



TESIS - IS235409

REVIEW UPGRADE SISTEM LACT (LEASE AUTOMATIC CUSTODY TRANSFER) METER DIGITAL BERBASIS FMEA DENGAN METODE FISHBONE DIAGRAM DAN SWOT: STUDI KASUS PADA INDUSTRI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL

AHMAD ZAMRONI
6047232011

Dosen Pembimbing
Ir. Hendro Nurhadi, Dipl.-Ing., Ph.D.

**PROGRAM STUDI MAGISTER INOVASI SISTEM DAN TEKNOLOGI
SEKOLAH INTERDISIPLIN MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2025**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Inovasi Sistem dan Teknologi (M.IST)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Ahmad Zamroni

NRP: 6047232011

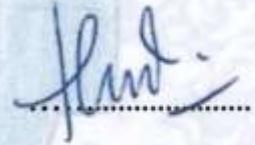
Tanggal Ujian: 28 Juli 2025

Periode Wisuda : September 2025

Disetujui oleh:

Pembimbing:

1. Ir. Hendro Nurhadi, Dipl.-ing, Ph.D
NIP: 197511202002121002

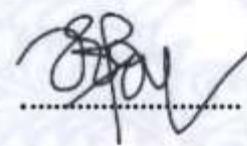


Penguji:

1. Dr. Nurhadi Siswanto, S.T., M.T.,
NIP: 1992201711049



2. Dr.Eng. Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng.,
NIP: 197309271998031004



DEKAN SEKOLAH INTERDISIPLIN MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI,



Prof. Dr. rer. pol. Heri Kuswanto, S.Si, M.Si
NIP: 198203262003121004

REVIEW UPGRADE SISTEM LACT (LEASE AUTOMATIC CUSTODY TRANSFER) METER DIGITAL BERBASIS FMEA DENGAN METODE FISHBONE DIAGRAM DAN SWOT: STUDI KASUS PADA INDUSTRI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL

Mahasiswa Nama : Ahmad Zamroni
Mahasiswa ID : 6047232011
Pembimbing : Ir. Hendro Nurhadi, Dipl.-eng., Ph.D.

ABSTRAK

Sistem pengukuran di perusahaan Energi dan Sumber Daya Mineral berkembang sangat pesat seiring dengan perkembangan teknologi khususnya pada sistem meter *LACT (Lease Automatic Custody Transfer)* yang bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan akurasi yang tinggi terhadap volume serta kualitas fluida. Peralatan dan pengukuran sistem analog - mekanikal dalam pengoperasian *LACT* model sebelumnya memiliki potensi tinggi terhadap kegagalan sistem serta terjadi beberapa kesalahan pada alat ukur karena : kesalahan kalibrasi (nilai skala tidak tepat), kesalahan titik nol (kesalahan paralaks), kelelahan komponen atau material alat ukur (bersifat mekanikal), kondisi lingkungan kerja serta perhitungan manual yang rentan terhadap adanya kesalahan. Implementasi teknologi baru dapat meningkatkan akurasi dan keandalan pengukuran, mengurangi frekuensi kalibrasi terhadap peralatan *ATG (Automatic Temperatur Gravity)*, dan memungkinkan monitoring real-time. Metode yang digunakan mencakup analisis biaya-manfaat dengan kombinasi analisa *FMEA (Failure Mode Effect Analysis)*, analisa *fishbone* diagram dan *SWOT (Strength, Weakness, Opportunities, dan Threats)* sehingga program upgrade sistem *LACT* ini memberikan penghematan biaya operasional dan meningkatkan pendapatan perusahaan melalui peningkatan teknologi pada komponen komponen meter. Pembaruan sistem meter *LACT* ini tidak hanya berdampak pada peningkatan efisiensi serta efektifitas namun standar keselamatan dalam mengelola operasional *custody transfer* juga menjadi hal yang utama bagi perusahaan.

Kata Kunci : Pengukuran, *Custody transfer*, analisis *FMEA*, *fishbone diagram* dan metode *SWOT*

REVIEW OF UPGRADE OF LACT (LEASE AUTOMATIC CUSTODY TRANSFER) SYSTEM OF DIGITAL METER BASED ON FMEA WITH FISHBONE DIAGRAM AND SWOT METHODS: CASE STUDY IN ENERGY AND MINERAL RESOURCES INDUSTRY

Student Name : Ahmad Zamroni
Student ID : 6047232011
Supervisor : Ir. Hendro Nurhadi, Dipl.-eng., Ph.D.

ABSTRACT

The measurement system in Energy and Mineral Resources companies is developing very rapidly along with the development of technology, especially in the LACT (Lease Automatic Custody Transfer) meter system which aims to improve reliability and high accuracy of fluid volume and quality. Analog-mechanical system equipment and measurements in the operation of the previous LACT model have a high potential for system failure and several errors in the measuring instrument due to: calibration errors (inaccurate scale values), zero point errors (parallax errors), fatigue of components or measuring instrument materials (mechanical), work environment conditions and manual calculations that are prone to errors. Implementation of new technology can improve measurement accuracy and reliability, reduce the frequency of calibration of ATG (Automatic Temperature Gravity) equipment, and enable real-time monitoring. The methods used include cost-benefit analysis with a combination of FMEA (Failure Mode Effect Analysis) analysis, fishbone diagram analysis and SWOT (Strength, Weakness, Opportunities, and Threats) so that this LACT system upgrade program provides operational cost savings and increases company revenue through technological improvements in meter components. The LACT meter system update not only has an impact on increasing efficiency and effectiveness, but safety standards in managing custody transfer operations are also a priority for the company.

Keywords: Measurement, Custody transfer, FMEA analysis, fishbone diagram method and SWOT method

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas limpahan berkat, rahmat, dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “ Review Upgrade Sistem *LACT (Lease Automatic Custody Transfer)* Meter Digital Berbasis *FMEA* Dengan Metode *Fishbone* Diagram & *SWOT* : Studi Kasus Pada Industri Energi Dan Sumber Daya Mineral ”. Karya ilmiah ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Inovasi Sistem dan Teknologi dari Sekolah Interdisiplin Manajemen dan Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Tidak lupa kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang turut berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam proses pengerjaan penelitian ini, antara lain kepada:

1. Dosen pembimbing: Bapak Ir. Hendro Nurhadi, Dipl.-eng., Ph.D. yang berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing penulisan tesis.
2. Bapak Dr. Nurhadi Siswantoro, S.T., M.T., sebagai Dosen penguji
3. Bapak Dr.Eng.Ardyono Priyadi, S.T., M.Eng., sebagai Dosen penguji
4. Para Dosen SIMT ITS yang menginspirasi penulis.
5. Para Dosen Pengajar / Praktisi SIMT ITS yang menginspirasi penulis
6. Para Staf & karyawan SIMT ITS yang banyak memberikan dukungan.
7. Teman-teman Kelas Gabungan Start Up Teknologi - Enerba yang memberikan dukungan untuk menyelesaikan tesis ini.
8. Kedua orang tua: (Alm) Ayahnda Muhammad Djulai dan (Almh) Ibunda Chuzaimah yang penulis banggakan, Insya Allah menganugerahkan surga.
9. Istri tercinta dan anak anak yang memberikan banyak dukungan moril.
10. Para karyawan dan pekerja di industri energi dan sumber daya mineral.
11. Para karyawan di perpustakaan / repository SIMT – ITS.

12. Para intelektual yang memiliki harapan kepada penulis.
13. Pahlawan tanpa tanda jasa yang memberikan inspirasi kepada penulis.
14. Seluruh pihak Keluarga besar yang mengandalkan penulis. Semoga Allah SWT menganugerahkan keberkahan kepada Bapak Ibu sekalian.

