

SISTEM INTEGRASI (ISO 50001) DENGAN KOMBINASI CHI-SQUARE TEST UNTUK ANALISIS MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI OPERASIONAL ALAT BERAT PADA PERUSAHAAN TERMINAL PELABUHAN

**Ridho Rizky Ramadhana¹, Yosephus Ardean Kurnianto Prayitno^{1,2}✉, Irfan Bahiuddin¹, Setyawan
 Bekti Wibowo^{1,2}, Sugiyanto¹**

¹Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta, 55281, Indonesia

²Center of Excellence Medical Devices and Fabrication Lab & Plant (FabLab Jogja), Field Research Center, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Wates, Yogyakarta, 55651, Indonesia

✉yosephus.ardean@ugm.ac.id

ABSTRAK

Perusahaan terminal pelabuhan memiliki peran penting dalam pertumbuhan perdagangan internasional, di mana lebih dari 85% lalu lintas kargo dunia diangkut melalui jalur laut dan pelabuhan. Dengan terus meningkatnya pertumbuhan perdagangan internasional yang linier dengan peningkatan penggunaan energi, maka perlu dilakukannya strategi manajemen energi untuk memaksimalkan penggunaan energi. Analisis terkait *maturity level* manajemen energi perusahaan terminal pelabuhan berdasarkan ISO 50001 dengan kombinasi *Chi-square test* dilakukan untuk melakukan evaluasi penggunaan bahan bakar minyak (BBM) pada peralatan secara aktual. Hasil analisis menunjukkan nilai *maturity level* ≥ 4 dan nilai signifikan pada *Chi-square test*, di mana nilai ini menunjukkan kondisi ideal bagi perusahaan industri dalam manajemen energi. Di lain sisi, terdapat *trend* fluktuatif pada perbandingan BBM secara aktual. Hal ini menunjukkan bahwa perusahaan perlu melakukan evaluasi secara berkala antara pembuatan kebijakan manajerial dengan data secara aktual di lapangan, sehingga perusahaan dapat memperbaiki kekurangan yang terjadi di lapangan dengan segera.

Kata Kunci: *Perusahaan terminal pelabuhan, ISO 50001, PDCA, maturity level, Chi-square test*

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan sumber daya penting bagi industri untuk melakukan produksi dasar [1]. Energi digunakan dalam berbagai bentuk seperti menggerakkan mesin dan peralatan, meningkatkan produktivitas, serta memenuhi berbagai kebutuhan produksi dan manufaktur. Penggunaan energi di dalam industri memerlukan energi dalam jumlah yang besar

untuk mencapai efisiensi dan produktivitas yang tinggi. Peningkatan konsumsi energi pada industri sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan perdagangan internasional, di mana lebih dari 85% lalu lintas kargo dunia diangkut melalui jalur laut dan pelabuhan. Permintaan energi pelayaran internasional, termasuk pelabuhan laut, telah meningkat rata-rata sebesar 1,6% per tahun antara tahun 2000 dan 2015 [2].

Salah satu industri yang memerlukan penggunaan energi dalam jumlah besar adalah perusahaan terminal pelabuhan. Perusahaan terminal pelabuhan merupakan perusahaan industri yang beroperasi pada bongkar muat kontainer dan memiliki peran penting dalam pertumbuhan perdagangan internasional. Perusahaan terminal pelabuhan memerlukan banyak alat berat dalam operasi bongkar muat. Banyaknya alat berat yang dimiliki perusahaan terminal pelabuhan dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Total Inventaris Peralatan Perusahaan.

A. Peralatan Utama	
Jenis Peralatan	Jumlah [unit]
<i>Head Truck</i>	157
<i>Chassis</i>	194
<i>Forklift (Electric & Diesel)</i>	29
B. Alat Bongkar Muat	
Jenis Peralatan	Jumlah [unit]
<i>Container Crane (CC)</i>	12
<i>Rubber Tyred Gantry (RTG)</i>	30
<i>Reach Stacker</i>	7
<i>Side Loader</i>	3
<i>Low Bed</i>	3
<i>Dolly System</i>	66
<i>Cassette</i>	90
<i>Trans lifters</i>	7

Berdasarkan tabel 1, total inventaris peralatan sangat berpengaruh dalam konsumsi energi, maka dari itu perlu dipertimbangkan parameter inventaris dan penggunaan energi. Dalam mengendalikan penggunaan energi, manajemen energi mencakup penggunaan metode dan teknologi organisasi secara sistematis [3]. Hal ini dapat dicapai dengan melakukan inovasi pada teknologi pengukuran langsung pada suatu sistem [4] atau alat untuk memberikan efisiensi operasional energi yang lebih baik. Sedangkan manajemen energi juga bisa didefinisikan sebagai serangkaian tindakan untuk mencapai penggunaan energi minimal, dengan tingkat kenyamanan dan produksi tetap sama [5]. Oleh karena itu diperlukan kebijakan manajemen energi terstandarisasi agar tercapai penggunaan energi yang efisien.

