

## **ANALISIS UPGRADE SISTEM LACT (LEASE AUTOMATIC CUSTODY TRANSFER) METER DENGAN KOMBINASI METODE FMEA, FISHBONE DIAGRAM & SWOT; STUDI KASUS PADA INDUSTRI ENERGI & SUMBER DAYA MINERAL**

**Ahmad Zamroni<sup>1</sup>, Zaenal Arifin<sup>2</sup>**  
[azzam76az@gmail.com](mailto:azzam76az@gmail.com)<sup>1</sup>, [zaenallj99@gmail.com](mailto:zaenallj99@gmail.com)<sup>2</sup>  
**Institut Teknologi Sepuluh November**

### **Abstrak**

Upgrading sistem meter LACT (Lease Automatic Custody Transfer) di perusahaan Energi dan Sumber Daya Mineral bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi terhadap volume serta kualitas fluida. Dalam pengoperasian LACT model sebelumnya menggunakan peralatan pengukuran sistem analog – mekanikal yang mempunyai potensi tinggi terjadinya kegagalan sistem dan adanya beberapa kesalahan karena beberapa hal yaitu: kesalahan kalibrasi (nilai skala tidak tepat), kesalahan titik nol (kesalahan paralaks), kelelahan komponen atau material alat ukur (bersifat mekanikal), pengaruh kondisi lingkungan kerja serta perhitungan manual yang rentan terhadap adanya kesalahan. Metode yang digunakan mencakup analisis biaya-manfaat, menunjukkan bahwa implementasi teknologi baru dapat meningkatkan akurasi dan keandalan pengukuran, mengurangi frekuensi kalibrasi terhadap peralatan ATG (Automatic Temperatur Gravity), dan memungkinkan monitoring real-time. Dengan analisa FMEA ( Failure Mode Effect Analysis ) dikombinasikan dengan metoda fishbone diagram dan SWOT (Strength, Weakness, Opportunities, dan Threats), program upgrade sistem LACT ini memberikan penghematan biaya operasional dan meningkatkan pendapatan perusahaan melalui peningkatan teknologi pada komponen komponen meter seperti ATG compensator, pulse generator, variabel sensor proses yang masih analog seperti pressure, tekanan dan aliran fluida. Adanya pembaruan LACT ini memberikan efisiensi serta efektifitas bagi perusahaan dalam mengelola operasional khususnya terkait custody transfer, tentunya diperlukan pelatihan bagi personil yang mengoperasikan dan pemeliharaan sistem ini sehingga memberikan nilai lebih serta kemudahan dan keselamatan dalam operasional.

**Kata Kunci:** Pengukuran, Meter, Custody Transfer, LACT.

### **Abstract**

*Upgrading the LACT (Lease Automatic Custody Transfer) meter system at Energy and Mineral Resources Company aims to increase reliability and efficiency regarding fluid volume and quality. In operation, the previous model of LACT used analog - mechanical system measuring equipment which had a high potential for system failure and some errors due to various reasons such as calibration errors ( inappropriate scale values), zero point errors (parallax errors), fatigue of measuring instrument component or materials (mechanical in nature), the influence of working environmental conditions and manual calculation which were prone to errors. The method used includes a cost-benefit analysis, showing that the implementation of new technology can increase the accuracy and reliability of measurements, reduce the frequency of calibration of ATG (Automatic Temperature Gravity) equipment, and enable real-time monitoring. With FMEA (Failure Mode Effect Analysis) analysis combined with fishbone diagram and SWOT (Strength, Weakness, Opportunities and Threats) methods, this LACT system upgrade program provides operational cost savings and increases company income through technological improvements in meter components such as ATG compensators, pulse generators, process sensor variables that are still analog such as pressure, pressure and fluid flow. This LACT update provides efficiency and effectiveness for companies in managing operations, especially regarding custody transfer, of*

course training is needed for personnel who operate and maintain this system so that it provides added value as well as convenience and safety in operations