Akhir pengantar, penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharap adanya kritik dan saran yang membangun dari para pembaca serta dapat memberikan manfaat bagi akademisi dan praktisi. Dengan memohon petunjuk & lindungan dari Allah SWT, agar senantiasa dimudahkan segala usaha dan upaya untuk menerapkan ilmu yang diperoleh selama kuliah. Amiin ya Robbal Aa'lamiin.

Wassalam

Surabaya, 28 Juli 2025



Ahmad Zamroni

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	i
ABSTRAK.....	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian.....	4
BAB 2 Dasar Teori dan Tinjauan Pustaka.....	5
2.1 <i>Custody Transfer</i>	5
2.2 Sistem <i>Lease Automatic Custody Transfer (LACT)</i>	7
2.2.1 Meter Prover loop.....	8
2.3 Perkembangan Digital Industri Energi.....	9
2.3.1 Pengertian Digitalisasi.....	9
2.3.2 Dampak Digitalisasi Industri Energi.....	10
2.4 Metode Analisa <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	11
2.5 Metode <i>Fishbone / Diagram Tulang Ikan</i>	11
2.6 Metode Analisa <i>SWOT</i>	13
2.7 Bibliometric Analisis.....	14
2.8 Penelitian Terdahulu.....	16

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Tahapan Penelitian.....	25
3.1.1 Identifikasi Masalah.....	26
3.1.2 Wawancara Pendahuluan.....	26
3.1.3 Pengamatan Pendahuluan.....	27
3.2 Perumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat Riset.....	27
3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data	29
3.4 Pemetaan Masalah Sistem <i>LACT</i> Meter Dengan Analisa <i>FMEA</i>	30
3.5 Analisa RPN Pada Sistem <i>LACT</i> Meter.....	33
3.6 Analisa <i>Pareto</i> Sistem <i>LACT</i> Meter.....	34
3.7 <i>Fault Tree Analysis (FTA)</i> Sistem <i>LACT</i> Meter.....	35
3.8 Analisa 5 <i>WHY</i> Sistem <i>LACT</i> Meter.....	36
3.9 Analisa <i>Fishbone</i> Diagram Sistem <i>LACT</i> Meter.....	37
3.10 Analisa <i>SWOT</i> Sistem <i>LACT</i> Meter.....	39
3.10.1 Evaluasi <i>Balance Score Card</i>	39
3.10.2 Evaluasi Dengan Matriks <i>IFAS & EFAS</i>	42
3.10.3 Evaluasi Dengan Kombinasi Strategi Kuantitatif.....	45
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian.....	47
4.2 Hasil Analisa Sistem <i>LACT</i> Meter	48
4.2.1 Hasil <i>FMEA</i> Sistem <i>LACT</i> Meter	48
4.2.2 Hasil <i>FTA</i> Sistem <i>LACT</i> Meter	50
4.2.3 Hasil 5 <i>WHY</i> Sistem <i>LACT</i> Meter	51
4.2.4 Hasil Analisa <i>Fishbone Diagram</i> Sistem <i>LACT</i> Meter.....	53
4.2.5 Hasil Analisa <i>SWOT</i> Sistem <i>LACT</i> Meter.....	54
4.3 Implikasi Manajerial Inovasi Upgrade Sistem <i>LACT</i> Meter.....	57
4.4 Alternatif Solusi Masalah Sistem <i>LACT</i> Meter.....	59
4.5 Tahapan Perencanaan Upgrade Sistem <i>LACT</i> Meter.....	60
4.6 Implementasi Upgrade Sistem <i>LACT</i> Meter.....	61
4.7 Flow Komputasi Meter.....	63
4.8 Tampilan <i>PI Vision</i> Pada Sistem <i>LACT</i> Meter.....	65

4.9	Hasil Evaluasi Upgrade Sistem <i>LACT</i> Meter	66
4.9.1	Analisa Dampak Upgrade Sistem <i>LACT</i> Meter	68
BAB 5 PENUTUP.....		71
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA.....		75
LAMPIRAN.....		79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tahapan Digital Industri Proses Kontrol.....	9
Tabel 2.2	Data Penelitian Terdahulu.....	19
Tabel 3.1	Parameter Rating Keparahan / <i>Severity</i> (S).....	31
Tabel 3.2	Parameter Rating Kejadian / <i>Occurance</i> (O).....	32
Tabel 3.3	Parameter Rating Deteksi / <i>Detection</i> (D).....	32
Tabel 3.4	Identifikasi <i>Failure Mode</i> Sistem <i>LACT</i> Meter.....	34
Tabel 3.5	Analisa Kegagalan dan <i>RPN</i> Sistem <i>LACT</i> Meter.....	34
Tabel 3.6	Analisa <i>Pareto</i> Sistem <i>LACT</i> Meter.....	35
Tabel 3.7	Nilai Perspektif Keuangan (Financial).....	39
Tabel 3.8	Nilai Perspektif Pelanggan (Customer).....	40
Tabel 3.9	Nilai Perspektif Proses Bisnis Internal (Internal Business Process)..	40
Tabel 3.10	Nilai Perspektif Pembelajaran & Pertumbuhan (L &D).....	41
Tabel 3.11	Nilai Perspektif Score Card KPI	41
Tabel 3.12	Matriks Internal <i>Factor Analysis Summary</i> (<i>IFAS</i>).....	42
Tabel 3.13	Matriks External <i>Factor Analysis Summary</i> (<i>EFAS</i>).....	43
Tabel 3.14	Kombinasi Strategi Kuantitatif.....	45
Tabel 3.15	Matriks <i>SWOT</i> Untuk SO Strategi.....	46
Tabel 4.1	Metode 5 <i>WHY</i> Sistem <i>LACT</i> meter.....	52
Tabel 4.2	Alternatif Solusi Sistem <i>LACT</i> Meter.....	60
Tabel 4.3	Gantt Chart Perencanaan Upgrade Sistem <i>LACT</i> Meter.....	61
Tabel 4.4	Proyeksi Upgrade <i>LACT</i> Meter	62
Tabel 4.5	Deskripsi 4 unit Sistem <i>LACT</i> Meter	62
Tabel 4.6	Curve S Rencana Kerja (biru) vs Aktual Kerja (oranye).....	67
Tabel 4.7	Analisa Dampak dari Upgrade Sistem <i>LACT</i> Meter).....	69
Tabel 5.1	Perbedaan Parameter <i>ATG</i> dengan Sensor Digital.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Sistem <i>LACT</i> Metering.....	8
Gambar 2.1	<i>Fishbone</i> Diagram.....	12
Gambar 2.2	<i>Bibliometric Network Visualization Analysis</i>	15
Gambar 2.3	<i>Bibliometric Overlay Visualization Analysis</i>	16
Gambar 3.1	Bagan Tahapan Penelitian.....	25
Gambar 3.2	<i>Frame Work</i> Penelitian Sistem <i>LACT</i> Meter.....	30
Gambar 3.3	Analisa Pareto Sistem <i>LACT</i> Meter.....	35
Gambar 3.4	Data Grafik <i>Failure Mode</i> 4 Unit Sistem <i>LACT</i> Meter.....	38
Gambar 3.5	Hasil Analisa <i>IFAS</i> dan <i>EFAS</i> Sistem <i>LACT</i> Meter.....	44
Gambar 4.1	<i>Simplify Flow Diagram</i> Incoming dan Outgoing Meter.....	47
Gambar 4.2	Diagram <i>FTA Upgrade</i> Sistem <i>LACT</i> Meter.....	51
Gambar 4.3	<i>Fishbone</i> Diagram Sistem Meter.....	53
Gambar 4.4	Konfigurasi Flow Computer Sistem <i>LACT</i> Meter	64
Gambar 4.5	Visualisasi Sistem <i>LACT</i> Meter pada <i>PI Vision</i>	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Fase 1 Kajian Teknis dan Budgeting.....	79
Lampiran 2	Fase Implementasi dan Evaluasi Project	80
Lampiran 3	Penggantian Peralatan Sistem <i>LACT</i> Meter	81
Lampiran 4	Dokumen pada Sistem <i>LACT</i> Meter	82
Lampiran 5	<i>Spending Single Year</i>	83
Lampiran 6	<i>Schematic Diagram LACT Crude Shipping & BDK</i>	84
Lampiran 7	<i>Schematic Diagram LACT AMKS & BRC Incoming</i>	85
Lampiran 8	Gambar <i>P& ID LACT AMKS</i> Meter	86
Lampiran 9	Gambar <i>P& ID LACT Crude Shipping</i> Meter	87
Lampiran 10	Gambar <i>P& ID LACT BRC Incoming</i> Meter	88
Lampiran 11	Gambar <i>P& ID LACT BDK</i> Meter	89