Standarisasi manajemen energi secara internasional sudah ditetapkan oleh *International Organization for Standardization* (ISO). ISO 50001 adalah standar internasional yang berfokus pada sistem manajemen energi (*Energy Management System/EnMS*) dan bertujuan untuk membantu perusahaan/organisasi meningkatkan kinerja energi, efisiensi energi, dan mengurangi dampak lingkungan terkait konsumsi energi [6]. Implementasi ISO 50001 membantu perusahaan terminal pelabuhan dalam mengidentifikasi kinerja dan efisiensi energi berdasarkan *maturity level* manajemen energi yang dapat dibagi dalam beberapa tingkat kematangan [7]. Oleh sebab itu, dalam menentukan nilai *maturity level* diperlukan perhitungan statistik. Pada penelitian terdahulu, *maturity level* perusahaan yang terevaluasi dapat menentukan strategi perbaikan secara berkelanjutan sehingga mendapatkan manajemen energi yang optimal [8]. Namun analisis statistik terbatas pada interpretasi hasil secara umum. Di lain sisi, *maturity level* memiliki informasi data yang kompleks. Oleh sebab itu diperlukan analisis statistik lebih lanjut yang dikombinasikan dengan ISO 50001 menggunakan *Chi-square test*. Analisis *Chi-square test* digunakan untuk menentukan kesesuaian hipotesis null terkait manajemen energi berdasarkan kebijakan yang ada dibandingkan dengan hasil evaluasi manajemen energi yang telah dilakukan (berdasarkan data lapangan). Untuk melakukan analisis *Chi-square test*, kombinasi perhitungan data kualitatif dan kuantitatif dengan pendekatan eksploratif dapat dilakukan. Penelitian dengan objektif yang sama sebelumnya telah berhasil menganalisis kesesuaian hipotesis null dengan hasil evaluasi data lapangan berdasarkan data sumber teksual dan internet dengan kombinasi survei *online* secara kuantitatif dengan pendekatan statistic [9]. Dengan menggunakan *Chi-square test*, analisis perhitungan yang komprehensif berdasarkan data survei yang kompleks dapat digunakan untuk evaluasi *problem setting* sesuai objektif yang dibutuhkan.

Oleh sebab itu, metode evaluasi manajemen energi perusahaan terminal Pelabuhan dengan kombinasi analisis *maturity level* dan *Chi-square test* diusulkan. Perhitungan *Chi-square test* akan memberikan insight yang lebih terukur terkait data kualitatif berdasarkan ISO 50001 Manajemen Energi dan data kuantitatif terkait penggunaan energi [10]. Selain itu, metode evaluasi ini dilengkapi dengan analisis makro ekonomi

operasional, perhitungan penghematan (*potential save/lost cost*), untuk menentukan signifikansi suatu metode digunakan dengan tujuan efisiensi energi [11], [12].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Deskriptif dengan pendekatan kuantitatif adalah data yang telah dikumpulkan dalam bentuk kata-kata, gambar, dan angka. Data tersebut didapatkan dari kuesioner dan audit energi. Pengumpulan data melalui kuesioner dilakukan dengan menyebarkan kepada sasaran responden dalam bentuk *online form* yang berisi pertanyaan bernilai. Melalui data tersebut kemudian dilakukan perhitungan rata-rata, standar deviasi, jumlah *minimum* dan *maximum*, dan perhitungan distribusi probabilitas dengan *Chi-square test* menggunakan aplikasi *excel* sehingga didapatkan perhitungan terukur.