**Keywords:** Measurement, Meter, Custody Transfer And LACT

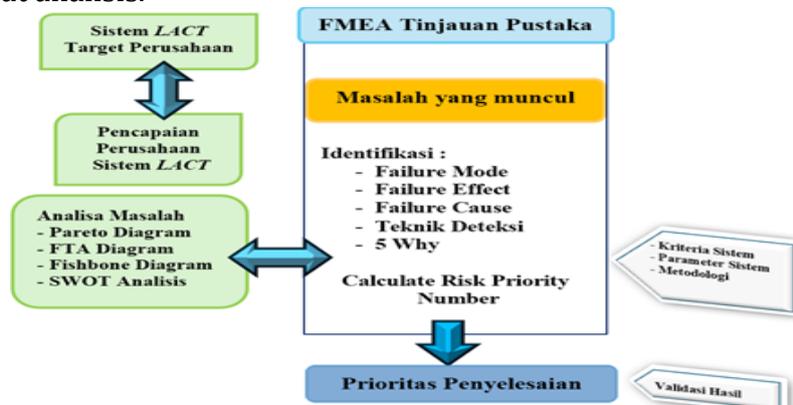
## 1. PENDAHULUAN

Akurasi dalam pengukuran volume sangat penting untuk menjaga validitas transaksi antara produsen dan pembeli. Proses custody transfer untuk pengukuran minyak mentah menjadi hal yang strategis dalam dunia industri energi dan sumber daya mineral. Dengan semakin berkembangnya tuntutan pasar, regulasi yang semakin ketat maka teknologi metering juga semakin maju. Teknologi LACT (Lease Automatic Custody Transfer) tradisional menghadapi beberapa keterbatasan selama operasi custody transfer, terutama peralatan yang mengandalkan meteran mekanis, seperti turbin meter, positive displacement meter dan kompensator meter lainnya dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti perubahan fluktuasi suhu, viskositas dan keausan mekanis (Fauziah, 2022; García-Berrocal et al., 2019)

Pembaruan teknologi dengan penerapan infrastruktur data yang kuat sangat penting untuk memaksimalkan manfaat dari sistem LACT, secara signifikan meningkatkan akurasi dan kehandalan pengukuran minyak mentah / kondensat. Walau demikian tantangan tantangan tetap ada dalam penerapannya secara luas seperti memfasilitasi pengumpulan dan analisis data yang akurat, personil yang terampil dalam menganalisa kumpulan data yang kompleks guna memastikan bahwa kemajuan teknologi dalam akurasi dan keandalan pengukuran dimanfaatkan secara efektif dan efisien (Naslednikov & etrov, 2022).

## 2. METODE PENELITIAN

Kerangka penelitian ini diilustrasikan pada Gambar 1.1 berawal dari permasalahan antara pencapaian sistem LACT dengan target perusahaan. Berdasarkan literatur FMEA (Failure Mode & Effect Analysis), mulai dari data primer dan sekunder dikumpulkan dari laporan operasional, sebagai alat pemecahan masalah untuk menganalisis data. Selain itu, diagram Ishikawa (diagram sebab dan akibat), diagram Pareto, diagram FTA dan analisis SWOT diterapkan dalam penelitian ini untuk melengkapi alat analisis.



Gambar 1. Frame Work Penelitian Sistem LACT Meter

A. Pemetaan Masalah Sistem LACT Meter Dengan Metode FMEA Dalam tahapan ini peneliti mendiskripsikan kegagalan sistem dari 4 unit LACT yang terpasang di Perusahaan Energi dan Sumber Daya Mineral kemudian mengidentifikasi moda kegagalan yang terjadi. Hasil identifikasi dari observasi lapangan dan wawancara

ditemukan 4 sumber masalah yaitu: ATG compensator, spare part obsolete, bad repeatability dan ketidakakuratan. Data ditunjukkan pada Tabel 1.1 failure mode paling besar terjadi pada ATG compensator.

**Tabel 1 Identifikasi Failure Mode Sistem LACT Meter**

No	Failure Mode LACT	LACT ( % )				Average %
		Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	
1	ATG Compensator Failure	60	68	72	64	66
2	Spare Part Obsolete	20	14	15	11	15
3	Bad Repeatability	12	12	9	15	12
4	Ketidakakuratan	8	6	4	10	7
<b>Total (%)</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

FMEA ini mengidentifikasi penyebab penyebab kegagalan sistem LACT meter termasuk nilai dari masing masing parameter pada rating Severity (S), rating Occurance (O) dan rating Detection (D).

Berikut Tabel 1.1 ditunjukkan seberapa serius kondisi kegagalan / keparahan (severity index) memberikan penilaian terhadap setiap potensi moda kegagalan.