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 tradisional (*Lease Automatic Custody Transfer*) menghadapi beberapa keterbatasan selama operasi *custody transfer*, terutama peralatan yang mengandalkan meteran mekanis, seperti halnya turbin meter, *positive displacement* meter dan *kompensator* meter lainnya dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti perubahan fluktuasi suhu, viskositas dan keausan mekanis (García-Berrocal et al., 2019).

Selama operasi *custody transfer* baik penyimpanan atau pengiriman dapat menyebabkan perbedaan yang signifikan dalam volume produk minyak bumi. Ketidakakuratan pengukuran tersebut dengan perkiraan 13,8% data salah. Hal ini terutama dikaitkan dengan data outlier, yang berasal dari kualitas kinerja kerja di terminal bahan bakar. Peningkatan berkelanjutan dari sistem pengukuran untuk hal meningkatkan keandalan data, memastikan *custody transfer* pada meter penyimpanan ataupun pengiriman bahan bakar yang akurat, serta meminimalkan dampak ekonomi yang substansial sehingga perusahaan di sektor energi dan sumber daya mineral menjadi prioritas utama (Kevin, 2024).

Pembaruan teknologi dengan penerapan infrastruktur data yang kuat sangat penting untuk memaksimalkan manfaat dari sistem *Lease Automatic Custody Transfer* (LACT), secara signifikan meningkatkan akurasi dan keandalan pengukuran minyak mentah / kondensat. Walau demikian 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 akurasi dan keandalan pengukuran dimanfaatkan secara efektif dan efisien (Naslednikov & Petrov, 2022).

Dalam konteks upgrade sistem *LACT* meter ini penulis menggunakan kombinasi *FMEA* (*Failure Mode and Effect Analysis*), diagram tulang ikan, dan metode *SWOT*, melalui pendekatan komprehensif untuk manajemen risiko dan pengambilan keputusan strategis. *FMEA* secara efektif mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko melalui perhitungan Nomor Prioritas Risiko (RPN), yang mengevaluasi tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi potensi kegagalan. Pendekatan kuantitatif ini membantu dalam menentukan risiko mana yang memerlukan perhatian segera.

Sebaliknya, diagram tulang ikan secara visual mewakili akar penyebab risiko yang diidentifikasi. Bersama-sama, metode ini meningkatkan pemecahan masalah dengan menggabungkan penilaian risiko kuantitatif dengan analisis akar penyebab kualitatif, yang mengarah pada peningkatan kualitas produk dan mengurangi kegagalan. Hal ini memungkinkan analisis komprehensif dari faktor-faktor yang berkontribusi seperti manusia, metode, bahan, mesin dan lingkungan (Aristriyana & Fauzi, 2022).

Dengan integrasikan metode *SWOT* ke dalam upgrade sistem *LACT* meter ini memungkinkan evaluasi yang lebih luas dari faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi efektivitas tindakan korektif. Integrasi metode *SWOT* meningkatkan pengambilan keputusan dengan mengevaluasi kekuatan dan kelemahan internal secara sistematis bersama peluang dan ancaman eksternal. Analisis komprehensif ini memungkinkan untuk mengidentifikasi potensi risiko dan mengembangkan strategi mitigasi efektif yang disesuaikan dengan konteks upgrade *LACT* sistem. Dengan memahami faktor-faktor ini, pengambil keputusan dapat memprioritaskan tindakan yang memanfaatkan kekuatan dan peluang sambil mengatasi kelemahan dan ancaman, yang pada akhirnya mengarah pada manajemen risiko yang lebih terinformasi dan strategis. Pendekatan ini memastikan bahwa semua aspek yang relevan dipertimbangkan, mendorong sikap proaktif dalam perencanaan dan pelaksanaan upgrade *LACT* sistem (Sinha et al., 2020).

Secara keseluruhan, *Upgrade* sistem *LACT* Meter Digital dengan pendekatan *FMEA*, *Fishbone*, dan *SWOT* dapat memberikan solusi strategis dan teknis dalam meningkatkan performa dan keandalan sistem metering di industri energi dan sumber daya mineral.

Kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, merumuskan langkah mitigasi, dan menyusun strategi implementasi digitalisasi yang efektif untuk memastikan keakuratan pengukuran dan keberlanjutan operasional.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana upgrade sistem *LACT* dapat meningkatkan akurasi pengukuran?
2. Bagaimana analisis yang digunakan dalam upgrade sistem *LACT* meter?
3. Bagaimana metode yang digunakan untuk peningkatan efisiensi melalui upgrade sistem *LACT* meter?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisa sistem *LACT* meter untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi pengukuran minyak mentah / kondensat.
2. Identifikasi & analisis semua risiko yang mungkin terjadi dalam upgrade sistem *LACT* meter untuk meningkatkan keandalan & keamanan sistem *LACT* meter.
3. Menggunakan metode FMEA dengan kombinasi *Fishbone* diagram & *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*) untuk peningkatan produktivitas dan efisiensi biaya operasional dalam upgrade sistem *LACT* meter.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Bagi akademisi, penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan tentang konsep upgrade sistem *LACT* dengan teknik *FMEA* menggunakan kombinasi metode fishbone diagram dan *SWOT* dalam menganalisis teknologi sistem *LACT* meter.
2. Bagi praktisi, penelitian ini diharapkan menjadi panduan tahapan yang harus dilakukan untuk memperbaiki kinerja perusahaan.

1.5 Batasan Penelitian

1. Penelitian ini berdasarkan pada studi kasus upgrade sistem *LACT* meter yang digunakan oleh perusahaan energi dan sumber daya mineral
2. Analisis risiko dengan *FMEA* untuk mengidentifikasi potensi kegagalan sistem dan solusi peningkatan keandalan sistem *LACT* meter.
3. Penilaian risiko dan akar penyebab masalah dalam sistem *LACT* meter menggunakan metode *Fishbone* diagram
4. Pemetaan kekuatan dan kelemahan serta potensi dan ancaman dengan metode SWOT untuk mengevaluasi efektivitas upgrade sistem *LACT* meter dalam meningkatkan kinerja dan efisiensi perusahaan.
5. Data aktual diperoleh sebelum upgrade sistem *LACT* meter periode tahun 2018 – 2023.

BAB 2

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Custody Transfer*

Custody transfer atau juga dikenal sebagai *fiscal metering* dalam industri minyak berupa pemindahan cairan antara dua pihak menggunakan perangkat *flowmeter* sebagai transaksi untuk mengukur massa atau volume cairan sebelum dan sesudah proses transfer guna memastikan pengukuran cairan yang akurat (Stephane Roux, 2022).