Gambar 1 menunjukkan diagram alur penelitian yang digunakan. Metode pertama dalam penelitian ini adalah metode kuesioner. Pertanyaan yang ditujukan kepada responden berupa pertanyaan tertutup terkait kondisi proses-proses dalam siklus PDCA ISO 50001 [6]. Responden diberikan alternatif jawaban terkait *maturity level* pada teori EnMS. Alternatif jawaban kuesioner merupakan sebuah panduan agar jawaban setiap proses yang ada dalam perusahaan terukur dan terstruktur. Jawaban yang ada pada kuesioner merupakan cerminan dari *maturity level* perusahaan. Untuk proses *Plan-Do-Check-Action* (PDCA) pada ISO 50001 terdapat dua puluh dua pertanyaan yang terbagi 10 proses P, 7 proses D, 4 proses C, dan 1 proses A [7]. Total jumlah pertanyaan dalam penelitian ini berjumlah 22 soal dengan 5 alternatif jawaban pada setiap pertanyaannya. Ada pun kuisoner yang sudah disiapkan dapat diakses pada link berikut: <https://forms.gle/nUHksc9kfCZ77CVv5>

Metode selanjutnya adalah analisis audit energi. Audit energi adalah salah satu metode paling komprehensif untuk mencapai penghematan energi di industri sehingga dapat meminimalkan konsumsi energi. Setelah mengumpulkan data melalui teknik kuesioner dan melakukan audit energi, tahap penelitian selanjutnya adalah melakukan klasifikasi *maturity level*. Kemudian dilakukan perhitungan statistik dengan cara menghitung rata-rata dari nilai tiap poin, total rata-rata dari keseluruhan poin, standar deviasi, dan nilai minimal dan maksimal yang didapat dari hasil pengumpulan data. Persamaan rata-rata nilai tiap poin didefinisikan persamaan:

$$Mean (\mu) = \frac{(\Sigma x_i)}{N} \quad (1)$$

di mana Σ (sigma) adalah nilai sum, x_i adalah nilai dari tiap poin, N adalah total responden. Kemudian rata-rata total dari keseluruhan poin dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Mean \text{ total } (\mu_t) = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots)}{N_t} \quad (2)$$

di mana $x_{1,2,3}$ adalah hasil rata-rata nilai tiap poin dan N_t adalah banyaknya total poin. Selanjutnya, standar deviasi dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_n - \mu_t)^2}{N_t}} \quad (3)$$

di mana x_n adalah nilai dari tiap poin dan μ_t adalah rata-rata total dari keseluruhan poin.

Untuk melakukan validasi data dan evaluasi terkait hipotesis null, dilakukan pendekatan statistik dengan menggunakan *Chi-square test*. Dalam menganalisis setiap parameter *maturity level*, penelitian ini menggunakan satu varian k hipotesis nol, yaitu:

- (1) *Null hypothesis*: Manajemen energi sebuah perusahaan terminal pelabuhan dikatakan baik apabila memiliki *maturity level* ≥ 4 . Pada tingkat tersebut, perusahaan telah cukup dewasa dalam mengurangi dan memonitoring pemakaian energi.
- (2) *Alternative hypothesis*: null hypothesis tidak valid

Tingkat signifikansi ditetapkan dengan nilai $\alpha = 0,05$ untuk menunjukkan evaluasi yang kuat terhadap hipotesis nol. Data responden pemangku kebijakan dihitung dengan χ^2 sebagai,

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^I \frac{(H_0^k - n_i)^2}{n_i} \dots \in R^I \quad (4)$$

di mana i adalah jumlah parameter *maturity level*, H_0 adalah nilai hipotesis nol, k adalah varian hipotesis nol, n adalah data responden di bawah *i-number*. Untuk mengevaluasi signifikansi hipotesis nol, *Critical value* berdasarkan derajat kebebasan r dihitung sebagai,