**Tabel 2 Parameter Rating Severity (S)**

Ranking	Impact	Severity
1	Tidak ada efek	Kegagalan tidak berdampak
2	Sangat kecil	Kegagalan memberikan efek (25%)
3	Kecil	Kegagalan memberikan efek (50%)
4	Sangat rendah	Kegagalan memberikan efek (>75%)
5	Rendah	Kegagalan memberikan efek terhadap penurunan fungsi sebagian sistem
6	Sedang	Kegagalan memberikan efek terhadap hilangnya fungsi sebagian sistem
7	Tinggi	Kegagalan memberikan efek terhadap penurunan fungsi utama sistem
8	Sangat tinggi	Kegagalan memberikan efek terhadap hilangnya fungsi utama sistem
9	Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan membahayakan sistem dengan adanya peringatan terlebih dahulu
10	Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan membahayakan sistem tanpa adanya peringatan terlebih dahulu

Tahap penentuan rating Occurrence, adalah memberikan penilaian mengenai seberapa sering moda kegagalan tertentu muncul. Semakin besar rating occurrence maka semakin sering pula kegagalan tersebut muncul. Tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan ( Occurance ) ditunjukkan tabel 1.2

**Tabel 3 Parameter Kejadian / Occurance (O)**

Ranking	Occurance	Deskripsi
1	Tidak ada efek	Hampir tidak pernah terjadi dalam sebulan
2	Rendah	Sangat jarang terjadi dalam sebulan
3		Cukup jarang terjadi dalam sebulan
4	Sedang	Sedikit jarang terjadi dalam sebulan
5		Jarang terjadi dalam sebulan

6		Sedikit sering dalam sebulan
7	Tinggi	Kegagalan yang berulang
8		Cukup sering dalam sebulan
9	Sangat tinggi	Sangat sering dalam sebulan
10		Hamir selalu terjadi dalam sebulan

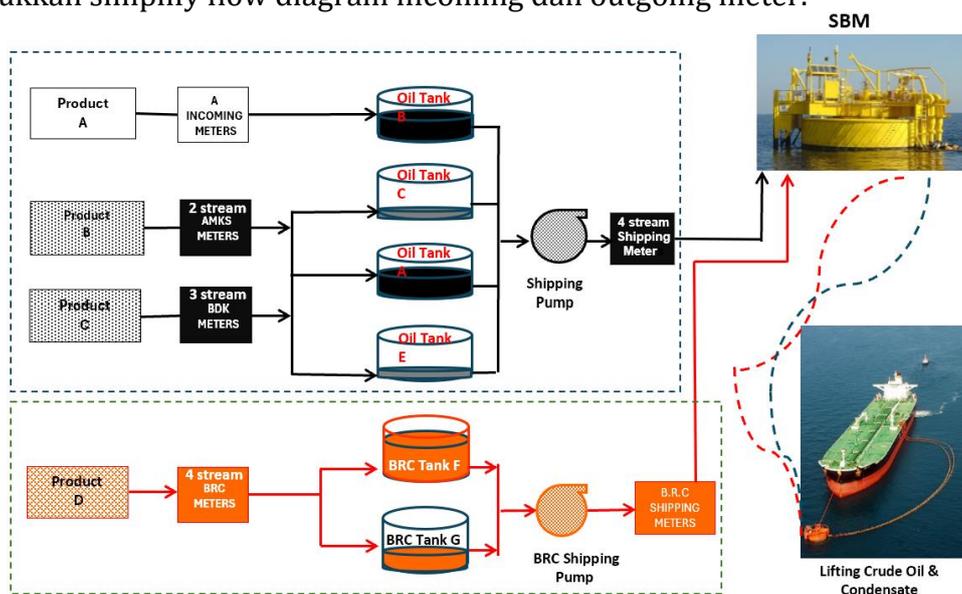
Selanjutnya penilaian rating Detection untuk mengendalikan kegagalan yang dapat terjadi. Semakin besar nilai detection maka semakin sulit pula suatu kegagalan dapat terdeteksi. Tingkat kemungkinan lolosnya penyebab kegagalan dari kontrol yang sudah diterapkan ditunjukkan pada Tabel 1.3

**Tabel 4 Parameter Rating Deteksi / Detection ( D )**

Ranking	Kriteria
1	Pengecekan selalu bisa mendeteksi dampak
2	Pengecekan hampir selalu bisa mendeteksi dampak
3	Pengecekan bisa mendeteksi dampak
4	Pengecekan berpeluang sangat besar bisa mendeteksi dampak
5	Pengecekan berpeluang besar bisa mendeteksi dampak
6	Pengecekan kemungkinan bisa mendeteksi dampak
7	Pengecekan berpeluang kecil bisa mendeteksi dampak
8	Pengecekan berpeluang sangat kecil bisa mendeteksi dampak
9	Pengecekan gagal sehingga tidak mampu mendeteksi dampak
10	Kegagalan tidak mungkin terdeteksi melalui dampak

