

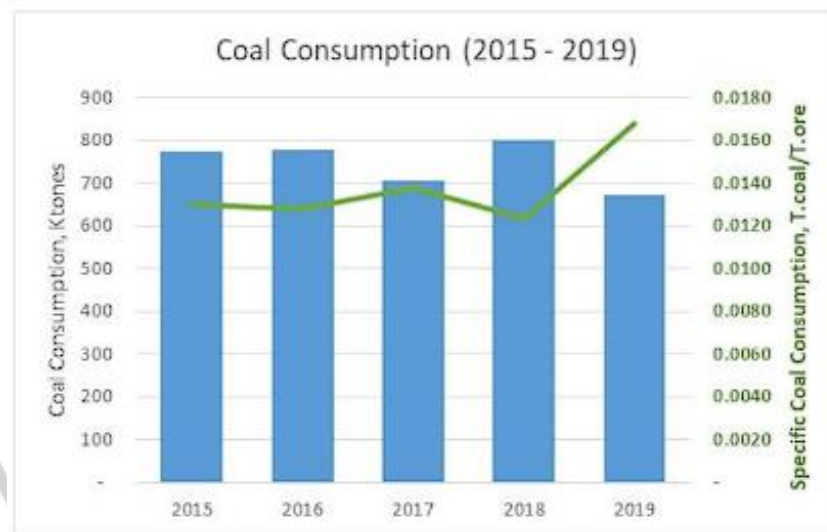
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebijakan Energi dan Regulasi

2.1.1 Latar Belakang

Peraturan Pemerintah Indonesia No. 70 Tahun 2009 tentang konservasi energi dan Peraturan Pemerintah Indonesia No. 14 Tahun 2012 tentang penyediaan tenaga listrik menegaskan bahwa pemanfaatan dan penggunaan sumber energi dan pengguna energi yang dalam kegiatannya menggunakan energi lebih besar dari atau sama dengan 6.000 *ton oil equivalent (TOE)* wajib melakukan penerapan program manajemen energi (Radityatama & Windarta, 2021).

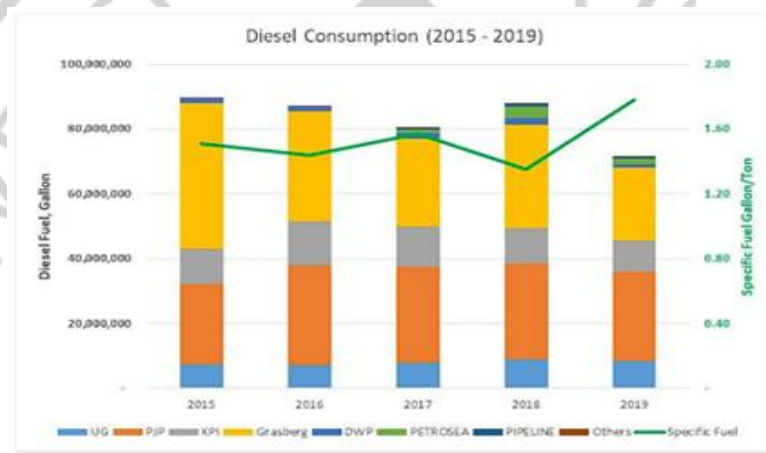
Rata-rata konsumsi batubara selama lima tahun terakhir dalam Pengoperasian Pembangkit Listrik-PLTU sekitar 750 kilo ton per tahun. Dengan dengan asumsi nilai kalori batubara 4.500 kCal/kg, diperkirakan energy konsumsi dari batu bara sekitar 337.726 TOE. Jumlah ini jauh lebih tinggi dari 6.000 TOE yang merupakan angka minimum untuk industri di Indonesia yang harus menjalankan energi Program konservasi dan sistem manajemen energi yang diamanatkan oleh pemerintah peraturan No 70 tahun 2009.



Gambar 2. 1 Konsumsi Batubara dari 2015 - 2019 (Audit Energi, 2020)

Rata-rata konsumsi bahan bakar diesel selama lima tahun terakhir di kisaran 85 juta galon per tahun. Berdasarkan data MEMR, nilai kalori HSD atau High-Speed Diesel adalah sekitar 35,73 MJ/liter atau 135,25 MJ/galon.

Diperkirakan konsumsi energi dari solar sekitar 274.589 TOE yang meliputi area Produksi dan transportasi. Jumlah ini juga jauh lebih tinggi dari 6.000 TOE yang merupakan jumlah minimum untuk industri di Indonesia yang harus menjalankan program konservasi energi dan sistem manajemen energi yang diamanatkan oleh peraturan pemerintah No 70 tahun 2009.



Gambar 2. 2 Konsumsi bahan bakar diesel dari 2015-2019 (Audit Energi,2020)

Seperti dapat dilihat pada grafik, konsumsi diesel selama lima tahun terakhir relatif stabil dalam kisaran 70-90 juta galon per tahun. 2019 memiliki konsumsi diesel terendah di mana konsumsi turun menjadi 70 juta galon. Namun, hal ini bukan merupakan indikasi efisiensi energi yang ditandai dengan peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik pada tahun tersebut. Kondisi yang sama terjadi dengan batu bara pada 2019. Biasanya, hal itu terjadi karena tingkat produksi turun di bawah skala ekonomis produksinya. Terdapat 3 PLTU dengan rata-rata produksi masing-masing 67.000 kW, sehingga total produksi PLTU terpasang adalah 201.000 kW yang dipasok pada frekuensi 60 Hz. Sebagai tambahan *power Supply*, 11-unit *Diesel Generator* dengan total produksi rata-rata 20.000 kW yang dipasok pada frekuensi 50 Hz. Hal itu membuat rata-rata produksi listrik sekitar 221.000 kW dengan *peak generator* di angka 267.110 kW. Rata-rata konsumsi listrik selama lima tahun terakhir di PT Freeport sekitar 1.850 GWh per tahun. Diperkirakan konsumsi listrik sekitar 159.071 TOE per tahun. Jumlah ini juga jauh lebih tinggi dari 6.000 TOE yang merupakan jumlah minimum untuk industri di Indonesia yang harus menjalankan program

konservasi energi dan sistem manajemen energi yang diamanatkan oleh peraturan pemerintah No 70 tahun 2009.



Gambar 2. 3 Electricity consumption 2015-2019 (Audit Energi,2020

2.1.2 Kerangka Penelitian

Program *Management Energy* perlu ditindaklanjuti dengan baik maka diperlukan kajian Energi. ISO 50001:2018, standar internasional yang dipergunakan sebagai panduan dalam melakukan kajian Energi dan memastikan pengelolaan kinerja energi yang meliputi efisiensi dan konsumsi energi. Pemenuhan kebutuhan energi listrik diperlukan suatu upaya strategi dan proses perbaikan yang berkelanjutan.(Jin et al., 2021b) . Penulis memaparkan tentang penerapan siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Action*) dalam manajemen energi perusahaan yang mempertimbangkan emisi gas rumah kaca.

