISO 50001.

2.4. Inovasi Sistem Transmisi dalam Mesin Produksi

Inovasi dalam sistem transmisi pada mesin produksi dapat mencakup berbagai aspek, seperti penggunaan material yang lebih ringan, desain yang lebih efisien, dan penerapan teknologi otomatisasi. Menurut (Kaliyev et al., 2026), berbagai inovasi dalam desain roda gigi, material komposit, dan teknologi manufaktur modern berkontribusi pada peningkatan kinerja transmisi, pengurangan kehilangan energi, dan peningkatan efisiensi operasional sistem mekanik. Misalnya, penggantian sistem transmisi *gearbox* dengan sistem transmisi *timing belt* terbukti mampu meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi emisi gas buang.

Efisiensi energi merupakan salah satu parameter penting dalam mengevaluasi kinerja sistem transmisi pada mesin produksi. Efisiensi transmisi menunjukkan perbandingan antara daya yang dihasilkan oleh sistem transmisi dengan daya yang diberikan oleh sumber penggerak.

Secara umum, efisiensi transmisi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Dimana :

η = Efisiensi sistem *transmisi* (%)

P_{out} = Daya yang keluar (Watt)

P_{in} = Daya yang masuk (Watt)

Selain sistem transmisi *timing belt* diatas, Menurut (Robert L. Norton, 2022)terdapat beberapa jenis sistem transmisi lain yang umum digunakan dalam mesin produksi, antara lain transmisi roda gigi (*gear transmission*), transmisi rantai (*chain transmission*), dan transmisi sabuk dan puli (*belt and pulley transmission*). Sistem transmisi pada dasarnya berfungsi untuk mentransmisikan daya mekanik dari sumber penggerak menuju komponen yang digerakkan, sekaligus mengatur kecepatan putaran dan torsi sesuai dengan kebutuhan proses produksi

Transmisi roda gigi (*gear transmission*) merupakan salah satu sistem transmisi yang banyak digunakan dalam mesin industri karena memiliki efisiensi tinggi serta mampu mentransmisikan daya dan gerak secara presisi tanpa terjadi selip. Sistem ini bekerja melalui kontak antar gigi yang saling berkaitan sehingga menghasilkan rasio kecepatan yang stabil. Selain itu, transmisi roda gigi mampu mentransmisikan torsi yang besar sehingga sangat sesuai digunakan pada mesin

produksi yang membutuhkan beban kerja tinggi (Boral et al., 2023).

Selanjutnya, transmisi rantai (*chain transmission*) merupakan sistem transmisi yang menggunakan rantai dan sproket untuk mentransmisikan daya antara dua poros yang terpisah. Sistem ini memiliki keunggulan dalam hal kemampuan mentransmisikan daya tanpa selip serta memiliki efisiensi mekanis yang tinggi. Oleh karena itu, transmisi rantai banyak digunakan pada mesin produksi yang memerlukan transfer daya yang stabil pada jarak poros yang relatif lebih jauh dibandingkan dengan transmisi roda gigi (Budynas and Nisbett, 2008).

Selain itu, terdapat pula transmisi sabuk dan puli (*belt and pulley transmission*) yang bekerja dengan memanfaatkan sabuk fleksibel yang melilit pada puli untuk memindahkan daya dari satu poros ke poros lainnya. Sistem ini memiliki keunggulan berupa konstruksi yang sederhana, biaya perawatan yang relatif rendah, serta mampu mentransmisikan daya pada jarak poros yang cukup jauh. Beberapa jenis sabuk yang umum digunakan dalam sistem ini antara lain *flat belt*, *V-belt*, dan *timing belt*, yang masing-masing memiliki karakteristik dan aplikasi yang berbeda sesuai dengan kebutuhan mesin produksi (Budynas and Nisbett, 2008).

Ataupun contoh lainnya adalah penerapan teknologi drive elektrik yang lebih efisien pada mesin produksi. Penelitian oleh (Mohammed et al., 2026) menunjukkan bahwa penerapan sistem penggerak elektrik (*electric drive systems*) dan motor berefisiensi tinggi dapat meningkatkan efisiensi energi secara signifikan dibandingkan sistem konvensional. Inovasi ini tidak

hanya mendukung implementasi ISO 50001, tetapi juga berkontribusi terhadap pencapaian tujuan keberlanjutan dan pengurangan emisi karbon.

2.5. Dampak Implementasi ISO 14001 dan ISO 50001

Penelitian menunjukkan bahwa perusahaan yang menerapkan sistem manajemen lingkungan dan sistem manajemen energi berbasis ISO 14001 dan ISO 50001 cenderung mengalami peningkatan dalam pengelolaan limbah, pengurangan emisi, serta peningkatan efisiensi energi dan kinerja lingkungan secara keseluruhan (Fitzgerald et al., 2023), perusahaan yang menerapkan kedua standar ini melaporkan peningkatan dalam pengelolaan limbah, pengurangan emisi, dan efisiensi energi. Hal ini tidak hanya berdampak positif pada lingkungan, tetapi juga pada profitabilitas perusahaan.

Dampak positif lainnya adalah peningkatan citra perusahaan di mata konsumen dan pemangku kepentingan. Penelitian oleh (Pathak and Malakar, 2024) menunjukkan bahwa konsumen memiliki kecenderungan untuk membayar lebih terhadap produk ramah lingkungan, seiring meningkatnya kesadaran terhadap isu keberlanjutan. Dengan demikian, implementasi ISO 14001 dan ISO 50001 tidak hanya menjadi kewajiban regulasi, tetapi juga merupakan strategi pemasaran yang efektif.