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengoperasian, perawatan, dan sertifikasi sistem metering Incoming dan Outgoing bekerja sama dengan Tim Operation Engineering untuk memastikan sitem berfungsi baik, comply terhadap peraturan dan regulasi dari kementerian perdagangan dan memastikan proses pengiriman/ transportasi minyak mentah dapat terlaksana dengan aman dan selamat di Perusahaan Energi & Sumber Daya Mineral. Gambar 1.6 menunjukkan simplify flow diagram incoming dan outgoing meter.



Gambar 6 Simplify Flow Diagram Incoming dan Outgoing Meter

Analisa masalah dengan metode FMEA penyebab dominan dengan RPN tertinggi dengan nilai mendekati 500 pada ATG Failure, menunjukkan bahwa kegagalan pada ATG sebagai penyebab masalah utama pada sistem LACT Meter. Berdasarkan kurva kumulatif, ATG Failure sendiri menyumbang lebih dari 80% total dampak masalah. Nilai RPN pada Spare Part Obsolete, Bad Repeatability, dan ketidakakuratan perhitungan jauh lebih rendah dibandingkan ATG Failure. Pada Metode FTA menggunakan diagram pohon kegagalan dalam menentukan akar penyebab adanya failure system LACT meter menjadi 4 bagian, yaitu: Bad repeatability, Improver ATG of LACT, Spare part obsolete & Old Measurement Device.

Metode 5 WHY, untuk identifikasi kemungkinan penyebab dari kejadian dilakukannya upgrade pada sistem LACT meter adanya unit ATG meter yang sudah aging serta sulit didapatkan dipasaran.

Pada analisa Fishbone diagram ditunjukkan 3 peringkat atas sebagai akar penyebab masalah reliability LACT meter menjadi rendah, sebagai berikut:

ATG Failure sebesar 42%, Bad repeatability sebesar 16% & Parameter proses sebesar 11.75%

Analisa SWOT digunakan sebagai identifikasi faktor internal dan eksternal dengan integrasi balance score card mendapatkan kinerja yang terukur terhadap sistem LACT meter. Data analisa balance score card menjadi indikator dari beberapa parameter nilai perspektif. Berikut hasil yang diperoleh berdasarkan peringkat :

**1. Perspektif pelanggan dengan score tertinggi 4.795 menunjukkan:**

- Kekuatan : Sistem LACT Meter perusahaan memiliki akurasi 99,9%
- Kelemahan : ATG lama menyebabkan downtime > 5% dari rata-rata industri.
- Peluang : Pelanggan menginginkan laporan digital otomatis untuk memantau transfer custody secara real - time.
- Ancaman: Kompetitor baru menawarkan sistem dengan harga lebih rendah.

Hasil akhirnya adalah sistem LACT Meter yang lebih akurat, andal, dan sesuai standar, sehingga meningkatkan kepercayaan, loyalitas, dan kepuasan pelanggan.

**2. Perspektif proses bisnis internal dengan score 4.650 menunjukkan:**

- Kekuatan : Sistem otomatisasi produksi yang canggih.
- Kelemahan : Ketergantungan pada suku cadang impor yang mahal
- Peluang : Permintaan pasar yang meningkat untuk produk dengan kualitas lebih tinggi.
- Ancaman : Regulasi lingkungan yang memerlukan modifikasi proses produksi.

Hasil akhirnya adalah perusahaan lebih adaptif, efisien, dan mampu bersaing di pasar yang dinamis.

**3. Perspektif pembelajaran & pertumbuhan dengan score 4.540 menunjukkan :**

- Kekuatan : Tenaga kerja berpengalaman yang memahami pengoperasian dasar.
- Kelemahan: Keterbatasan pengetahuan tentang teknologi digital
- Peluang : Vendor menawarkan pelatihan teknologi digital meter sebagai bagian dari penggantian sistem.
- Ancaman : Kompetitor memiliki tenaga kerja yang sudah tersertifikasi untuk teknologi terbaru.

Hasil akhirnya adalah sistem LACT meter yang dikelola oleh tenaga kerja yang terampil, inovatif, dan siap beradaptasi dengan perubahan teknologi dan regulasi.