Kerangka penelitian yang berorientasikan pada manajemen energi, Audit energi, dan Konservasi energi pada pembangkit listrik, agenda penelitian meliputi;

1. Identifikasi Masalah;
 - a. Menganalisa kegiatan dan kinerja energi pada pembangkit listrik dalam mendukung operasional perusahaan pertambangan
 - b. Mengidentifikasi permasalahan seperti inefisiensi, pemborosan energi, atau ketidaksesuaian terhadap regulasi maupun standar operasional
 - c. Output dari Identifikasi masalah adalah Rumusan masalah dari hasil penelitian

2. Penentuan Tujuan Penelitian

- a. Merumuskan dan menentukan tujuan penelitian yang meliputi, seperti:
 - Meningkatkan tingkat efisiensi energi pada pembangkit listrik
 - Mengidentifikasi potensi penghematan energi
 - Mengembangkan strategi konservasi
- b. Output dari tujuan penelitian merujuk kepada ruang lingkup penelitian

3. Kajian Literatur

- a. Studi tentang teori manajemen energi, audit energi, dan konservasi energi
- b. Kajian terhadap standar ISO 50001 atau pedoman nasional
- c. Review studi kasus pada pembangkit listrik dan *Bachmarking* pada pembangkit yang serupa
- d. Output pada landasan teori dan acuan kegiatan penelitian

4. Metodologi Penelitian

- a. Pengumpulan data :
 - Data Primer; Pengamatan langsung, wawancara / Survei (Maturity Level)
 - Data Sekunder: Laporan operasional konsumsi energi, dan efisiensi pada pembangkit listrik
- b. Analisa Data :
 - Audit Energi untuk identifikasi inefisiensi pada pembangkit listrik
 - Pencatatan pendataan pada perangkat lunak (SCADA dan Pencatatan pelaporan pengoperasian pembangkit listrik; analisa thermal)
- c. Pendekatan:
 - Kualitatif (Wawancara, Observasi)
 - Kuantitatif (Penghitungan efisiensi, simulasi)
 - Output pada Rencana kerja penelitian

5. Pelaksanaan Penelitian:

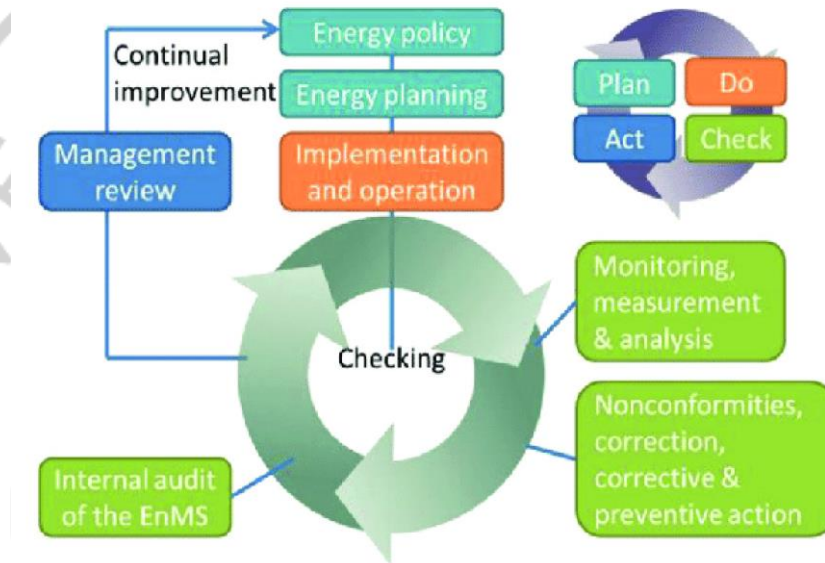
- a. Menganalisa Audit Energi sebelumnya sebagai pembandingan atau referensi kegiatan penelitian selanjutnya;
 - Identifikasi penggunaan energi besar
 - Evaluasi pembangkit Listrik
- b. Mengembangkan strategi manajemen energi

- Menentukan langkah peningkatan efisiensi energi
 - Menyesuaikan dengan regulasi dan standar konservasi energi
- c. Implementaasi strategi konservasi energi
 - d. Output pada Data dan hasil analisa
6. Evaluasi dan pembahasan
 - a. Membandingkan kondisi sebelum dan sesudah implementasi strategi
 - b. Analisa dampak dan langkah-langkah konservasi energi terhadap efisiensi pembangkit
 7. Kesimpulan dan Rekomendasi
 - a. Merangkum temuan dan kontribusi penelitian terhadap kegiatan manajemen energi
 - b. Memberikan rekomendasi dan strategi konservasi energi pada pembangkit listrik
 - c. Mengidentifikasi peluang penelitian lanjutan
 8. Penyusunan dan Pelaporan hasil penelitian
 - a. Menyusun tesis sesuai panduan akademik
 - b. Mempublikasikan hasil atau seminar terkait energi

Aliran Proses kegiatan penelitian dihubungkan secara berurutan dengan menerapkan langkah kegiatan. Berikut ini adalah penjelasan singkat tentang setiap langkah dalam siklus PDCA:

- a) *Plan* (Perencanaan): Pada tahap ini, tujuan dan target yang ingin dicapai ditentukan. Analisis situasi dan pengumpulan data dilakukan untuk mengidentifikasi masalah, peluang, dan risiko yang ada. Perencanaan tindakan dan strategi dilakukan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.
- b) *Do* (Pelaksanaan): Pada tahap ini, rencana yang telah disusun diimplementasikan. Tindakan yang direncanakan dijalankan dengan melibatkan seluruh pihak yang terlibat. Pengumpulan data dan informasi selama proses pelaksanaan sangat penting untuk evaluasi selanjutnya.
- c) *Check* (Pemeriksaan): Tahap ini melibatkan evaluasi dan pemantauan hasil dari langkah pelaksanaan. Data yang dikumpulkan pada tahap sebelumnya digunakan untuk membandingkan hasil yang dicapai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengevaluasi keberhasilan implementasi dan mengidentifikasi penyimpangan atau ketidaksesuaian.

- d) *Act* (Tindakan Perbaikan): Jika ditemukan penyimpangan atau ketidaksesuaian pada tahap pemeriksaan, langkah-langkah perbaikan diambil pada tahap ini. Berdasarkan hasil evaluasi, tindakan perbaikan atau penyesuaian dilakukan untuk memperbaiki proses dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Setelah perbaikan dilakukan, siklus PDCA dapat dimulai kembali dari tahap perencanaan untuk terus meningkatkan kualitas dan efisiensi.