Menurut Bela G.Liptak ; Kriszta Vencel (2016) bahwa definisi *custody transfer* sistem sebagai serangkaian proses, metoda, peralatan dan instrumentasi yang memberikan informasi jumlah dan kualitas yang digunakan untuk dokumentasi fisik dan fiskal dari perubahan kepemilikan dan / atau perubahan tanggung jawab atas suatu komoditas. Informasi yang didapatkan dalam proses *custody transfer* ini secara umum menggunakan billing atau berupa pengukuran fiskal yang berlaku sebagai informasi perhitungan pajak atau pembayaran royalti. Walaupun istilah *custody transfer* dan pengukuran fiskal dapat berlaku juga untuk beberapa komoditi lainnya, pada industri energi dan sumber daya mineral diimplementasikan secara ekstensif dan terstandarisasi.

Kepastian peraturan hukum dan kelembagaan pada pengukuran aliran *custody transfer* harus ditaati. Seperti peraturan Internasional *Organisation Internationale de Métrologie Légale* (OIML), dengan Sertifikat OIML R 117 untuk sistem pengukuran cairan selain air. Rekomendasi OIML sering kali dimasukkan ke dalam standar nasional, oleh karena itu diterapkan di seluruh dunia. Peraturan Uni Eropa 2004/22/EG merupakan pedoman Eropa yang mengatur persyaratan otorisasi alat ukur untuk digunakan dalam proses *custody transfer* (Brockhaus, 2020). Pilihan *flow meter* untuk pengukuran *custody transfer* tentunya mempunyai dasar pertimbangan. Akurasi, repeatability, rangeability merupakan beberapa faktor yang menunjukkan sistem pengukuran *custody transfer* ini banyak menjadi pilihan bagi industri energi dan sumber daya mineral. Faktor-faktor yang mempengaruhi

akurasi merupakan parameter penting yang harus dipelajari selama merancang sistem pengukuran *custody transfer*. Gangguan terhadap keakuratan *flow meter* terdapat pada parameter meteorologi, parameter instalasi, dan gangguan eksternal lainnya (Salunke, 2017)

Menurut artikel STI Group (2013) menyatakan pengukuran *custody transfer* secara akurat yang penggunaan sistem biasanya akan bergantung pada berbagai karakteristik dan pertimbangan terhadap cairan yang dialirkan, yaitu :

- a. *Turbine meter*, menggunakan energi mekanik yang ada dalam aliran minyak mentah untuk memutar turbin. Semakin cepat alirannya, semakin cepat turbin berputar. Putaran turbin kemudian dapat digunakan untuk mengukur aliran. Keunggulan meteran turbin termasuk sangat akurat, dapat menangani berbagai aliran, suhu, dan tekanan, dan harganya relatif kecil dan murah. Namun sangat sensitif terhadap perubahan viskositas dan tidak menangani viskositas tinggi dengan baik. Aliran pada unit meter ini membutuhkan kontrol tekanan balik untuk mencegah kavitasi juga rentan terhadap pengotoran pada kisi kisi turbin.
- b. *Positive Displacement Meter*, menggunakan metode langsung mengukur perpindahan positif, memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi. Digunakan berbagai viskositas yang berbeda, bahkan viskositas tinggi namun lebih rentan terhadap kerusakan dari minyak mentah yang sangat korosif dan mengalami masalah dalam lonjakan aliran.
- c. *Coriolis meter*, menggunakan gaya yang dihasilkan dari percepatan untuk mengukur massa yang mengacu pada pusat rotasi. Ini dicapai dengan menggetarkan tabung tempat fluida mengalir, membutuhkan sedikit perawatan, dapat menangani perubahan viskositas dengan baik, dan tahan terhadap korosi. Namun membutuhkan kepadatan yang sangat akurat untuk mendapatkan perhitungan volume yang baik dan rentan terhadap endapan pada bagian bawah tabung.
- d. *Ultrasonic meter*, menggunakan gelombang suara untuk mengukur kecepatan aliran. Frekuensi gelombang suara dipantulkan kembali karena

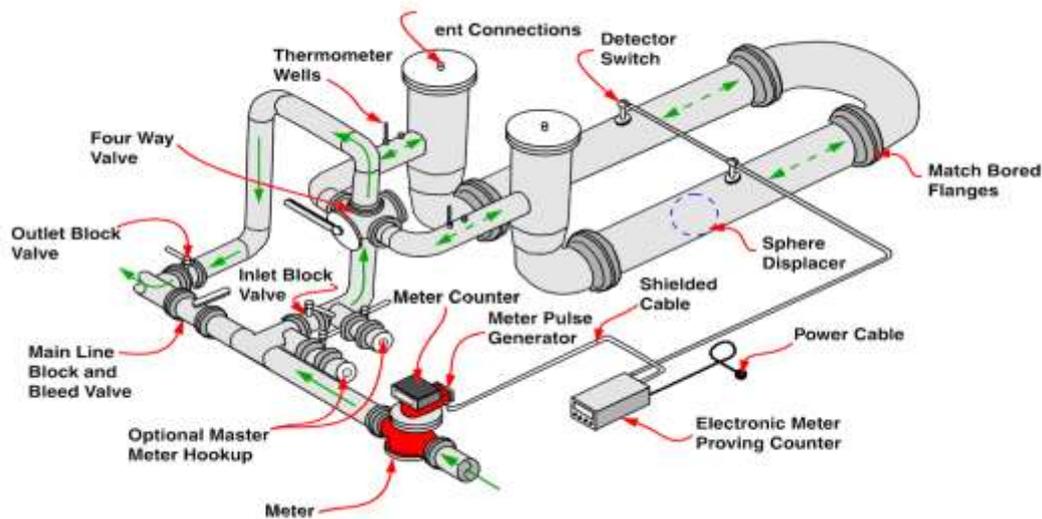
- e. efek Doppler dan kemudian dapat diukur, memiliki keunggulan yang sangat akurat, bekerja dengan rentang aliran yang luas, tidak rentan terhadap penurunan tekanan, dan dapat bekerja secara dua arah. Namun sangat sensitif terhadap gas, sedimen, dan air yang terbawa, dan rentan terhadap pengotoran.

2.2 Sistem *Lease Automatic Custody Transfer (LACT)*

Unit *Lease Automatic Custody Transfer (LACT)* juga dikenal dengan *Petroleum Metering System* umumnya digunakan untuk pengukuran minyak mentah atau cairan. Minyak mentah atau liquid yang di pompakan dari satu tempat ke tempat lain maka saat tersebut terjadi perubahan kepemilikan dan pengukuran keakuratan volumetrik sangat di perlukan. Komponen atau peralatan *automatic sampler, strainer, custody transfer meter, 4-way valve and manifold, meter prover, inlet / outlet valve, flow computer* dan komponen lainnya merupakan bagian umum unit *LACT*. Sistem ini menggunakan *bidirectional proving meter* sebagai alat uji / kalibrasi terhadap unit meter. Meter *proving* sistem ini merupakan bagian dari komponen unit *LACT* (Rudroff, 2017).

Pengukuran dengan akurasi yang dipertahankan $\pm 0,25\%$ atau lebih baik maka unit *LACT* saat ini sebagai metode terbaik untuk mentransfer kepemilikan minyak mentah dari fasilitas produksi ke pipa, truk ataupun kapal tanker karena memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode pengukuran lainnya, terutama pengukuran tangki. (Mimmi, 2014)

Secara khusus sistem pencatatan dan pengukuran oleh unit *LACT* baik sistem sebelumnya maupun sistem saat ini memiliki beberapa kekurangan berupa pengukuran yang tertunda dan data kualitatif lainnya dalam sistem penjualan melalui unit kendaraan tanki ataupun melalui fasilitas pipa menjadi isu antara kedua belah pihak pembeli atau penjual (Riggs, 2019).



Gambar 1.1 Sistem *LACT* Metering (G. Williams, 2016).

Gambar 1.1 menunjukkan sistem *LACT* dengan komponen – komponen metering yang terpasang pada industri energi dan sumber daya mineral.