#### 4. Perspektif keuangan dengan score 4.215 menunjukkan :

- Kekuatan : Akurasi tinggi pada pengukuran volume minyak mentah
- Kelemahan: Biaya pemeliharaan tinggi akibat suku cadang usang.
- Peluang : Adopsi digital meter untuk mengurangi biaya operasional.
- Ancaman : Kompetitor menawarkan sistem dengan harga lebih murah.

Hasil akhirnya adalah sistem LACT meter yang tidak hanya andal secara teknis, tetapi juga memberikan manfaat finansial yang signifikan bagi perusahaan.

Pada analisa matriks IFAS & EFAS memberikan hasil yang positif dalam diagram kartesius posisi di kuadran I, ini berarti menunjukkan bahwa sistem LACT meter berada dalam posisi strategis yang optimal, dengan kekuatan internal yang signifikan dan peluang eksternal yang besar. Matriks IFAS & EFAS memberikan hasil positif karena :

- a) Sistem mampu memanfaatkan keunggulan internal untuk mendukung pertumbuhan.
- b) Peluang eksternal yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi, daya saing, dan profitabilitas.
- c) Ancaman eksternal dan kelemahan internal dapat dikelola dengan strategi yang agresif dan berorientasi pada pertumbuhan.

Hasilnya, organisasi dapat mempertahankan posisi unggul dan meningkatkan keberlanjutan sistem LACT meter dalam jangka panjang

#### 1. Alternatif Solusi Masalah Sistem LACT Meter

Hasil evaluasi dari metode yang telah dilakukan, berdasarkan pendekatan table cost dan analisis benefit untuk meningkatkan reliability dari LACT meter maka terdapat 3 macam alternatif, seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.17

**Tabel 17 Alternatif Solusi Sistem LACT meter**

No	Parameter	Alternatif Solusi		
		Alternatif 1 Penggunaan ATG Elektronik	Alternatif 2 Implementasi	Alternatif 3 – Upgrade Sistem Meter
1	Biaya	Investasi : 12 Milyar rupiah	Investasi : 6,45 Milyar rupiah	Investasi : ≥ 30 milyar rupiah
2	Kemudahan implementasi	Hanya dilakukan penggantian ATG pada tiap meter	Dilakukan penggantian HMI, Flow Comp dan Mechanical electronic	Dilakukan penggantian Flow Meter dan aksesoris
3	Durasi pengerjaan	12 bulan	24 bulan	24 bulan
4	Akurasi	Rendah	Tinggi	Tinggi
5	Compliance pada peraturan GOI	Comply	Comply	Comply
	Kesimpulan	Tidak Dipilih	<b>Pilihan</b>	Tidak Dipilih

Dengan pendekatan ini juga dilakukan fungsi seleksi dan survei terhadap kelayakan biaya pekerjaan yang optimal, kemudahan implementasi, waktu berlangsungnya hingga selesai, akurasi peralatan yang ditawarkan serta compliance terhadap aturan yang berlaku maka alternatif kedua menjadi pilihan.

Inovasi untuk upgrade LACT meter ini telah divalidasi oleh pihak eksternal yaitu Direktorat Metrologi, SKK Migas, Geoservices, Tomo & Sons dan Citrabuna Indoloka

**2. Implementasi Upgrade Sistem LACT Meter**

Tahapan implementasi atau upgrade sistem LACT meter ini dibagi 3 Fase :

- a) Fase kajian teknis dan budgeting (persiapan)  
Berisi pengumpulan data / dokumen lifting, data engineering, FID (Final Investment Decision), tender process, procurement proses serta FAT (Factory Acceptance Testing)
- b) Fase Instalasi atau konstruksi Berisi delivery material, instalasi 4 unit sistem LACT, SAT (Site Acceptance Testing), uji test dan commissioning dan warranty
- c) Fase Evaluasi  
Optimasi dan kalkulasi pengeluaran biaya serta monitoring hasil instalasi . Urutan proses pelaksanaan upgrade LACT meter ini harus mengacu pada gantt chart yang sudah dibuat agar setiap aktifitas sesuai timeline.