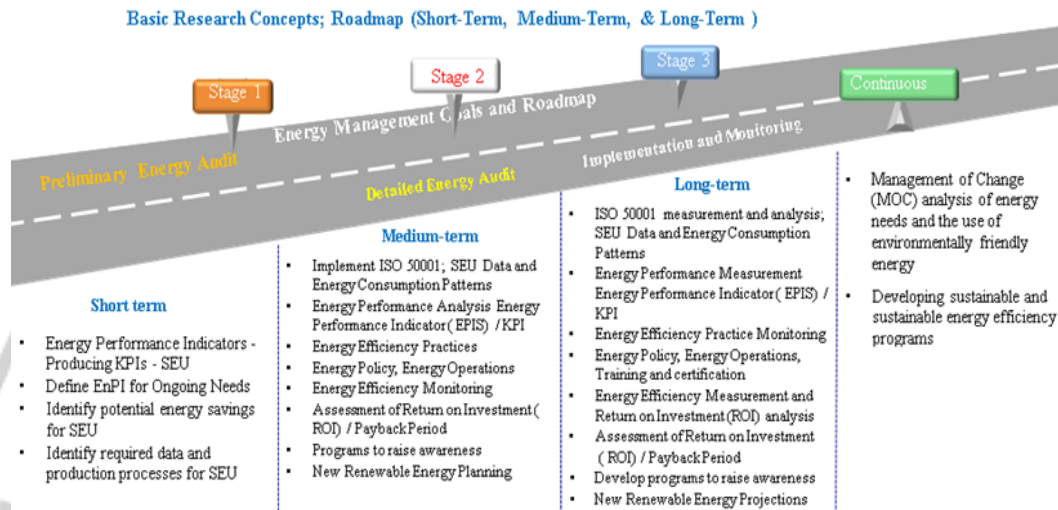


Gambar 2. 4 Plan-Do-Check-Act approach in ISO 50001

2.1.3 Peta Jalan Penggunaan Energi

Methodology benchmarking untuk sistem manajemen energi industri berdasarkan standar ISO 50001 menjadi pedoman dalam membuat Peta Jalan perencanaan pemenuhan kebutuhan Energi. Penelitian ini bertujuan untuk memfasilitasi perbandingan dan evaluasi kinerja energi antara organisasi dengan menerapkan pendekatan benchmarking yang komprehensif. *Methodology benchmarking* yang diusulkan mencakup beberapa langkah, termasuk identifikasi indikator kinerja energi yang relevan, pengumpulan data, normalisasi data, analisis perbandingan, dan identifikasi area perbaikan potensial (Franco et al., 2023). Penulis memaparkan penggunaan *Methodology benchmarking* menjadi acuan yang relevan dengan menggunakan data historis, penggunaan rasio kinerja energi, dan pengembangan indeks kinerja energi untuk membandingkan kinerja energi antara organisasi. Selain itu, penelitian ini juga membahas tentang implementasi *methodology benchmarking* pada beberapa organisasi industri untuk memvalidasi efektivitasnya. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa metodologi *benchmarking* yang diusulkan mampu memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja energi dan memfasilitasi identifikasi area perbaikan potensial dalam manajemen energi industri. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan pendekatan *benchmarking* untuk sistem manajemen energi berdasarkan standar ISO 50001.(Jin et al., 2021a).



Gambar 2. 5 Peta Jalan Penggunaan Energi (Road Map)

Energi listrik adalah suatu energi yang dihasilkan melalui proses pergerakan partikel bermuatan listrik, seperti elektron. Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti untuk berbagai keperluan, seperti penerangan, penggunaan peralatan elektronik, transportasi listrik, dan masih banyak lagi. Sumber energi listrik dihasilkan pembangkit listrik tenaga fosil seperti pembangkit listrik tenaga batu bara dan pembangkit listrik tenaga gas, pembangkit listrik tenaga air, pembangkit listrik tenaga nuklir, serta sumber energi terbarukan seperti pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga angin. Penggunaan energi listrik yang efisien dan berkelanjutan menjadi perhatian penting dalam upaya mengurangi dampak lingkungan dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Ini termasuk adopsi teknologi hemat energi, praktik penghematan energi, dan kebijakan energi yang berfokus pada penggunaan listrik yang lebih efisien dan beralih ke sumber energi terbarukan sehingga menjadi acuan dalam membuat kebijakan energi yang berdampak kepada faktor ekonomi (Laszlo, 2023).

Strategi pengaturan beban pada mesin diesel berdasarkan optimasi konsumsi bahan bakar. Analisa dan Evaluasi pengaruh *load shedding* terhadap efisiensi pengoperasian Mesin generator diesel dan upaya strategi pengaturan beban yang dapat mengoptimalkan konsumsi bahan bakar (Akhtar et al., 2020). Penulis menjelaskan metode dan algoritma yang digunakan serta hasil eksperimen yang menunjukkan efektivitas strategi pengaturan beban yang diusulkan.

2.2 Konsep Dasar Penelitian

Operasional pertambangan yang didukung oleh pembangkit listrik, Energi listrik menjadi kebutuhan yang sangat esensial dalam proses produksi pertambangan dan komunitas di lokasi pertambangan, Energi listrik merupakan bentuk energi yang dapat diubah menjadi bentuk energi yang lainnya seperti energi mekanik, Satuan energi listrik diukur dalam satuan *Joule* (J) atau *kilowatt-jam* (kWh).

Manajemen dan optimasi energi dalam sistem tenaga listrik. Penulis menjelaskan konsep-konsep penting, strategi, dan metode yang digunakan dalam manajemen energi listrik untuk meningkatkan efisiensi operasional dan penggunaan energi. Jurnal ini memberikan pemahaman yang komprehensif tentang aspek-aspek yang terkait dengan manajemen energi dalam konteks sistem tenaga listrik (Elgamal et al., 2022). Konsep dasar penelitian untuk mengkaji tingkat seberapa dalam hasil Audit terdahulu, maka analisa hasil audit energi akan mengacu kepada beberapa hal, diantaranya;

- a) *Walk-Through Audit* yang meliputi observasi dan potensial terjadinya pengamatan (Birkha Mohd Ali et al., 2021). Tingkat pelaksanaan audit adalah level 1 (satu) yang meliputi, diantaranya adalah
 - Pengumpulan data yang bersifat secara umum dari hasil pengamatan dan wawancara dari representatif karyawan maupun level manajemen
 - Analisa dan kegiatan evaluasi sistem pengoperasian pembangkit dan pemanfaatan energi serta intensitas energi yang dihasilkan oleh pembangkit
- b) *Priliminary Audit*, Audit Energi Level 2 (dua)
Audit energi level 2 (dua) adalah untuk mengetahui potensi penghematan energi, pengukuran dan analisa data penggunaan energi dan penghematan energi lebih lengkap dari audit level 1 (satu). Analisa kajian meliputi;
 - Analisa manajemen energi

Keputusan pengembangan dan investasi pengembangan pembangkit Listrik yang ramah lingkungan

- Analisa Pengoperasian Pembangkit Energi
Pengaturan pengoperasian pembangkit serta analisa instrumen dan peralatan dalam program efisiensi energi yang dikembangkan
- Analisa kebocoran atau rugi-rugi dari setiap instrumen atau peralatan

c) Audit Energi Terperinci, Audit berdasarkan hasil kajian teknis

Sekala Prioritas dalam analisa Audit energi yang terinci meliputi Sumber Energi, rugi-rugi energi dan juga faktor apa saja yang dapat mendukung program efisiensi energi. Program penghematan energi dengan merujuk kepada karakteristik operasional pembangkit listrik serta instrumen yang lebih luas, berikut ini tabel untuk melihat tingkat kedalam Analisa Audit Energi pada tabel Audit Energi;

Tabel 2. 1 Level Audit Energi

Aktifitas	Level Audit		
	Level 1	Level 2	Level 3
Mengumpulkan data energi dan Wawancara	X1)	X1)	X1)
Dokumen teknikal	-	X	X
Pengukuran peralatan utama	-	X	X
Pengukuran semua level	-	X	X
Evaluasi dasar sistem teknikal	X	X	X
<i>Heat balance</i>	-	X1)	X1)
Potensi penghematan	X	X	X
Usulan <i>Investment; guiding</i>	-	X	-
Usulan <i>Investment: well-grounded</i>	-	-	X

Keterangan:

- 1) : Jika meter energi terpasang
 X : Dilakukan pada Audit Energi sesuai Level
 Sumber : Tabel Kedalaman Audit Energi (Apriani, 2016)

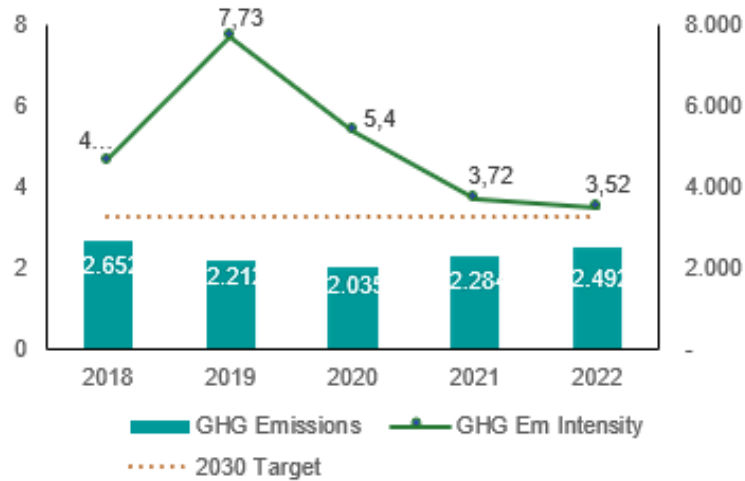
2.2.1 Ruang Lingkup Penelitian

Kajian dan review hasil internal audit yang menjadi ruang lingkup penelitian analisa kebutuhan energi listrik untuk mendukung operasional merujuk kepada program penggunaan energi yang ramah lingkungan, ISO 50001 adalah standar internasional untuk sistem manajemen energi yang memberikan kerangka kerja untuk organisasi dalam mengembangkan, menerapkan, dan mempertahankan sistem manajemen energi yang efektif. Yang berdasarkan beberapa diantaranya faktor penghematan energi, lingkup area, kedalaman analisa data audit dan sumberdaya. Penelitian tentang konservasi energi dengan menggunakan kerangka ISO 50001, diantaranya adalah meliputi:

- a) Implementasi ISO 50001: Penelitian ini dapat fokus pada proses implementasi standar ISO 50001 penelitian ini mencakup langkah-langkah yang diperlukan untuk memenuhi persyaratan standar, tantangan yang dihadapi dalam implementasi, dan manfaat yang dihasilkan dari penerapan sistem manajemen energi (Jin et al., 2021b).
- b) Evaluasi kinerja energi: Penelitian ini dengan melakukan review dari internal audit energi dapat melibatkan evaluasi kinerja energi sesuai implementasi ISO 50001. Penelitian ini dapat mencakup pengukuran dan analisis data konsumsi energi, penghematan energi yang tercapai, pengurangan emisi gas rumah kaca, dan indikator kinerja energi lainnya untuk menilai efektivitas sistem manajemen energi (Andersson et al., 2021).
- c) Peran budaya organisasi, pengaruh budaya organisasi terhadap penerapan ISO 50001 dan konservasi energi, Penelitian ini dapat melibatkan analisis faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan dan adopsi sistem manajemen energi oleh karyawan, perubahan perilaku yang terkait dengan efisiensi energi, serta upaya untuk membangun budaya kesadaran energi di organisasi. Penerapan program konversi energi dalam melibatkan faktor manusia dan lingkungan kerja yang mencerminkan perilaku dalam lingkungan sosial, faktor psikologis sebagai cerminan perilaku dan sifat serta karakteristik untuk memberikan dampak yang positif dalam ketertarikan dan kepedulian akan penggunaan energi yang ramah lingkungan (Sawitri et al., 2015a). Penulis memaparkan pentingnya teori sosial-kognitif yang memiliki perspektif sebagai salah satu teori psikologi yang dapat diterapkan dalam memaparkan Perilaku seseorang yang ramah lingkungan, dan

- dikemukakan bahwa perilaku pro-lingkungan akan berdampak kepada pengembangan teori dalam program konservasi energi.
- d) terkait dengan manajemen perilaku pro-lingkungan dan untuk menginformasikan pembuat kebijakan ketika merancang intervensi untuk mendorong Perilaku pro-lingkungan. Penelitian sebelumnya telah menggunakan teori perilaku terencana, teori aktivasi norma, dan teori nilai-keyakinan norma untuk menjelaskan perilaku pro-lingkungan. Namun, penggunaan teori sosial-kognitif untuk menjelaskan pro-lingkungan (Sawitri et al., 2015b).
- e) Penggunaan teknologi dalam sistem manajemen energi: Objective target Program dan komitmen yang diperlukan rancangan baik program *short term* atau *long term* dalam penggunaan teknologi dan diimplementasikan dalam pembangunan pembangkit listrik *project dual Fuel Power Plant (DFPP)* bahan bakar B30%, Penelitian ini dapat mempelajari penggunaan teknologi dan sistem informasi dalam mendukung implementasi dan operasionalisasi ISO 50001. Penelitian ini mungkin mencakup penerapan solusi teknologi untuk pengukuran, pemantauan, dan pengelolaan energi, serta evaluasi keberhasilan teknologi dalam meningkatkan efisiensi energi. Hasil Review internal audit energi 2020 yang dilaporkan, menargetkan pengurangan Emisi Gas rumah kaca (GHG) sebesar 30% di tahun 2030. Penggunaan teknologi digitalisasi dan transformasi digital pada pembangkit, maka diperlukan kompetensi dari sumber daya manusianya. Hal ini sangat penting untuk tercapainya inovasi dalam digitalisasi pembangkit yang dapat dikembangkan, sekaligus dapat mengakselerasi dengan program digitalisasi yang sudah dipergunakan dalam mendukung pengoperasian energi. Faktor keamanan siber, faktor pengoperasian dan penggunaan perlu ditingkatkan faktor keamanannya sesuai standar protokol komunikasi sistem IT/OT yang diprasyaratkan (Paryanto et al., 2021). Penulis memaparkan hasil penelitiannya pentingnya peningkatan kompetensi dari sumber daya manusia dalam mengikuti peningkatan teknologi dan transformasi digital di area pembangkit.
- f) Pengaruh kebijakan dan regulasi: Penelitian ini dapat mengeksplorasi pengaruh kebijakan dan regulasi terhadap implementasi ISO 50001 dan konservasi energi. Penelitian ini mungkin melibatkan analisis dampak kebijakan energi nasional atau lokal terhadap adopsi sistem manajemen energi oleh organisasi dan langkah-langkah yang diperlukan untuk memenuhi persyaratan peraturan.

Perusahaan berkomitmen mengurangi emisi gas rumah kaca (GHG) sebesar 30% pada tahun 2030 merujuk pemakaian energi 2018 hingga 2020 dan dari hasil manajemen review pada tahun 2022 diperkirakan sebesar 26%



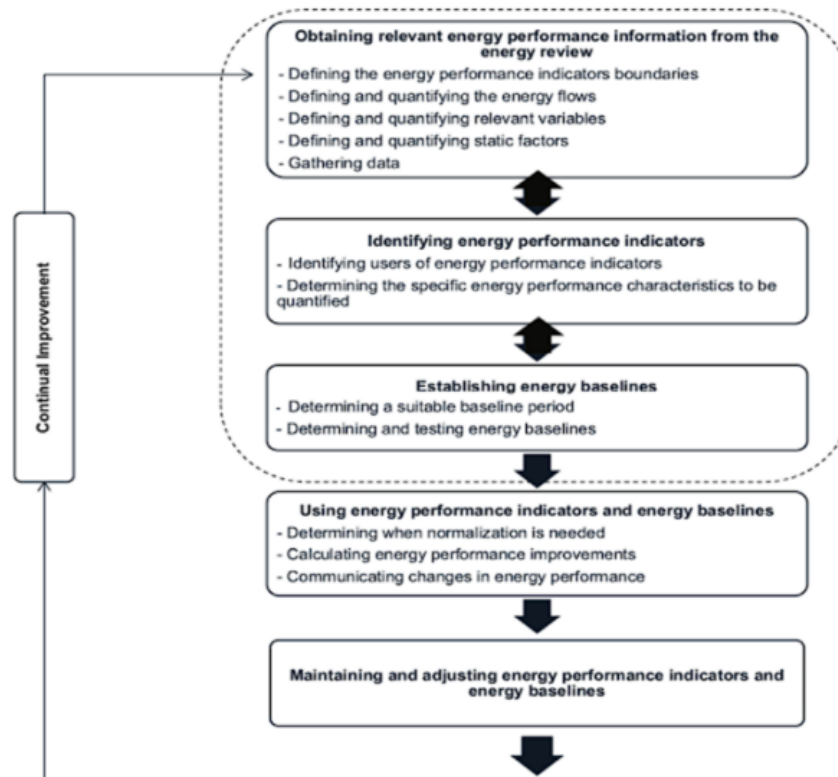
Gambar 2. 6 Climate Performance; 5-Year Emissions Reduction Performance (Audit Energi,2020)