$$r = (I - 1)(M - 1) \quad (5)$$

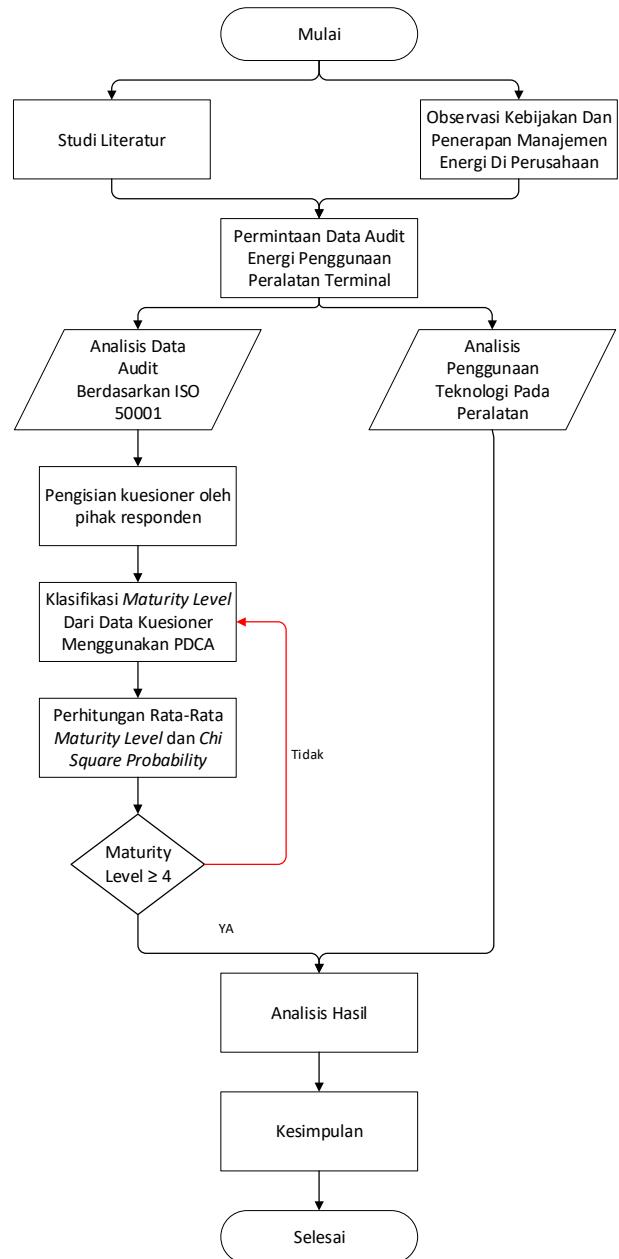
di mana I menunjukkan PDCA dari ISO 50001 dan M adalah jumlah kategori pada *Maturity level*. Untuk nilai referensi χ^2 pada r spesifik mengacu pada tabel standar *Critical value Chi-square* seperti terlihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. *Chi-square critical value for 0,900 > α > 0,010 for $r = 1-10$.*

$I - \alpha$	$P(X \leq x)$				
	0,100	0,900	0,950	0,975	0,990
r	$x_{\alpha=0.9}^2(r)$	$x_{\alpha=0.1}^2(r)$	$x_{\alpha=0.05}^2(r)$	$x_{\alpha=0.025}^2(r)$	$x_{\alpha=0.01}^2(r)$
1	0,016	2,706	3,841	5,024	6,635
2	0,211	1,605	5,991	7,378	9,210
3	0,584	6,251	7,815	9,348	11,34
4	1,064	7,779	9,488	11,14	13,28
5	1,610	9,236	11,07	12,83	15,09
6	2,204	10,64	12,59	14,45	16,81
7	2,833	12,02	14,07	16,01	18,48
8	3,490	13,36	15,51	17,54	20,09

9	4,168	14,68	16,92	19,02	21,67
10	4,865	15,99	18,31	20,48	23,21

Setelah mendapatkan nilai kuantifikasi yang sesuai dari *Chi-square test* berdasarkan varian hipotesis nol, maka dibutuhkan data konsumsi energi sebagai data pendukung lebih lanjut untuk dianalisis secara final sehingga didapatkan kesimpulan yang komprehensif. Pada penelitian ini difokuskan pada manajemen energi sesuai ISO 50001 untuk mengevaluasi kebijakan yang sudah ada apakah sudah cukup mature. Namun kemudian dibandingkan dengan data lapangan aktual berdasarkan analisis penggunaan teknologi peralatan.



Gambar 1. Diagram alur penelitian.

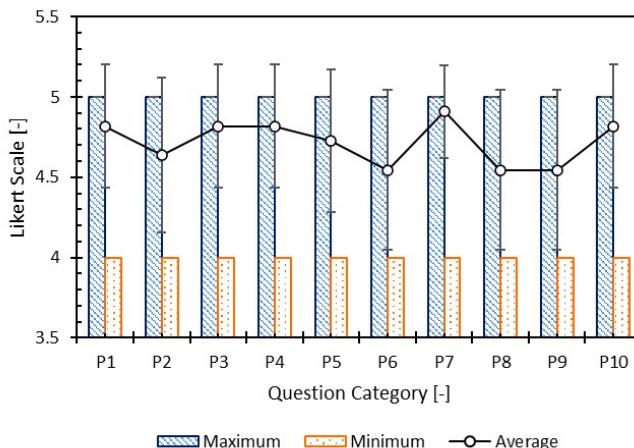
Berdasarkan **Gambar 1**, secara struktural penelitian ini memiliki dua tahap pertama yang dilakukan yaitu studi literatur untuk mendapatkan informasi jurnal terdahulu dan metode perhitungan, dan observasi kebijakan dan penerapan manajemen energi di perusahaan untuk mendapatkan data perusahaan yang berkaitan dengan penelitian. Setelah itu, didapatkan hasil analisis permintaan data audit energi penggunaan peralatan terminal. Untuk kemudian dianalisis menjadi 1) Analisis data audit berdasarkan ISO 50001, dan 2) Analisis penggunaan teknologi pada peralatan. Setelah itu, mengumpulkan data melalui pengisian kuesioner oleh pihak responden. Kemudian mengklasifikasikan *maturity level* dari pengisian kuesioner berdasarkan PDCA. Setelah itu, dilakukan perhitungan rata-rata *Maturity level* dan *Chi-square test*. Kemudian dilakukan pengambilan keputusan, apabila nilai *Maturity level* ≥ 4 maka dilanjutkan analisis hasil dan apabila nilai *Maturity level* ≤ 4 maka kembali lagi ke klasifikasi *Maturity level*. Setelah itu, didapatkan analisis hasil dari analisis data audit dan analisis pembaharuan teknologi. Kemudian, menarik kesimpulan dari hasil analisis penelitian secara keseluruhan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data yang telah dilakukan, didapatkan perhitungan analisis statistik *maturity level* pada perusahaan terminal pelabuhan berdasarkan PDCA ISO 50001 ditunjukkan sebagai berikut.