2.2.1 Meter Prover Loop

Volume fluida yang melewati pipa selama proses penerimaan atau pengiriman hidrokarbon menggunakan *flow* meter tidak sepenuhnya akurat di seluruh rentang kemampuan laju alirannya. Untuk pembuktian flow meter tersebut harus menghitung beberapa faktor koreksi volume terhadap aliran fluida yang dikenal dengan meter prover loop. Pada masing-masing bagian juga terdapat koreksi atas terjadinya perubahan temperatur dan presure. Jenis *meter prover* yang saat ini banyak digunakan adalah tipe *unidirectional* dan *bidirectional* (Young, 2020)

Smits & Rath (2012) menyatakan verifikasi ulang pengukur aliran ini perlu dilakukan secara berkala. Untuk membuktikan volume yang dikirim dari flow meter tersebut dikenal dengan istilah *Water Draw* atau dikenal sebagai metode transfer volumetrik digunakan untuk mengkalibrasi meter proving. *Water draw* terdiri dari tiga bejana yang menampung fluida air kalibrasi dengan kapasitas masing-masing adalah 100 liter, 500 liter dan 1000 liter.

2.3 Perkembangan Digital Industri Energi

2.3.1 Pengertian Digitalisasi

Digitalisasi menggambarkan penerapan informasi dan teknologi komunikasi yang berkembang di seluruh aspek termasuk bidang energi. Digitalisasi juga dapat dianggap sebagai interaksi dan konvergensi antara dunia digital dan dunia fisik. Dunia digital memiliki tiga elemen mendasar, yaitu :

- Data: informasi digital
- Analitik: penggunaan data untuk menghasilkan informasi dan wawasan yang berguna.
- Konektivitas: pertukaran data antara manusia, perangkat, dan mesin (termasuk mesin-ke-mesin), melalui jaringan komunikasi digital.

Tren menuju digitalisasi yang lebih besar dimungkinkan oleh kemajuan di ketiga bidang ini: peningkatan volume data berkat penurunan biaya sensor dan penyimpanan data, kemajuan pesat dalam kemampuan analitik dan komputasi tingkat lanjut, dan konektivitas yang lebih besar dengan transmisi data yang lebih cepat dan lebih murah (IEA, 2017).

Menurut Westerman et al., (2014) transformasi digital adalah suatu cara desain ulang tentang bagaimana suatu organisasi menggunakan teknologi, orang, dan proses yang secara fundamental mengubah kinerja bisnis. Tujuan menyeluruh dari penggunaan metode transformasi digital ini adalah untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas biaya, kapasitas, kemampuan, manajemen risiko dan keahlian di setiap sektor, serta untuk mengidentifikasi cara baru untuk monetisasi. Pada Tabel 2.1 ditunjukkan tahapan digitalisasi proses kontrol dalam dunia industri.

Tabel 2.1 Tahapan Digitalisasi Industri Proses Kontrol

Offline Open Loop Control	Online Open Loop Control	Autonomous Close Loop Control
Proses pengumpulan data digital meter dan sensor pada performance system, namun kontrol dan optimasi dilakukan oleh manusia	Proses pengumpulan data digital meter dan sensor pada performance system, optimasi dilakukan algorithm kontrol namun implementasi manual oleh manusia	Proses pengumpulan data digital meter dan sensor pada performance system, optimasi dilakukan algorithm kontrol dan implementasi otomatis dilakukan oleh sistem digital

(IEA, 2017)

2.3.2 Dampak Digitalisasi Industri Energi

Perusahaan bidang energi telah mengadopsi teknologi digital selama bertahun-tahun, membantu meningkatkan pemulihan sumber daya fosil, meningkatkan proses produksi, mengurangi biaya, dan meningkatkan keselamatan. Sektor minyak dan gas memiliki sejarah yang relatif panjang dengan teknologi digital terutama di hulu. Potensi digitalisasi cukup signifikan untuk meningkatkan operasi lebih lanjut. Biaya produksi antara 10% dan 20% dapat dihemat dengan penggunaan teknologi digital yang ada secara luas. Dengan penggunaan teknologi digital yang ada dan yang sedang berkembang, sumber daya minyak dan gas yang dapat dipulihkan secara teknis bisa ditingkatkan sekitar 5% secara global. Dampak potensial dari digitalisasi kemungkinan akan menjadi yang terbesar untuk sumber daya minyak dan gas (world economic forum, 2017).

Dalam tahap awal transformasi digital, Industri manufaktur tradisional di seluruh dunia didorong oleh peningkatan inovasi dan teknologi yang meningkat secara eksponensial. di mana perubahan terjadi melalui teknologi informasi. Proses baru yang menghubungkan ranah digital dan fisik mengubah pola dalam meningkatkan pengambilan keputusan madengan ide-ide berbasis data pada dasarnya mengubah strategi dan cara bisnis perusahaan (MEED Mashrek, 2019). Transisi teknologi yang diamati dalam dekade terakhir, mengaktualisasikan proses pengembangan inovatif bagi perusahaan sektor energi (Shigaev AG, 2020). Transformasi digital di sektor energi telah berdampak luar biasa pada dunia dan telah memaksa perusahaan untuk menyesuaikan model bisnis, strategi dan praktik manajemen mereka (Fernandez-Vidal et al., 2022).

Menurut IEA (2017) penggunaan teknologi digital saat ini secara ekstensif dapat mengurangi biaya produksi sebesar 10% hingga 20%. Cadangan minyak dan gas yang dapat dipulihkan secara teknis dapat ditingkatkan sekitar 5 miliar barel secara global melalui adopsi teknologi digital. Transformasi digital menjadikan perusahaan dan industri menjadi lebih gesit, efisien, dan kompetitif di pasar yang berubah dengan cepat dalam meningkatkan operasional dan bisnis.

Industri sektor energi juga mulai merangkul teknologi seperti big data, kecerdasan buatan, internet of things, analisis data real-time, pemodelan reservoir dan twin digital untuk mengurangi biaya, memaksimalkan produktivitas

serta meminimalkan risiko yang terkait dengan berbagai proses bidang energi (Pattnaik & Pandey, 2023).

2.4 Metode Analisa *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*.

Mikulak (2017) menerangkan bahwa identifikasi dan mencegah sebelum terjadinya kegagalan terhadap suatu produk atau suatu proses didefinisikan sebagai *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*. *FMEA* ini fokus pencegahan pada kegagalan produk, memperkuat *safety* dan menaikkan tingkat kepuasan customer. Idealnya pada tahapan perancangan produk atau perkembangan suatu proses maka metode *FMEA* ini bisa digunakan.

Sebagai alat proaktif, metode *FMEA* juga mampu untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mencegah kegagalan produk dan proses. Efektifitas *FMEA* dapat ditingkatkan secara signifikan dengan mengidentifikasi potensi ketidakpastian yang tinggi, kegagalan pengambilan keputusan selama prosedur dan meningkatkan kesadaran terhadap adanya potensi masalah. Semua kemungkinan efek berbahaya yang telah diketahui dapat dimitigasi dan dihindari sebagai strategi untuk menyelesaikan suatu masalah (Bluvband & Grabov, 2009). Menurut (Pathak et al., 2011) *FMEA* mempunyai banyak tipe yaitu :

- Sistem yang fokus pada fungsi sistem secara global
- Design yang fokus pada komponen – komponen dan subsistem
- Proses yang fokus pada manufaktur dan proses perakitan
- Service yang fokus pada fungsi pelayanan / jasa