2.2.2 Metodologi Penelitian

Analisa hasil audit energi diperlukan metodologi dan menetapkan langkah-langkah, diantaranya adalah sebagai berikut;

1. Penetapan Tujuan penelitian, maksud dan tujuan penelitian untuk melakukan analisa kebutuhan energi, memastikan program efisiensi energi dan melakukan identifikasi peluang dalam penghematan energi serta melakukan evaluasi dampak dari penerapan program efisiensi energi.
2. Melakukan pengumpulan data yang terkait konsumsi energi, pencatatan proses pengoperasian, catatan penggunaan peralatan, dan parameter apa saja yang relevan dalam mendukung keperluan audit energi
3. Analisa Data untuk melihat tren dan potensi adanya penghematan energi yang dapat diupayakan dan dimaksimalkan dalam mendukung operasional perusahaan
4. Evaluasi Kinerja Energi dengan menggunakan indikator kinerja energi saat ini dengan melihat dari konsumsi energi dengan output dari produksi yang dihasilkan

5. Peluang penghematan dan potensi penghematan pada penggunaan energi yang signifikan (SEU) dengan melakukan penelitian baik dari analisa kebutuhan energi, melakukan identifikasi pemborosan energi dan peluang penggunaan teknologi yang lebih efisien
6. Membuat Laporan analisa dan memberikan prioritas tindakan berdasarkan dampak potensi dan pendanaan serta melihat faktor lainnya yang relevan dengan peluang penghematan dan pemenuhan regulasi



Gambar 2. 7 Energy Performance Indicators (Menurut ISO 50001)

Secara umum, tahapan terpenting dalam audit energi adalah mengidentifikasi kinerja seluruh sistem dan sub-sistem / peralatan. Untuk mengevaluasi kinerja sistem dan sub-sistem, Diantaranya metode penelitian , yaitu:

- *Energy Performance Indicators (EnPIs)*
- *Calculation of Specific Energy Consumption (SEC)*
- *Identification of Significant Energy Used (SEU)*

Standar ISO 50001 Menetapkan, penggunaan, dan pemeliharaan indikator kinerja energi (EnPI) dan baseline energi (EnB) dalam mengukur kinerja energi dan perubahan kinerja energi. Dua Elemen

Kunci adalah EnPI dan *Energy Baseline* (EnB) yang saling terkait pada ISO 50001 yang memungkinkan untuk dilakukan pengukuran, *Energy Performance Indicators (EnPIs)* - Kinerja energi adalah konsep luas yang terkait dengan beberapa hal penting; Konsumsi energi, Penggunaan energi, dan Efisiensi energi. Untuk mengelola kinerja energi secara efektif, perlu mengetahui bagaimana energi digunakan dan berapa banyak yang dikonsumsi dari waktu ke waktu (Franco et al., 2023). EnPI adalah nilai atau ukuran yang mengukur hasil yang terkait dengan efisiensi energi, dan konsumsi dalam fasilitas, sistem, proses, dan peralatan. Hasil Analisa dari audit energi untuk melihat keberhasilan dari sasaran dan juga target yang telah ditetapkan yang akan dikaji dari analisa data dengan metode dalam penentuan target dan program, diantaranya yaitu;

1) Intensitas Konsumsi Energi

Proses produksi Pembangkit Listrik secara menyeluruh dari target power distribusi yang ditentukan dan potensi penghematan energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE):

$$\frac{\text{Total Energi yang dikonsumsi}}{\text{Total massa bahan yang dihasilkan}}$$

2) Pareto Chart

Analisa data untuk melihat permasalahan dari penggunaan energi terbesar yang dipergunakan rata-rata dari setiap tempat / Unit pembangkit Listrik (Kementrian Perindustrian, 2011).

Analisa Pareto Chart beberapa pendekatan diantaranya adalah;

- Kunci penggunaan Energi Terbesar dan potensi penghematan
- Analisa presentasi penggunaan energi dari setiap peralatan
- Sebaran dan statistika penggunaan energi

3) Methods 5W + 1H

Akar permasalahan pada pemborosan penggunaan energi yang dapat di konversi pada potensi penghematan energi dengan merujuk dari kajian dan analisa *Pareto chart* dari penggunaan Energi yang *significance*, berikut ini pendekatan dimaksud adalah dengan penggunaan metode 5W + 1H ;

- Where* : Menentukan sumber-sumber peralatan yang terjadi adanya pemborosan pada penggunaan energi
- What* : Mengidentifikasi penyebab-penyebab terjadinya adanya

- pemborosan pada penggunaan energi
- c. *Why* : Identifikasi penyebab-penyebab terjadi pemborosan energi
 - d. *Who* : Identifikasi dan analisa pemborosan energi dengan berdasarkan 5M (*Manpower, Machine, Material, Methode, and Moter Nature*)
 - e. *When* : Kapan terjadinya permasalahan apakah dikarenakan proses dari produksi atau perlatan / *equipment*
 - f. *How* : Permasalahan diatasi dari setiap sumber yang mengalami pemborosan dan dapat dikonversi dengan peluang penghematan melalui program dan kinerja energi dengan 4 (empat) methods, diantaranya adalah:
 1. Observasi dan pengamatan pada sarana Pembangkit (*Power House*), Melihat secara langsung kinerja dari peralatan dan teknologi yang dioperasikan pada peralatan pada kegiatan operasional, program pemeliharaan yang tujuannya untuk penghematan energi
 2. Observasi pada sistem instalasi dan pemeliharaan jaringan serta pengukuran
 3. Metode Pengukuran pada Peralatan, Pembangkit dan sistem instalasi serta program pemeliharaan
 4. Metode Pemeriksaan dengan pengukuran kebisingan (*Soundlevel meter*), *Infra red (thermograpy)*

2.2.3 Tantangan dan Hambatan

Program analisa energi meliputi kebijakan dan manfaat energi, konservasi energi, dan emisi gas rumah kaca (GHG) memiliki tantangan dan hambatan tersendiri, maka diperlukan kebijakan dalam pemenuhan manajemen energi sehingga *efficiency energy* dan regulasi serta *policy* menjadi panduan dalam menetapkan program (Opoku et al., 2020). Berikut adalah beberapa kebijakan energi yang menjadi referensi pentingnya untuk melakukan tata kelola energi, diantara meliputi :

1. Konservasi Energi:
 - Meningkatkan efisiensi penggunaan energi, dengan menggunakan energi secara efisien dan mengurangi konsumsi energi yang berlebihan dan program penanganan pemborosan energi.