Terkait upgrade LACT ini bertujuan mendigitalisasi sistem metering dengan melakukan pergantian komponen atau aksesoris meter berupa ATG compensator, pulse counter serta penambahan control panel metering dengan teknologi yang lebih modern. Perubahan atau penggantian upgrade LACT meter ada dalam Tabel 1.18

**Tabel 18 Proyeksi Upgrade LACT Meter**

No	Deskripsi	Kondisi Eksisting	Target Eksekusi
1	Komponen	Menggunakan ATG compensator	Menggunakan adapter meter kits, transmitter (PT & TT)
2	Control Panel	Counter Analog	Console HMI
3	Control System	Relay Logic	PLC
4	Pulse Counter	Pembacaan Indikator Meter Volume	Pembacaan Net Standard Meter Volume
5	Masa Kalibrasi	6 bulan	1 tahun

Meter unit yang terpasang merupakan komponen tetap yang tidak perlu dilakukan perubahan. Penggantian peralatan atau komponen tersebut hanya seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Penggantian peralatan atau komponen tersebut diterapkan pada 4 unit sistem LACT seperti ditampilkan pada Tabel 1.19 yaitu :

- Crude Shipping terdiri dari 4 stream
- BRC Meter terdiri atas 4 stream
- AMKS Meter terdiri atas 3 stream
- BDK Meter terdiri atas 3 stream

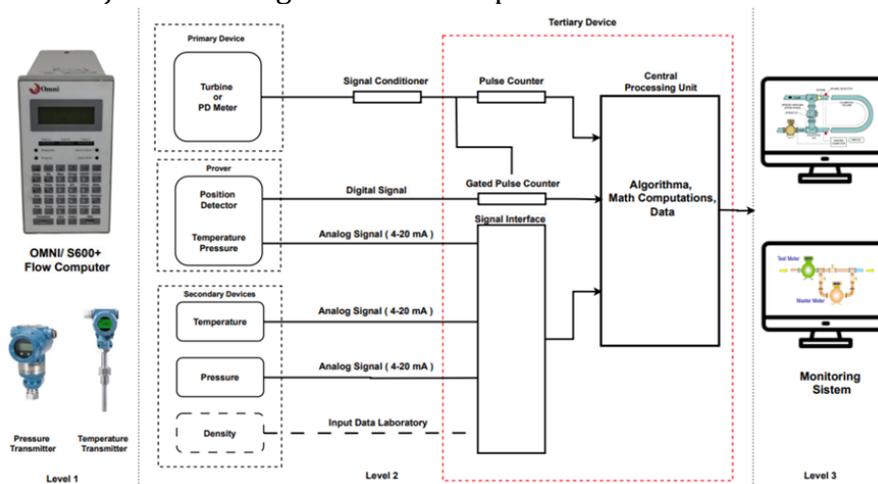
**Tabel 19 Deskripsi 4 unit Sistem LACT Meter**

Meter Tag	Location	Description	Action to do
M-1406 A/B/C/D	East Kalimantan	LACT Shipping Meter	Install Control panel, Flow Comp, Transmitters (PT & TT), Adapter meter kits, Printer, PC & HMI network equipment and instrument cable include accessories.
M-1401A 1/2/3	East Kalimantan	LACT AMKS Meter	Install Control panel, Flow Comp, Transmitters (PT & TT), Adapter meter kits, Printer, PC & HMI network equipment and instrument cable include accessories.
M-BRC 1/2/3/4	East Kalimantan	LACT BRC Meter	Install Control panel, Flow Comp, Transmitters (PT & TT), Adapter meter kits, Printer, PC & HMI network equipment and instrument cable include accessories.
M-BDK-1/2/3	East Kalimantan	LACT BDK Meter	Install Control panel, Flow Comp, Transmitters (PT & TT), Adapter meter kits, Printer, PC & HMI network equipment and instrument cable include accessories.

**3. Flow Computer unit LACT Meter**

Flow Computer adalah perangkat elektronik yang digunakan sebagai display, kalkulasi flow, kontrol peralatan, data host, alarm dan reporting dari suatu sistem meter. Flow computer biasanya digunakan dalam industri minyak dan gas, petrokimia, serta pengukuran aliran fluida lainnya untuk memastikan akurasi dalam penghitungan volume dan massa fluida yang mengalir melalui sistem meter berdasarkan input seperti tekanan, temperatur, density, counter atau pulse dari PD meter dan lainnya. Data yang diperoleh dari instrument field atau sensor akan diproses oleh unit signal interface. Kemudian untuk penghitungan, analisis, atau konversi data dilakukan pada computation data processing unit selanjutnya akan ditampilkan pada HMI Kalkulasi yang digunakan mengikuti standard seperti AGA, ISO, API dan lainnya. Flow computer yang umum digunakan berupa OMNI 6000 atau Floboss S600+ (Zulrahma & Surya Wardhana, 2024).