2.5 Metode *Fishbone / Diagram Tulang Ikan*

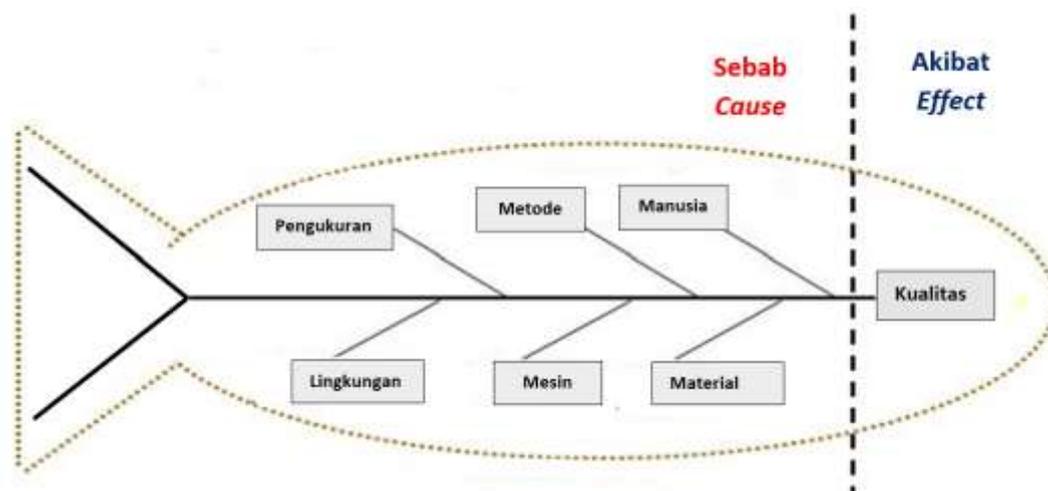
Diagram tulang ikan yang dikenal sebagai diagram sebab dan akibat yang ditemukan oleh Kaoru Ishikawa adalah salah satu teknik terbaik dalam mengajarkan menulis teks argumentatif. Diagram tulang ikan terdiri dari tiga bagian. Pertama sebagai kepala, sebagai masalah atau topik yang akan dianalisis. Kedua anggota tubuh sebagai deskripsi dari suatu masalah atau topik dan terakhir bagian ekor sebagai akibat dari masalah.

Selain itu teknik ini dapat membantu untuk mengetahui sebab dan akibat dari satu pernyataan masalah dengan menggunakan model seperti kerangka ikan (Fauziah, 2022; Riggs, 2019a).

Suatu tindakan dan langkah *improvement* akan lebih mudah dilakukan jika masalah dan akar penyebab masalah sudah ditemukan. Manfaat *fishbone* diagram ini dapat menolong kita untuk menemukan akar penyebab masalah secara *user friendly*, tools yang *user friendly* disukai orang – orang di industri manufaktur di mana proses di sana terkenal memiliki banyak ragam variable yang berpotensi menyebabkan munculnya permasalahan (Durrroh et al., 2023).

Fishbone diagram akan mengidentifikasi berbagai sebab potensial dari satu efek atau masalah, dan menganalisis masalah tersebut melalui sesi brainstorming. Masalah akan dipecah menjadi sejumlah kategori yang berkaitan, mencakup manusia, material, mesin, prosedur, kebijakan, lingkungan dan sebagainya. Setiap kategori mempunyai sebab - sebab yang perlu diuraikan melalui sesi brainstorming (Kusnadi, 2011).

Pada Gambar 2.1 menunjukkan model *fishbone* diagram dalam menemukan sebab – sebab potensial dari suatu masalah.



Gambar 2.1 *Fishbone* Diagram

2.6 Metode Analisa *SWOT*

SWOT menurut (Alan Sarsby, 2016) populer dengan 4 strategi analisis dan strategi pengembangan.

Kepanjangan dari kata *SWOT* yaitu :

- *Strength* (Kekuatan)
- *Weakness* (Kelemahan)
- *Opportunities* (Peluang)
- *Threats* (Ancaman)

Sistem *SWOT* ini digunakan berbagai bidang industri, komersial, organisasi sosial dan organisasi kemasyarakatan. Di pendidikan tinggi, *SWOT* digunakan sebagai materi pelajaran kurikulum bisnis dan strategi pelatihan / kursus. Adapun *SWOT* memiliki banyak keuntungan diantaranya adalah :

- Mudah dipahami dan memiliki diagram sederhana tanpa ada hitungan matematika.
- Dapat diterapkan di banyak level organisasi mulai dari individual, tim, bisnis unit atau divisi dan menjadi bagian strategi perusahaan.
- Dapat diterapkan sebagai pemecahan solusi masalah dari hal yang berat, ringan ataupun sederhana dengan sangat rinci untuk hal yang besar ataupun kompleks.
- Bersifat visual, konsekuen dan mudah dikomunikasikan ke pemangku kepentingan lain.

Meskipun *SWOT* populer dan beberapa keuntungan tersebut diatas ada pula beberapa kerugian pada *SWOT* diantaranya :

- Kualitas data - data yang digunakan cenderung lemah dan pernyataan hanya secara umum.
- Menggunakan data data yang bias oleh persepsi, keyakinan, tipe personal dan ada kecenderungan tertentu.
- Tidak memisahkan elemen analisis, evaluasi dan konsekuensi pengambilan keputusan dari data – data yang telah dikumpulkan.

- Mudah mengabaikan prinsip – prinsip dasar yang menyebabkan faktor – faktor yang sudah disepakati kearah analisa yang salah dan akibatnya menkonseghasilkan strategi yang tidak sesuai harapan.

Ada parameter -parameter yang perlu diperhatikan ketika melakukan identifikasi adalah dampak dari setiap modus kegagalan harus mempertimbangkan parameter keparahan (S), parameter kemungkinan terjadi (O) dan kriteria kemungkinan kegagalan deteksi (D). Setiap parameter harus memiliki skala yang sama dan dapat disusun secara kualitatif dan ditafsirkan secara kuantitatif dengan menggunakan skala peringkat numerik, misalnya skala 1 – 10 atau skala 1 – 5. Penentuan skala yang akan digunakan dapat dilakukan secara konsensus dan disepakati oleh seluruh anggota tim (Alijoyo et al., 2023).

2.7 Bibliometric Analisis

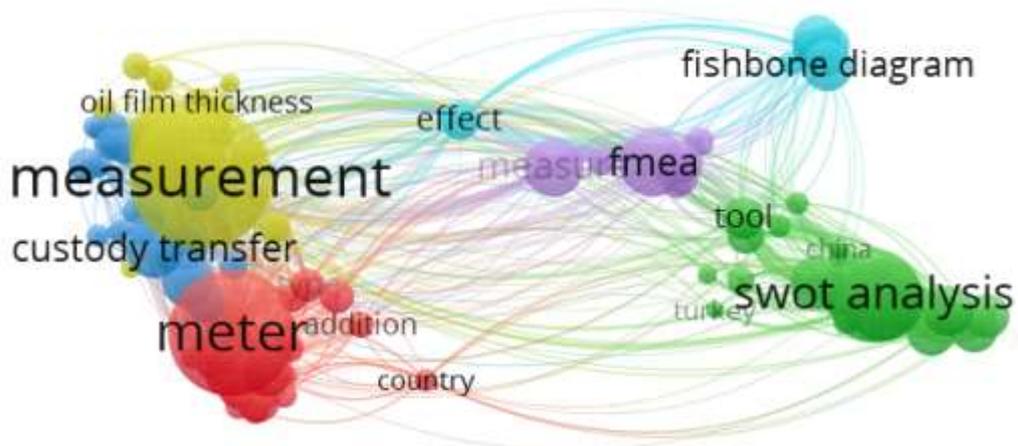
Bibliometric adalah analisis statistik terhadap buku , artikel, atau publikasi lainnya. Metode penelitian kuantitatif yang digunakan untuk mengevaluasi publikasi ilmiah dan dampaknya. Bertujuan untuk mengidentifikasi tren penelitian dan memberikan wawasan untuk studi masa depan di lapangan (Passas, 2024).