- Penghematan energi: penggunaan energi dan mengurangi biaya energi. Program konservasi energi untuk membantu penggunaan energi dalam bisnis proses dan program penghematan secara jangka panjang
 - Dampak Lingkungan: Mengurangi dampak lingkungan dengan menjalankan konservasi energi
2. Emisi Gas Rumah Kaca (GHG):
- Gas Rumah Kaca seperti karbon dioksida (Co₂) dan Metana (CH₄), yang dapat menyebabkan pemanasan global dengan menjebak panas di atmosfer bumi. Sumber Emisi gas rumah kaca (GHG) berasal dari berbagai sumber termasuk dari hasil pembakaran fosil, industri dan proses deforestasi dari tanaman tanaman yang terjadi pembusukan
 - Dampak Perubahan Iklim: Efek peningkatan GHG menimbulkan perubahan iklim yang signifikan, kenaikan suhu bumi dari rata-rata, perubahan cuaca atau anomali cuaca, ancaman ekosistem dan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya
 - Pengurangan Emisi gas rumah kaca (GHG): Program penggunaan energi baru terbarukan, mitigasi mengurangi emisi GHG, penerapan teknologi yang ramah lingkungan, kebijakan energi yang mencakup program penghematan dan program sosialisasi pencemaran lingkungan (Nabi et al., 2022).
3. Kebijakan Efisiensi Energi:
- Menetapkan standar minimum efisiensi energi yang harus dipenuhi oleh peralatan yang dioperasikan dengan merujuk kepada manual books, membandingkan *safety performance* dari setiap peralatan dan program perawatan dan *down time* untuk memperluas program efisiensi dan menentukan perencanaan konservasi energi yang lebih luas lagi (Urbano et al., 2023)

2.3 Teknologi dan Inovasi

Teknologi dan inovasi dalam analisis dan penghematan energi serta konservasi energi. Yang diprogramkan dalam konservasi energi, Program penggunaan teknologi yang ramah lingkungan dan hemat, Berikut ini beberapa teknologi dan inovasi yang dapat dikembangkan dalam melakukan program pengelolaan energi yang lebih baik, diantaranya adalah;

1. Energi Baru terbarukan, Penggunaan sumber energi dari panel surya-PLTS untuk mengurangi ketergantungan energi yang berasal dari bahan bakar fosil yang dapat mengurangi efek emisi gas rumah kaca
 2. Penggunaan Kendaraan yang ramah lingkungan dalam pengoperasian perusahaan baik di lokasi pertambangan dan pabrik
 3. Penggunaan Teknologi untuk melakukan pengontrolan Emisi dan pencatatan penggunaan energi dan kelola pengaturan energi
 4. Pembangunan Pembangkit Listrik yang ramah lingkungan dengan menggunakan Bahan Bakar Biodiesel
- Kajian hasil internal audit perusahaan, memberikan kontribusi kepada lingkungan dan pemerintah serta dunia akan komitmen perusahaan untuk patuh kepada regulasi dan peraturan terkait.

2.4 Gap Analisa Analisa Audit Energi

Analisa hasil audit energi memastikan *Gap* yang ada dengan penelitian yang ada sebagai jembatan dan kajian dalam melakukan perbaikan, adapun faktor yang menjadi perhatian analisa dalam melakukan evaluasi dalam *Gap* analisa diantaranya;

1. Program Efisiensi Energi dan nilai *Benchmark* dari hasil penelitian terdahulu yang menggambarkan program efisiensi energi yang tercapai di industri dan pertambangan, Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk melakukan kajian dan analisa ketidaksesuaian dan penerapan penggunaan energi yang terbaik pada penelitian terdahulu menjadi tolok ukur dan referensi (Michaelides, 2021).
2. Pengembangan teknologi dan inovasi dalam pengoperasian pertambangan dan pengoperasian pembangkit Listrik yang ada di area Pertambangan dengan mengacu *GAP* dengan Jurnal dan penelitian terdahulu, tujuan untuk mengidentifikasi kekurangan dan melakukan adopsi penggunaan teknologi yang mumpuni dan inovatif dalam pengelolaan pertambangan yang ramah lingkungan dan pengoperasian dan pemanfaatan energi dalam pengolahan dan produksi dengan inovasi penggunaan digital (Paryanto et al., 2021)
3. Pemantauan dan pengukuran Kinerja lingkungan seperti gas rumah kaca (GRK) yang berdampak kepada lingkungan baik udara, air dan tanah dengan merujuk kepada jurnal dan

penelitian terdahulu untuk menjadi panduan dalam pengelolaan lingkungan (Andersson et al., 2021)

4. Budaya dan kesadaran dalam penggunaan energi terkait kesadaran organisasi dan masyarakat terkait pemanfaatan dan pengelolaan energi, dengan merujuk kepada jurnal dan penelitian terdahulu, Gap analisis untuk mengidentifikasi permasalahan dan kesenjangan, Analisa data dari hasil audit energi dipergunakan sebagai acuan atau *benchmarks* dan analisa teknis dengan menggunakan metrik manajemen energi, pentabulasian data, analisa hasil, statistik, sistem kinerja energi serta faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja dan analisa diagram sebab akibat serta *cost* dan *benefit* nya, diantaranya adalah;

a. *Energy Management Metric*

Adapun metrik dari manajemen energi terdiri dari 6 kolom dan terdiri dari 5 baris. Yang menjelaskan;

- Kolom saling berkaitan satu dari enam pilar dari aspek manajemen energi
- Posisi manajemen energi digambarkan pada baris metrik.
- Hasil manajemen energi dinilai semakin baik aspek pengendalian bila pada posisi semakin keatas dari setiap kolom.

Identifikasi kekuatan dan kelemahan pada suatu hasil analisa manajemen energi yang terdiri dari 5 (lima) tingkatan, yaitu ” 0 – 4” , dengan keterangan yang menggambarkan dari tingkat yang terendah / buruk hingga keatas / terbaik. Berikut ini baris ” 0 - 4 ” yang mempresentasikan kinerja energi dari hasil kajian dari Hasil Audit Energi , Level pemetaan adalah ;

- Level 0, Manajemen energi belum menjadi agenda, tidak adanya kebijakan energi, tidak adanya struktur organisasi manajemen energi, tidak adanya pelaporan dan tidak adanya personal yang ditunjuk untuk melakukan penanganan energi
- Level 1, Maju satu langkah dalam pengelolaan energi, belum memiliki kebijakan energi secara resmi. Surat tugas dan manajer energi telah ditunjuk, Manajer energi melakukan promosi kesadaran program manajemen energi melalui institusi dan divisi dalam program efisiensi energi yang disarankan dan di propandakan

- Level 2, Manajemen senior di perusahaan memahami pentingnya manajemen energi namun dalam analisa ditemukan praktik dan komitmennya belum ditemukan akan dukungannya
- Level 3, Manajemen Senior telah memahami dan melakukan penilaian penghematan, dan isu-isu konsumsi energi yang signifikan menjadi agenda dan diintegrasikan dengan Program dalam organisasi, Sistem pelaporan dan informasi sudah diterapkan dan investasi energi yang ramah lingkungan
- Level 4, Prioritas utama dalam program pengendalian konsumsi energi, Program Monitoring dibandingkan dengan Target serta program efisiensi dan dilaporkan dengan baik oleh team manajemen energi serta penggunaan energi di hubungkan dengan aspek lingkungan dan potensi dampaknya serta Top Manajemen berkomitmen menjalankan program efisiensi energi


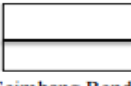



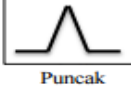

Tabel 2. 2 Metrik Manajemen : HAKE Ir. Parlindungan Marpaung (Metrik Audit Energi diindustri), 2014

Tingkat	Kebijakan Energi	Tim Energi	Motivasi	Sistem Informasi	Pemasaran	Investasi
4	Kebijakan energi, rencana tindakan dan pratinjau rutin, memperoleh komitmen dari top management sebagai bagian dari strategi lingkungan	Manajemen energi telah sepenuhnya terintegrasi ke dalam struktur manajemen . Delegasi tanggung jawab yang jelas untuk konsumsi energi	Jalur informasi formal dan informal secara rutin dimanfaatkan oleh manajer energi dan staf energi pada semua level	Sistem yang komprehensif menetapkan target, memonitor konsumsi mengidentifikasi kesalahan, menguantifikasi penghematan dan menyediakan pelacakan anggaran.	Memasarkan nilai efisiensi energi dan kinerja manajemen energi baik di dalam maupun di luar organisasi.	Diskriminasi positif dalam mendukung skema "hijau" dengan penilaian investasi yang rinci dari semua peluang baru dan peluang yang diperbarui.