Flow comp sistem ini juga memiliki kemampuan untuk menyimpan data pengukuran untuk laporan dan penelusuran riwayat atau analisis di masa mendatang. Gambar 1.7 menunjukkan konfigurasi flow computer untuk sistem LACT meter.



Gambar 7 Konfigurasi Flow Computer sistem LACT meter.

#### 4. Tampilan PI Vision Sistem LACT Meter

Sistem LACT meter ini juga dilakukan Intregasi PI Vision yang memberikan peran sebagai penghubung antara data operasional dan pengguna melalui antarmuka grafis yang mudah digunakan. PI Vision merupakan platform visualisasi data real-time yang dikembangkan oleh OSIsoft (kini menjadi dari AVEVA).



Gambar 8 Integrasi PI Vision Sistem unit LACT meter

Integrasi PI Vision dalam sistem LACT meter seperti ditunjukkan visualisasi pada Gambar 8 membawa sejumlah manfaat penting, antara lain:

- Akurasi dan transparansi : Data yang divisualisasikan secara real-time membantu memastikan keakuratan pengukuran dan transparansi dalam custody transfer antara pihak-pihak pengukuran yang terlibat.
- Pengambilan keputusan yang cepat : Operator dapat segera mengambil keputusan berdasarkan data visual yang tersedia tanpa perlu menunggu laporan manual.
- Peningkatan efisiensi operasional : Dengan pemantauan otomatis dan alarm proaktif, waktu respons terhadap masalah teknis menjadi lebih cepat.
- Kemudahan akses dan kolaborasi : PI Vision mendukung akses berbasis web sehingga dapat diakses oleh tim teknis maupun manajemen dari berbagai Lokasi.

**5. Hasil Evaluasi Upgrade Sistem LACT Meter**

Dengan selesainya upgrade sistem LACT Meter memberikan dampak positif dari sisi parameter quality, cost, HSSE (safety) dan morale ditunjukkan dalam Tabel 1.20

**Tabel 20 Analisa Dampak dari Upgrade Sistem LACT Meter**

Panca Mutu	Kondisi Sebelum Perbaikan	Target Perbaikan	Hasil Akhir Perbaikan
Quality	* Reliability Meter <90% karena adanya kerusakan komponen dan kegagalan sertifikasi	*Reliability Meter (readiness dan availability 90%)	*Reliability Meter (readiness dan availability 100%) karena tidak ada kerusakan mekanis pada komponen ATG
	*Keakurasian pembacaan ada potensi kesalahan paralaks	*Tidak ada kesalahan paralaks pada pembacaan.	*Pembacaan temperature menjadi real time dan onntime saat penerimaan product maupun lifting
Cost	*Rata - rata biaya OPEX untuk sertifikasi, spare part dan man hour sebesar USD 125,706/year	*Sistem Digital tanpa ATG Compensator memerlukan biaya perawatan 50% (USD 62,000/year)	*Penghematan biaya OPEX untuk sertifikasi, spare part dan man hour menjadi USD 25,600/year (80% penghematan).
	*Performa gain lifting USD 324,000 / year	*Meningkatkan performa gain lifting di USD 400,000 / year	* Implementasi (Maret 2023 -Agustus 2024 : real)
			* September 2024– Des 2024 : proyeksi
			*Performa gain increase 81% atau senilai USD 586,080 / year
	*Proses Pengapalan <90% menggunakan system meter LACT	*Proses Pengapalan 90% menggunakan sistem meter LACT	*Proses Pengapalan 100% menggunakan sistem meter LACT
*Proses Kalibrasi meter dilakukan 6 bulanan	*Proses kalibrasi dilakukan tahunan	*Proses Kalibrasi dilakukan tahunan (interval jadwal lebih lama)	
	*Tidak terdapat potensi kesalahan perhitungan (Perhitungan meter) telah dalam kondisi Net Standard Volume (100%)	*Hasil perhitungan volume telah dalam Net Standard Volume (NSV).	
HSSE	*Risiko high dikarenakan menerapkan IHE dan draining crude oil dalam body meter.	*Tidak adanya IHE maupun draining crude oil.	*Risiko low dikarenakan proses kalibrasi secara langsung tanpa adanya proses draining dan IHE.
Morale	*Adanya kekhawatiran tinggi terkait kegagalan sistem meter saat pengoperasian, 75% pekerja menyatakan khawatir tentang pengoperasian meter secara manual.	*Kekhawatiran kegagalan penggunaan sistem meter membaik dengan tingkat kekhawatiran 50%	*Pekerja tidak khawatir atau 98% confident dalam hasil komputasi perhitungan dan Penggunaan sistem meter LACT pada saat delivery (lifting)