Dalam hal penelitian atau proposal tesis ini penulis mengambil judul **Review Upgrade Sistem LACT (Lease Automatic Custody Transfer) Meter Digital Berbasis FMEA Menggunakan Metode Fishbone Diagram dan SWOT : Studi Kasus Pada Industri Energi dan Sumber Daya Mineral**. Analisa *bibliometric network visualization* pada Gambar 2.2 menjelaskan sebagai berikut :

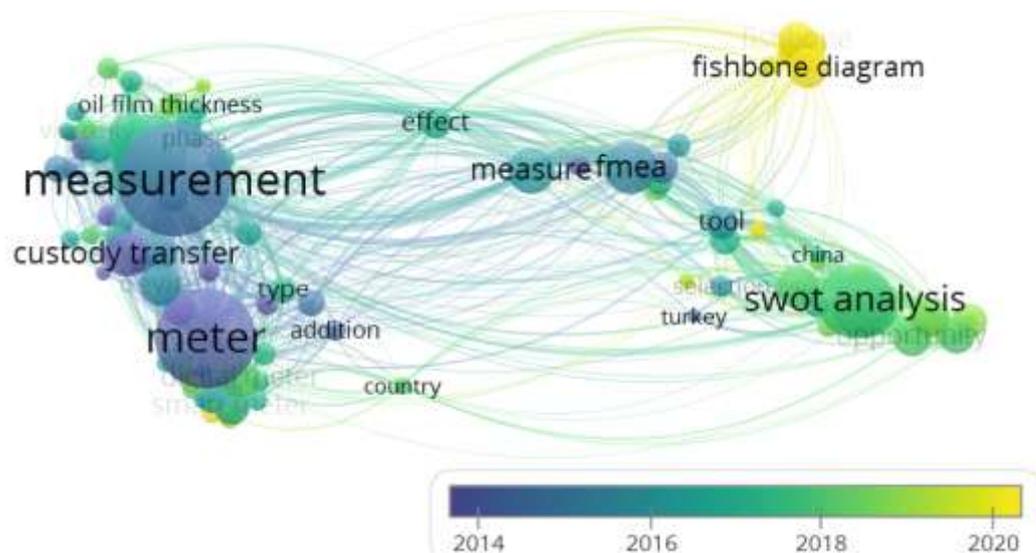
1. Topik Utama dan Subtopik:
 - Kata "*measurement*" dan "meter" muncul sebagai node utama dengan ukuran yang besar, menandakan bahwa konsep pengukuran dan perangkat meter sangat sering muncul dalam penelitian yang relevan. Ini menunjukkan fokus utama literatur pada teknik pengukuran dan jenis meter yang digunakan dalam industri atau penelitian terkait.

- Node "*custody transfer*" "digital meter," dan "*smart meter*" berhubungan erat dengan "meter" dan "*measurement*," mengindikasikan bahwa literatur banyak membahas tentang aplikasi meter dalam proses *custody transfer*, serta penggunaan teknologi meter digital dan pintar.
2. Dari data *bibliometric*, banyak penelitian dengan pilihan *FMEA* dan *SWOT* analysis sebagai metode untuk analisis risiko terkait *measurement*, meter dan *custody transfer*, sedangkan metode *fishbone diagram* terlihat masih jarang digunakan. Dari data *bibliometric overlay visualization* ditunjukkan Gambar 2.3 bahwa metode *FMEA* dan *SWOT* analisis sudah lebih populer dibandingkan dengan metode *fishbone diagram* yang terdata untuk penelitian terkait *measurement*, meter dan *custody transfer*.
 3. Analisis *SWOT*, *FMEA* dan diagram *fishbone* menunjukkan saling berhubungan erat terhadap penelitian yang lainnya.

Kesimpulannya, grafik ini mendukung penelitian dan menunjukkan bahwa topik pengukuran serta aplikasi terkait meteran dalam literatur sangat luas, melibatkan aspek teknis dan analitis, serta diintegrasikan dengan pendekatan manajemen risiko dan pemecahan masalah.



Gambar 2.2 *Bibliometric Network Visualization Analysis*



Gambar 2.3 *Bibliometric Overlay Visualization Analysis*

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang terkait dengan sistem unit LACT (*Lease Automatic Custody Transfer*) atau *custody transfer* sudah bergeser dari yang model konvensional bersifat manual menuju sistem otomatis dan digitalisasi sesuai dengan perkembangan teknologi. Sistem unit LACT ini memiliki design atau konstuksinya dari awal hingga saat ini sudah standar yang terdiri dari pompa, flow meter, meter prover, 4 way valve (EN-FAB, 2021). Menurut *Pattnaik & Pandey (2023)* otomatisasi manufaktur industri dan sistem kontrol industri tanpa gangguan manusia dengan data sebagai faktor pendorong utama transformasi revolusi keempat. Penggunaan teknologi seperti data besar, kecerdasan buatan, internet of things, dan kembar digital untuk mengurangi biaya, memaksimalkan produktivitas, meminimalkan risiko yang terkait dengan industri minyak dan gas. Sistem LACT sekarang mengikuti perkembangan teknologi yang dapat dimonitoring secara real time dengan gunakan perangkat mikro komputer, antarmuka berbasis cloud, sistem penyimpanan data, dan sistem antarmuka pengguna jarak jauh (Riggs, 2019b). Pengembangan teknologi dengan menggunakan optical computing device dapat mengetahui karakteristik dari fluida yang ada di dalam pipa dan dapat dikonfigurasi untuk mengatur atau memberikan instruksi pada sistem *custody transfer* (*Pelletier & Perkins, 2018*).

Dalam pengembangan teknologi 3D tentang pengoperasian unit *LACT* dengan aplikasi *augment reality* pada perangkat seluler berfokus pada pelatihan personel operator, diperlukan parameter dasar dan spesifik untuk pembuatan virtual model 3D sehingga visualisasi peralatan dan instrumentasi pengukuran termasuk juga mampu mengubah variabel variabel proses seperti *pressure*, temperatur dan *flow* dalam suatu sistem (Montoya et al., 2020). Adanya aplikasi *The digital twin* (DT), melibatkan pembuatan replika virtual dari aset atau sistem sebagai seperangkat alat transformatif di berbagai industri. Strategi perusahaan mengelola operasi yang kompleks, meningkatkan keselamatan, dan mengoptimalkan proses pengambilan keputusan melalui teknologi pengembangan DT mewakili evolusi yang signifikan disektor industri (Meza et al., 2024). Penggunaan teknologi *Flow Computer Omni 6000* yang berfungsi sebagai kalkulator gas flowrate yang ditransmisikan, serta dapat mengetahui komposisi gas yang ditransmisikan ke konsumen.

Monitoring laju aliran pada proses industri menjadi alternatif yang efektif karena mampu memberikan pengukuran yang lebih akurat, cepat, dan terpercaya. Pengukuran data yang akurat dan terus menerus, sehingga dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi kerugian produksi mejadikan *Flow Computer Omni 6000* banyak digunakan dalam industri minyak dan gas buni (Zulrahma & Surya Wardhana, 2024). Menurut Fajar (2022) sebagai bagian dari efisiensi maka diperlukan upaya pengoptimalisasian pada peralatan sistem serah terima produk BBM di SPBU. Sejumlah peraturan hukum dan kelembagaan, Organisasi Internasional Metrologi Hukum Organisation Internationale de Métrologie Lègale (OIML), Sertifikat OIML R 117 untuk sistem pengukuran cairan selain air , untuk memastikan dalam pengukuran *custody transfer* sehingga akurasi pengukurannya dapat terjamin atau parameter kalibrasi yang ditetapkan oleh inspeksi resmi atau otorisasi (Brockhaus, 2020b) .