3.1 Analisis Plan

Hasil perhitungan rata-rata pada proses *PLAN* mendapatkan nilai *maturity level* sebesar 4,72 (**Gambar 2**). Setiap kategori pertanyaan (P1 hingga P10) menunjukkan nilai maksimum yang konsisten pada angka 5 dan nilai minimum stabil di angka 4, mencerminkan penilaian positif dan seragam dari responden terhadap aspek-aspek perencanaan energi. Nilai rata-rata yang mendekati maksimum serta variasi yang kecil menunjukkan persepsi yang konsisten bahwa proses *PLAN* telah dijalankan secara sistematis, terdokumentasi, dan terintegrasi dalam kebijakan operasional perusahaan.



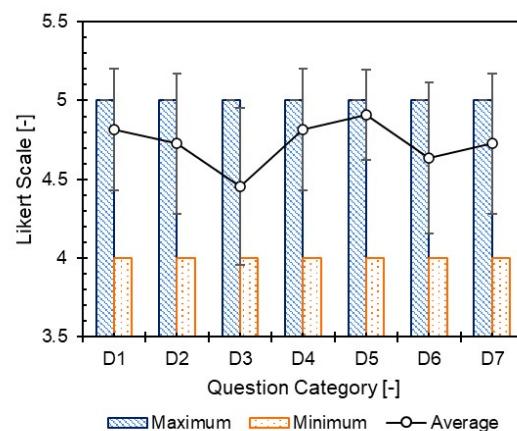
Gambar 2. Grafik bar nilai rata-rata proses *Plan*

Hal ini mencakup identifikasi penggunaan energi signifikan (SEU), penetapan indikator kinerja energi (EnPI), serta perumusan tujuan, sasaran, dan rencana aksi energi yang jelas. Hasil ini menunjukkan tingkat kedewasaan yang tinggi dalam pelaksanaan tahap *PLAN* dan menjadi fondasi kuat untuk tahapan implementasi dan evaluasi berikutnya. Dalam konteks ISO 50001, perusahaan telah melampaui fase awal penerapan dan berada pada tahap penguatan sistem manajemen energi yang tidak hanya administratif, tetapi juga strategis dalam mendukung efisiensi energi dan keberlanjutan operasional.

3.2 Analisis Do

Hasil perhitungan rata-rata *maturity level* proses *DO* adalah 4,72 (**Gambar 3**), yang setara dengan nilai rata-rata keseluruhan dan nilai pada proses *PLAN*. Seluruh kategori pertanyaan (D1–D7) memiliki rata-rata penilaian pada kisaran 4,6 hingga 4,9, dengan deviasi yang relatif kecil, menandakan persepsi yang cukup seragam terkait implementasi aspek-aspek pada tahap *DO*.

Hasil ini mengindikasikan bahwa perusahaan telah menjalankan kegiatan operasional sesuai dengan prinsip ISO 50001 secara konsisten, termasuk pelaksanaan rencana aksi energi, pengelolaan operasional dan pemeliharaan yang berkaitan dengan penggunaan energi, serta pengendalian terhadap faktor yang memengaruhi kinerja energi. Tingkat kematangan yang tinggi ini mencerminkan kemampuan perusahaan dalam menerapkan kebijakan energi ke dalam aktivitas nyata di lapangan, serta menjadi bukti bahwa proses *DO* telah dilakukan secara efektif dan berkelanjutan sebagai bagian dari siklus continual improvement sistem manajemen energi.