3	Kebijakan energi formal, tapi bukan komitmen aktif dari top management	Manajer energi bertanggung jawab terhadap komite energi yang mewakili semua <i>user</i> , yang dipimpin oleh seorang anggota dewan manajer	Komite energi digunakan sebagai jalur utama bersama dengan kontak langsung dengan <i>user</i> utama	Laporan M&T untuk aset pribadi berdasarkan <i>sub-metering</i> , tetapi penghematan tidak dilaporkan secara efektif kepada <i>user</i> .	Program kesadaran staf dan kampanye masyarakat secara rutin	Kriteria pengembalian yang digunakan sama seperti untuk semua investasi lain
2	Tidak mengadopsi kebijakan energi yang ditetapkan oleh manajer energi atau manajer departemen senior	Terdapat manajer energi, memberikan laporan kepada komite ad-hoc, tapi manajemen lini dan kewenangan tidak jelas	Kontak dengan <i>user</i> utama komite ad-hoc yang dipimpin oleh manajer departemen senior	<i>Monitoring</i> dan <i>targetting</i> dilaporkan berdasarkan data pasokan meter, unit energi memiliki keterlibatan ad-hoc dalam pengaturan anggaran.	Ada pelatihan kesadaran bagi staf ad-hoc	Hanya investasi menggunakan kriteria pengembalian jangka pendek.
1	Kumpulan pedoman tidak tertulis	Manajemen energi merupakan tanggung jawab paruh-waktu dari seseorang dengan otoritas atau pengaruh yang terbatas	Kontak informal antara <i>Enjiner</i> dan beberapa <i>user</i>	Biaya dilaporkan berdasarkan data <i>invoice</i> . <i>Enjiner</i> memenuhi laporan untuk penggunaan internal di dalam departemen teknis	Kontak informal digunakan untuk mempromosikan efisiensi energi	Hanya kebijakan berbiaya rendah yang diambil

0	Tidak ada kebijakan yang eksplisit	Tidak ada manajemen energi atau delegasi formal apa pun mengenai tanggung jawab konsumsi energi	Tidak ada kontak dengan <i>user</i>	Tidak ada sistem informasi. Tidak ada perhitungan untuk konsumsi energi	Tidak ada promosi untuk efisiensi energi	Tidak ada investasi dalam peningkatan efisiensi energi
---	------------------------------------	---	-------------------------------------	---	--	--

Berikut ini keterangan Tabel Diagnosa umum dalam bentuk Metrik Manajemen yang menggambarkan kinerja manajemen energi dan juga nilai pencapaian serta keseimbangan dalam usaha dan pencapaian suatu kinerja manajemen energi.

No	Bentuk	Diskripsi	Diagnosa
1	 Seimbang Tinggi	Nilai 3 atau lebih pada semua kolom	Kinerja sangat bagus, masalahnya adalah dalam mempertahankannya
2	 Seimbang Rendah	Nilai Kurang dari 3 pada semua kolom	Terjadi kemandekan/stagnasi
3	 Bentuk U	Ada 2 kolom di dalam nilai rendah	Ekspektasi menaik
4	 Bentuk N	Ada 2 kolom diluar nilai rendah	Pencapaian di tengah sia-sia
5	 Bentuk V	Ada 1 kolom sangat rendah dibanding lain	Pencapaian yang sangat rendah pada kolom ini akan menghambat keberhasilan
6	 Puncak	Ada 1 kolom sangat tinggi dibanding lain	Usaha pada area ini akan sia-sia karena kekurangan pada area-area yang lain
7	 Tidak Seimbang	Ada 2 atau 3 kolom mempunyai nilai kurang dari 2	Semakin besar ketidakseimbangan akan semakin sulit mengatasinya

Gambar 2. 8 Bentuk Metrik Manajemen dan Diagnosa

Sumber: Ir. Parlindungan Marpaung (Diagnosa Umum Metrik Manajemen) ,2014

2.5 Strategi dan Metode Analisa Hasil Audit Energi

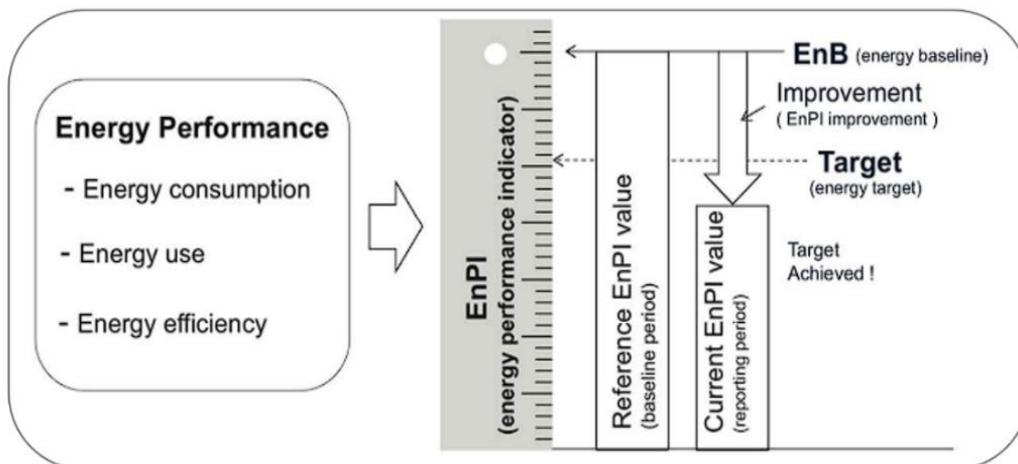
Pendekatan Analisa Penggunaan Energi Terbesar, Analisa SEU (*Specific Energy Use*) pada penerapan program audit energi baik di industri atau pertambangan dan pendekatan yang dipergunakan untuk mengukur nilai efisiensi energi dengan metode menghitung konsumsi energi yang menghubungkan dengan nilai output pada setiap produksi yang dihasilkan. Analisa yang dilakukan pada SEU memiliki tujuan dalam membandingkan penggunaan energi dengan indikator kinerja energi diantaranya produksi, volume produksi atau tonase hasil dari kegiatan pertambangan. Apakah pertumbuhan nilai ekonomi dari kegiatan produksi akan mempengaruhi dampak peningkatan pencemaran udara (CO₂), Ada kemungkinan dapat meningkatkan akumulasi residual yang berdampak kepada lingkungan dan berbahaya seperti emisi karbon dioksida (CO₂) terhadap lingkungan (Sasana dan Aminata, 2018). Penulis memaparkan hasil penelitian dan menganalisa pengaruh pertumbuhan ekonomi berbasis energi yang dapat menimbulkan dan menghasilkan emisi CO₂. Penelitian pada Estimasi yang menggunakan regresi linier berganda (*multipel regression model*) dengan menggunakan metode ordinary least square dalam penelitian melakukan analisa data yang telah didapatkan. Penelitian menghasilkan bahwa pertumbuhan ekonomi, konsumsi energi primer, dan pertumbuhan penduduk berpengaruh positif terhadap emisi CO₂, sedangkan energi yang dikonsumsi adalah energi yang terbarukan hasilnya negatif terhadap emisi CO₂. Strategi dan Metode Analisa Hasil Audit Energi untuk memberikan Rekomendasi serta perbaikan dan menyeimbangkan masing-masing sebuah isu pada setiap kolom, diantaranya adalah ;

- Analisa Data Histori, membuat tabulasi data, melakukan pengelompokan serta memberikan gambaran, grafik, data penggunaan energi, Kelistrikan dan Potensi Penghematan
- Analisa Teknis, Melakukan analisa data operasional, produksi, neraca energi dan pengamatan energi yang dilakukan
- Analisa Cost, Rekomendasi hasil analisa hasil audit energi, perbaikan operasional yang dilakukan, program pemeliharaan, pemantauan dan pencatatan alat ukur, program pelatihan dan sertifikasi, Serta *management improvement*