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengolahan data maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan :

1. Efektifitas penggunaan kombinasi metode analisis FMEA, Fishbone diagram dan SWOT berhasil mengidentifikasi akar penyebab masalah kegagalan sistem LACT dan menghasilkan strategi perbaikan yang efektif. Melalui analisis FMEA ditemukan

kegagalan pada komponen Automatic Temperature Gravity (ATG) merupakan penyebab dominan rendahnya keandalan sistem LACT dengan nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi sebesar 448. Hal ini disebabkan oleh teknologi lama yang sudah usang, tidak tersedianya suku cadang pengganti, dan kebutuhan kalibrasi yang tinggi.

2. Implementasi sistem digital melalui upgrade sistem LACT meter dengan penggantian ATG berbasis teknologi digital modern mampu mengurangi risiko kegagalan sistem secara signifikan, memberikan efisiensi dalam pengoperasian, meningkatkan akurasi pengukuran hingga 99,9%, meningkatkan keandalan sistem dan pemantauan dapat dilakukan secara real-time.
3. Transformasi sistem memerlukan pelatihan intensif bagi personel untuk memastikan penguasaan teknologi baru dan mengurangi risiko kegagalan operasional.
4. Manfaat jangka panjang, upgrade sistem LACT meter memberikan kontribusi pada keberlanjutan bisnis dengan menurunkan downtime, meningkatkan produktivitas, serta meminimalkan risiko teknis dan finansial. Hal ini juga meningkatkan kepuasan pelanggan, kepatuhan terhadap regulasi, menaikkan daya saing perusahaan dalam menghadapi perubahan pasar dan perkembangan teknologi.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Alijoyo, A., Wijaya, Q. B., & Jacob, I. (2020). Failure Mode Effect Analysis Analisis Modus Kegagalan dan Dampak RISK EVALUATION RISK ANALYSIS: Consequences Probability Level of Risk. [www.lspmks.co.id](http://www.lspmks.co.id)
- Alijoyo, A., Wijaya, Q. B., & Jacob, I. (2023). Failure Mode Effect Analysis Analisis Modus Kegagalan dan Dampak RISK EVALUATION RISK ANALYSIS: Consequences Probability Level of Risk. [www.lspmks.co.id](http://www.lspmks.co.id)
- Aristriyana, E., & Fauzi, R. A. (2022). Analisis Penyebab Kecacatan Produk Dengan Metode Fishbone Diagram Dan Failure Mode Effect Analysis (Fmea) Pada Perusahaan Elang Mas Sindang Kasih .... *Jurnal Industrial Galuh*. <https://www.ojs.unigal.ac.id/index.php/jig/article/view/3021>
- Fauziah, M. (2022). The Effectiveness Of Fishbone Method On Students' Writing Ability Of Argumentative Text. *LENTERNAL: Learning and Teaching Journal*. <https://www.lp2msasbabel.ac.id/jurnal/index.php/LENTERNAL/article/view/2229>
- García-Berrocal, A., Montalvo, C., Carmona, P., & Blázquez, J. (2019). The Coriolis mass flow meter as a volume meter for the custody transfer in liquid hydrocarbons logistics. *ISA Transactions*, 90, 311–318. <https://doi.org/10.1016/J.ISATRA.2019.01.007>
- Naslednikov, K., & Petrov, S. (2022). Module for Determining the Technological State of Lease Automatic Custody Transfer Unit. 2022 VI International Conference on .... <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9782951/>
- Setyadi, I. (2013). Analisis Penyebab Kecacatan Produk Celana Jeans Dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di Cv Fragile Din Co.
- Thomas Pyzdek. (2002). *The six sigma Handbook*.
- Ummi, N., & Setiawan, H. (2015). Program Studi Teknik Industri Jurusan Teknik Mesin dan Industri FT UGM E-92 Penerapan Balanced Scorecard Sebagai Dasar SWOT Analisis dalam Perancangan Strategi Pengembangan Divisi PPIC di PT.X.
- Zulrahma, Y., & Surya Wardhana, A. (2024). Keakurasian Sistem Monitoring Flow Rate Menggunakan Flow Computer Omni 6000 di PT Energi Nusantara Perkasa. *Jurnal Elkolind*, 11(1). <https://doi.org/10.33795/elkolind.v11i1.523>