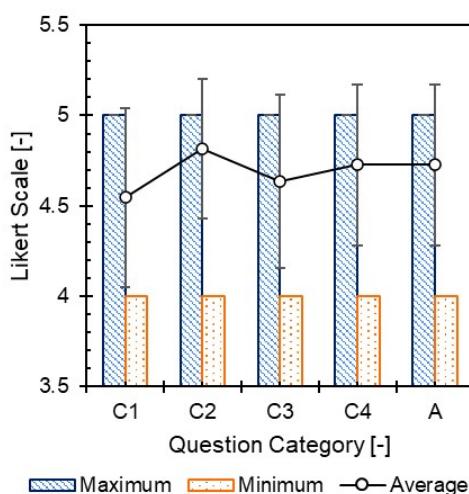
Gambar 3. Grafik bar nilai rata-rata proses *Do*

3.3 Analisis Check

Berdasarkan **Gambar 4**, proses *CHECK* dalam siklus manajemen energi menunjukkan nilai rata-rata *maturity level* sebesar 4,68, sedikit lebih rendah dibandingkan rata-rata keseluruhan dan dua proses lainnya (*PLAN* dan *DO*) yang berada pada angka 4,72. Seluruh kategori pertanyaan (C1–C4) memiliki

nilai maksimum di angka 5 dan minimum di angka 4, menunjukkan bahwa aspek-aspek dalam proses ini tetap diapresiasi secara positif oleh responden. Namun, nilai rata-rata yang sedikit lebih rendah serta variasi yang sedikit lebih besar pada beberapa kategori mencerminkan adanya ketidakkonsistenan persepsi dan kemungkinan kelemahan dalam pelaksanaan proses *CHECK*.

Hasil ini mengindikasikan bahwa perusahaan masih perlu meningkatkan kedewasaan dalam tahap pemantauan dan evaluasi kinerja energi, termasuk pengukuran indikator kinerja (EnPI), analisis kesenjangan, audit internal energi, serta penanganan ketidaksesuaian. Meskipun sudah terdapat sistem monitoring, efektivitasnya masih perlu diperkuat agar mampu mendukung siklus peningkatan berkelanjutan (*continuous improvement*). Mengacu pada ISO 50001, hal ini menunjukkan bahwa proses *CHECK* belum sepenuhnya optimal dalam memberikan umpan balik yang kuat untuk mendukung pengambilan keputusan di tahap selanjutnya.



Gambar 4. Grafik bar nilai rata-rata proses *Check* dan *Action*

3.4 Analisis Action

Proses *ACTION* merupakan bagian akhir dari siklus manajemen energi berbasis ISO 50001, yang berfokus pada tindakan perbaikan dan peningkatan berkelanjutan berdasarkan hasil pemantauan, audit, dan evaluasi pada tahap *CHECK*.

Berdasarkan Gambar 4, hasil perhitungan nilai rata-rata pada proses *ACTION* mendapatkan nilai sebesar 4,72. Namun nilai rata-ratanya berada sedikit di bawah kategori lain, meskipun masih dalam rentang yang tinggi (sekitar 4,6–4,7). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun tindakan perbaikan telah dilakukan, ada ruang peningkatan dalam respons dan tindak lanjut terhadap temuan audit, ketidaksesuaian, atau hasil evaluasi kinerja energi.

Di sisi lain, hal ini dapat disimpulkan bahwa perusahaan telah mulai melaksanakan tindakan korektif dan preventif, namun belum sepenuhnya optimal atau terdokumentasi secara sistematis, atau dapat dikategorikan di *level Qualitatively*

Managed menuju *Optimized*. Penguatan pada tahap *ACTION* sangat penting agar hasil evaluasi benar-benar menghasilkan perubahan nyata dalam kebijakan, tujuan energi, atau prosedur operasional.

3.5 Analisis Chi-Square Test

Maturity level pada model EMMM50001 ada lima *level*, berdasarkan *trend* nya data yang diperoleh terkonsentrasi di dua nilai, yaitu 4 dan 5. Oleh sebab itu persamaan (4) dan (5) digunakan untuk menghitung *chi-square test*. Tahap pertama yang dilakukan adalah menghitung *chi-square* χ^2 untuk setiap nilai *maturity level* dan derajat kebebasan (df) yang mana dapat diselesaikan dengan $df = (4 - 1)(2 - 1) = 3$. Berdasarkan metode yang telah ditentukan, tingkat signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0,05$ menghasilkan nilai *critical value* 7,815 (Tabel 2). Hasil perhitungan data riil analisis *chi-square test* dari pengumpulan data melalui kuesioner dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan data riil