2.6 Hipotesis Analisa Hasil Audit Energi

2.6.1 Efisiensi Energi

Konsumsi energi dipertambahan seiring pertumbuhan kinerja operasional pertambangan, implementasi efisiensi energi untuk mengurangi konsumsi energi yang tidak ramah lingkungan dengan menerapkan teknologi efisiensi energi dengan mengoptimalkan peralatan yang efisien. *Energi Baseline* (EnB) adalah referensi yang mencirikan dan mengukur kinerja energi selama periode waktu tertentu. *Energi Baseline* memungkinkan untuk menilai perubahan dalam kinerja energi antara periode yang dipilih (Ocampo Battle et al., 2020). EnB juga digunakan untuk perhitungan penghematan energi, sebagai acuan sebelum dan sesudah pelaksanaan tindakan peningkatan kinerja energi. Menetapkan target untuk kinerja energi sebagai bagian dari proses perencanaan energi dalam sistem manajemen energi (EnMS). Mempertimbangkan target kinerja energi spesifik sambil mengidentifikasi dan merancang *Energi Performance Indicator* (EnPI) dan EnB. Hubungan antara kinerja energi, EnPI, EnB, dan target energi diilustrasikan pada Gambar di bawah ini yang diambil dari standar ISO 50006



Gambar 2. 9 Relationship Between EnPIs, EnBs, and Energy Target (Menurut ISO 50006)

2.6.2 Program Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca

Mengurangi dan meminimalkan penggunaan bahan bakar fosil pada kegiatan produksi perlu dilakukan kajian sehingga dapat mengurangi dampak emisi rumah kaca, Pemasangan *Selective Catalytic Reduction (SCR)* pada *Diesel Engine* di area LIP yang telah di pasang 5 unit SCR pada setiap Engine. Untuk mendukung kegiatan operasional yang lebih ramah dengan

lingkungan untuk mengurangi emisi NO_x di reduksi menjadi N₂ dan H₂O dengan proses dari katalis (Wang et al., 2021)

2.6.3 Pemahaman Karyawan dan Keterlibatan Karyawan

Pengoperasian Peralatan yang inovatif untuk program efisiensi energi, program digitalisasi pada pengoperasian alat yang dioperasikan secara otomatis dalam pengontrolan energi dalam memantau dan mengendalikan dalam kegiatan proses, pengoperasian peralatan yang menggunakan energi lebih ramah lingkungan dan efisien, pemahaman karyawan perlu diagendakan dengan melakukan kampanye-kampanye dalam kegiatan safety meeting, pemasangan poster pada *safety buletin* dan keterlibatan seluruh karyawan dengan kegiatan penghijauan *Power Plant* dengan penanaman pohon dan bunga, Meningkatkan pengetahuan tentang dampak berbahaya terhadap lingkungan dari setiap perilaku dan gaya hidup menjadi perhatian yang dituangkan dalam kebijakan pro-lingkungan sehingga berdampak kepada psikologi karyawan (Sawitri et al., 2015c)

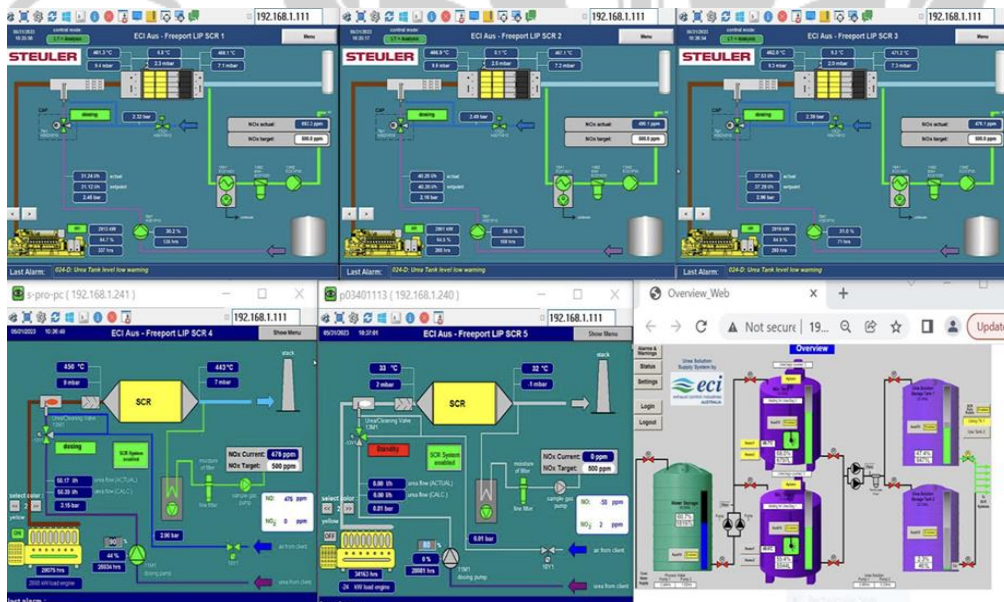
2.6.4 Keputusan Investasi dan Penggunaan Energi Berkelanjutan

Investasi pembangkit listrik yang di Operasionalkan, merujuk kepada kebijakan energi yang berkelanjutan dengan mengoptimalkan tingkat efisiensi penggunaan energi dan mengurangi dampak lingkungan yaitu efek gas rumah kaca dan keberlangsungan operasional pertambangan. Beberapa investasi perlu menjadi pertimbangan dalam mengambil keputusan dalam kebijakan energi;

1. Pengoperasian peralatan yang bersih dan efisien dalam penggunaan energi
2. Program Efisiensi Energi dalam proses operasionalnya dengan menggunakan peralatan yang ramah lingkungan
3. Rantai Pasok Energi dalam keberlangsungan operasional
4. Pertimbangan dan upaya yang dilakukan dalam pengurangan Emisi Gas Rumah kaca dalam proses operasional dengan menerapkan teknologi pengendalian Emisi baik pada peralatan pembangkit energi
5. Pengolahan limbah baik dari hasil proses operasional maupun limbah yang dapat dikelola untuk dapat dipergunakan dalam mengurangi dampak lingkungan

6. Keterlibatan Pemangku Kepentingan diantaranya ; karyawan, masyarakat yang memiliki hak ulayat yang berada di sekitar lokasi pertambangan, dan organisasi lingkungan dalam mendukung proses keputusan operasional pertambangan dalam penggunaan energi yang ramah lingkungan

Peluang Pengurangan Emisi Gas Rumah kaca dengan memanfaatkan teknologi; Pengoperasian Pembangkit Listrik PLTD yang telah dipasang *Selective Catalytic Reduction (SCR)*, dan Rekayasa Pengaturan Beban operasional, Monitoring CEMS (*Continous Emission Monitoring System*) yang terpasang pada PLTU untuk mengidentifikasi dan memonitor sensor atau gas analyser yang dipasang pada cerobong atau *Stack Emissions* (Zhang et al., 2023). SISPEK (Sistem informasi Pemantauan Emisi Industri Kontinu) yang dilaporkan kepada kementerian Lingkungan Hidup yang merupakan skema integrasi yang menjadi kewajiban pada Pembangkit Listrik tenaga termal adalah Pembangkit Listrik tenaga Uap (PLTU) untuk dilakukan monitoring dari emisi gas buang yaitu SO₂,CO,NO_x, dan CO₂ yang ditampilkan secara *real time*



Gambar 2. 10 HMI (Human Machine Interface) dari Selective Catalytic Reduction (SCR)

BAB III