ISO 50001	Maturity Level		Total keseluruhan data
	4	5	
PLAN	31	79	110
DO	21	56	77
CHECK	14	30	44
ACTION	3	8	11
Total data per poin	69	173	242
	0,29	0,71	

Berdasarkan Tabel 3, hasil perhitungan nilai data riil pada *maturity level* 4 adalah 0,29 dan *maturity level* 5 adalah 0,71. Hasil perhitungan tersebut didapatkan dari membagi total data per poin dengan total keseluruhan data. Kemudian dari data tersebut, dilanjutkan perhitungan untuk menentukan *expected value* dari hipotesis nol yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan data *expected value*

ISO 50001	Maturity Level		Total keseluruhan data
	4	5	
PLAN	31,4	78,6	110
DO	22,0	55,0	77
CHECK	12,5	31,5	44
ACTION	3,1	7,9	11
Total <i>expected value</i>	69,0	173,0	242

Hasil dari perhitungan data riil pada Tabel 3 dan data *expected value* pada Tabel 4 kemudian dimasukkan ke dalam

persamaan (4) untuk dilakukan perhitungan *chi-square test*. Hasil perhitungan *chi-square* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 1. Comparison of production quantity per batch.

Batch	Waktu (menit)	Kuantitas
1	12	100
2	15	118

Tabel 5. Perhitungan data *Chi-square*

ISO 50001	Maturity Level	
	4	5
PLAN	0.004	0.002
DO	0.042	0.017
CHECK	0.169	0.067
ACTION	0.006	0.002
Chi ²		0.308

Hasil perhitungan data *Chi-square* yang didapatkan pada **Tabel 5** menunjukkan bahwa nilai *Chi-square* tersebut menunjukkan nilai yang ideal. Dengan mengacu pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,9$ didapat $df = (4 - 1)(2 - 1) = 3$ yang menghasilkan nilai *Critical value* 0,584 (**Tabel 2**). Hasil perhitungan *Chi-square* menunjukkan bahwa $0,308 < 0,584$ yang berarti nilai *Chi-square* tersebut adalah signifikan. Hal ini dapat diartikan bahwa manajemen energi pada perusahaan terminal pelabuhan ini dikatakan baik dengan *Maturity level* ≥ 4 , di mana perusahaan telah cukup dewasa dalam mengurangi dan memonitoring pemakaian energi. Di lain sisi, walaupun perusahaan telah mencapai nilai *Quantitatively managed* pada *Maturity level*, perusahaan masih mengalami pergerakan *trend* yang fluktuatif pada penggunaan BBM secara aktual di lapangan. Hasil pergerakan trend yang fluktuatif tersebut dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Analisis menyeluruh dan komprehensif dilakukan berdasarkan evaluasi *Maturity level* secara kualitatif dan data aktual penggunaan BBM secara kuantitatif. Secara kualitatif, dalam hal ini menurut sudut pandang manajerial, diketahui bahwa pihak manajerial tidak ada yang menilai *maturity level* di bawah nilai 4. Hal ini karena perusahaan telah menginvestasikan kemampuan finansial untuk mendapatkan sertifikasi ISO 50001 sebagai bukti perusahaan memiliki kredibilitas dan kompetensi dalam menangani manajemen energi. Sedangkan, secara kuantitatif dapat disimpulkan berdasarkan data *trend* penggunaan BBM pada **Tabel 6**, dimana terjadi *trend* kenaikan yang lebih banyak dibandingkan *trend* penurunan (5:3). Hal ini karena realisasi yang terjadi di lapangan tidak selalu sesuai dengan sistem manajemen yang telah ditetapkan manajerial, dimana pada realisasi di lapangan dapat terjadi kejadian di luar perkiraan saat menggunakan BBM untuk kegiatan operasional. Namun dalam mengatasi kejadian di luar perkiraan tersebut, perusahaan telah menyiapkan strategi dengan menyesuaikan kebutuhan *bugdet* BBM pada masing-masing peralatan. Melalui

strategi ini, perusahaan ingin mencapai target untuk mengoptimalkan penggunaan BBM pada seluruh peralatan.

Tabel 6. Hasil perbandingan *trend budget* dan realisasi tahun 2023-2024

Kurun waktu	Perbandingan	Rubber Tyred Gantry (RTG)		Head Truck (HT)		Trend
		Trend	Realisasi	Trend	Realisasi	
Tahun	1	Realisasi 2023 vs <i>Budget</i> 3,37	509,45	27,55 % ↓	443,94 9,40	17,87 % ↑
	2	Realisasi 2024 (liter)	104,52	14,61 % ↑	135,10 1,47	14,10 % ↑
	YTD Mei	Realisasi 2024 (liter) <i>Budget</i>	9,40			
		2024 vs <i>Budget</i>	240,18	41,42 % ↑	118,26 8,11	9,76 % ↓
		Realisasi 2024 (liter) <i>Budget</i>	0,29			
	Mei	2024 vs <i>Budget</i>	50.695,42	37,83 % ↑	42.760,34	15,26 % ↓

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil penelitian maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Maturity level* manajemen energi terhadap operasional alat berat perusahaan terminal pelabuhan memiliki nilai *maturity level* ≥ 4 pada setiap proses PDCA, hasil perhitungan rata-rata dan standar deviasi, nilai *Chi-square test*, serta nilai perbandingan menunjukkan bahwa perusahaan telah baik dalam menerapkan kebijakan manajemen energi secara efektif dan efisien.
2. Berdasarkan data perbandingan penggunaan BBM pada alat berat perusahaan terminal pelabuhan menunjukkan bahwa perusahaan perlu melakukan evaluasi secara berkala antara pembuatan kebijakan manajerial dengan data secara aktual di lapangan, sehingga perusahaan dapat memperbaiki kekurangan yang terjadi di lapangan dengan segera agar dapat menjaga kompetensi dan kredibilitas perusahaan.

REFERENSI

- [1] J. A. S. Laitner, "Environmental Innovation and Societal Transitions An overview of the energy efficiency potential," *Environ. Innov. Soc. Transitions*, vol. 9, pp. 38–42, 2013, doi: 10.1016/j.eist.2013.09.005.
- [2] United Nation, *Review of Maritime Transport 2016*. 2016.
- [3] A. S. Alamoush, F. Ballini, and A. I. Ölcer, "Revisiting port sustainability as a foundation for the implementation of the United Nations Sustainable

- Development Goals (UN SDGs)," *J. Shipp. Trade*, vol. 6, no. 19, 2021, doi: 10.1186/s41072-021-00101-6.
- [4] Y. A. K. Prayitno, T. Zhao, Y. Iso, and M. Takei, "Distribution of particle sedimentation thickness under constant relative centrifugal force in rotating separation system using wireless electrical resistance detector," *Mech. Eng. J.*, 2020, doi: 10.1299/mej.19-00577.
- [5] K. A. Yau, S. Peng, J. Qadir, Y.-C. Low, and M. H. Ling, "Towards Smart Port Infrastructures : Enhancing Port Activities Using Information and Communications Technology," *IEEE Access*, no. c, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2990961.
- [6] ISO 2024, *International Standard ISO 50001 Energy management systems — Requirements with guidance for use AMENDMENT 1 : Climate action changes*, vol. 2024. 2024.
- [7] B. Jovanovi and J. Filipovi, "ISO 50001 standard-based energy management maturity model e proposal and validation in industry," *J. Clean. Prod.*, vol. 112, pp. 2744–2755, 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.10.023.
- [8] Y. Bertony and A. D. Guritno, "PENILAIAN TINGKAT KEMATANGAN MANAJEMEN ENERGI DI DALAM INDUSTRI," Universitas Gadjah Mada, 2017.
- [9] F. C. K. Analisa and S. Okada, "Tiny house characteristics in Indonesia based on millennial's user preference," *Urban, Plan. Transp. Res.*, vol. 11, no. 1, 2023, doi: 10.1080/21650020.2023.2166095.
- [10] G. Zamboni, S. Malfettani, M. André, C. Carraro, S. Marelli, and M. Capobianco, "Assessment of heavy-duty vehicle activities , fuel consumption and exhaust emissions in port areas," *Appl. Energy*, vol. 111, pp. 921–929, 2013, doi: 10.1016/j.apenergy.2013.06.037.
- [11] D. Rondinelli and M. Berry, "Multimodal Managing Interactions in a and the Environment: Transportation, Logistics, Global Economy," *Eur. Manag. J.*, vol. 18, no. 4, pp. 398–410, 2000.
- [12] M. Burhanudin, Harjono, B. D. Prihadianto, and Sugiyanto, "OPTIMALISASI EXHAUST BRAKE PADA UNIT HINO 500 FM 260 JD UNTUK MENURUNKAN POTENSIAL LOST COST UNIT HAULING," *J. Teknol. dan Rekayasa Alat Berat*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2025, doi: 10.22146/jtrab.v2i1.13196.