Untuk identifikasi semua mode kegagalan dalam suatu sistem *custody transfer*, menilai dampaknya, dan merencanakan tindakan korektif menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* cukup efektif. Menggunakan model analisis *SWOT* akan membantu untuk menunjukkan faktor apa yang paling

berpengaruh yang menguntungkan dan tidak menguntungkan untuk mencapai tujuan mereka dengan melihat aspek positif dan negatif dari lingkungan internal dan eksternal perusahaan. Keunggulan kompetitif adalah basis teknologinya yang kuat dan kemampuannya untuk menerapkan teknologi baru, yang menempatkan perusahaan di jalur yang benar untuk mencapai misi dan visinya. Salah satu perusahaan energi dunia sepenuhnya memanfaatkan teknologi digital dalam bisnis intinya, tetapi untuk melakukan transformasi dalam skala besar membutuhkan investasi yang tinggi, dan ini membutuhkan waktu karena transformasi digital adalah proses yang berkelanjutan (*Haouel & Nemeslaki, 2024*).

Tabel 2.2 Data Penelitian Terdahulu.

Judul & Penulis	Teori / Tujuan	Metodologi	Konteks	Kesenjangan
Lease Automated Custody Transfer Unit (LACT) and Meter Provers. EN-FAB, I. (2021).	Proses pengujian dan kalibrasi di lapangan dengan meter provers untuk akurasi sistem, termasuk dengan metode pulse interpolation untuk pengujian volume kecil.	Implementasi sistem LACT & meter provers EN-FAB untuk peningkatan akurasi pengukuran hingga 0,1% dalam setiap pengiriman liquid melalui sistem metering. Hal ini berpotensi mengurangi risiko kesalahan penghitungan.	Meningkatkan keandalan dalam pengukuran dan transfer custody. Mengurangi risiko kehilangan produk dan meningkatkan profitabilitas bagi produsen serta operator jaringan pipa. Memberikan solusi yang dapat dioperasikan tanpa pengawasan intensif, meningkatkan efisiensi operasional.	Tidak membahas adanya perbandingan antara sistem LACT dan teknologi lain dalam industri yang sama, yang bisa memberikan perspektif lebih luas mengenai kelebihan dan kekurangan masing-masing sistem
Flowmeter, in particular for use in custody transfer. Brockhaus, H (2020).	Flowmeter, menjaga Integritas data pengukuran, sistem komunikasi yang andal, memenuhi standar industri untuk aplikasi <i>transfer custody</i> , kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku.	Desain flowmeter yang mencakup unit evaluasi yang dilindungi dari modifikasi data yang tidak sah	Keakuratan Pengukuran Aliran Standar akurasi dengan persyaratan regulasi ($\pm 0.1\%$ hingga $\pm 0.5\%$ akurasi). Data yang dihasilkan merupakan data aktual. Sistem komunikasi yang aman, andal, dan cepat untuk mengirimkan data ke unit pengelola transfer custody.	Implementasi mekanisme perlindungan dapat memengaruhi biaya produksi dan pemeliharaan. Sistem ini sangat bergantung pada elektronik dan sensor

Judul & Penulis	Teori / Tujuan	Metodologi	Konteks	Kesenjangan
Digital transformation in oil and gas industry Opportunities and Challenges. Chourouk Haouel, András Nemeslaki (2024)	Mengeksplorasi peluang & tantangan yang dihadapi industri minyak dan gas dalam menerapkan transformasi digital dengan menetapkan pusat keunggulan digital dan roadmap untuk teknologi baru, peningkatan produktivitas dan pengurangan emisi. yang membantu meningkatkan efisiensi, mengurangi jejak karbon, dan meningkatkan keselamatan operasi.	pendekatan kualitatif dan eksploratif. Data sekunder yang diperoleh melalui tinjauan literatur, artikel penelitian, laporan perusahaan, dan sumber elektronik digunakan sebagai bahan analisis. Selain itu, penelitian ini juga mencakup studi kasus mendalam mengenai strategi digitalisasi di Equinor dengan menggunakan analisa SWOT	Memberikan wawasan tentang bagaimana perusahaan minyak dan gas dapat memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi operasional, keselamatan, dan keberlanjutan. pentingnya kolaborasi antara pemain utama industri, pemasok, dan startup teknologi untuk membangun ekosistem digital yang dapat meningkatkan posisi ekonomi mereka.	Kurang mengeksplorasi implementasi spesifik pada proses kritis seperti LACT (Lease Automatic Custody Transfer) atau sistem metering. Kurangnya pembahasan tentang hambatan adopsi teknologi baru, seperti augmented reality (AR) atau artificial intelligence (AI), dalam operasional spesifik
New insights on digital transformation for petroleum industry. Pattnaik, B., & Pandey, G. (2023).	Produktivitas dapat meningkat melalui otomatisasi dan penggunaan data yang lebih efektif dalam penerapan strategi digital di perusahaan	Pendekatan deskriptif untuk menjelaskan teknologi baru 4.0 berupa big data, AI, IoT, Digital Twin.	Analisis data secara real-time, model reservoir 4D, dan optimisasi produksi. meningkatkan efisiensi operasional, menurunkan biaya pemeliharaan.	Biaya awal tinggi, kesenjangan tenaga trampil, ketergantungan pada infrastruktur data, kurangnya standarisasi, Integrasi yang kompleks dalam implementasi teknologi, ketidakstabilan pasar.

Judul & Penulis	Teori / Tujuan	Metodologi	Konteks	Kesenjangan
Real-time Automatic Custody Transfer Measurement System. US Patent App Riggs, R. (2019a).	Mengembangkan sistem pengukuran otomatis untuk custody transfer minyak dan gas yang dapat monitoring data secara real-time melalui jaringan berbasis cloud dan data tersimpan dengan aman.	Pengembangan perangkat komputer mikro dalam unit LACT. Sistem penyimpanan cloud, Input / Output Channels	Ketersediaan data pengukuran custody transfer secara real-time, yang memungkinkan pengguna memonitor dan mengakses data kualitas minyak /gas serta status transfer custody tanpa penundaan	Ketergantungan pada konektivitas, kompleksitas implements karena banyaknya sensor dan antarmuka yang harus dikonfigurasi, komponen elektronik rentan terhadap lingkungan seperti cuaca ekstrim.
"Analisa Pemilihan Metode Custody Transfer Dalam Proses Implementasi Digitalisasi SPBU Menggunakan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) dan Fuzzy Prioritization di PT Pertamina Regional Jatimbalinus” Fajar, Riezqi (2022),	Memilih metode pengukuran custody transfer yang paling sesuai untuk proses digitalisasi SPBU, dengan efisiensi operasional, peningkatan akurasi, pengurangan risiko dan standarisasi proses	Menggunakan pendekatan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk identifikasi mode kegagalan dalam sistem custody transfer dan untuk merencanakan tindakan korektif.	Metode Automatic Tank Gauging (ATG) merupakan metode custody transfer terbaik untuk diterapkan dalam proses digitalisasi SPBU di PT Pertamina Regional Jatimbalinus	Implementasi ATG yang Tidak Optimal, Risiko Residual yang Masih Ada: Meskipun dengan optimasi, nilai residual risiko (RPN) harus tetap diawasi untuk memastikan penerapan sesuai dengan prinsip ALARP, Pendekatan fuzzy-AHP meskipun canggih, memerlukan keahlian khusus untuk pengimplementasiannya

Judul & Penulis	Teori / Tujuan	Metodologi	Konteks	Kesenjangan
Training Assistant for LACT Process Through Augmented Reality. Iberian Conference on Information Systems and Technologies Montoya, Y. Y., Pillajo, C. G., & Ortiz, J. S. (2020).	Kolaborasi untuk mengembangkan aplikasi augmented reality untuk pelatihan operator. Memberikan pengalaman pelatihan yang lebih realistis dan interaktif kepada pengguna.	Mengumpulkan data mengenai LACT Units untuk membuat model 3D virtual dari unit tersebut menggunakan file CAD. Model ini kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis Unity 3D.	Menciptakan pengalaman yang lebih realistis dalam pelatihan operasi LACT Units dengan menampilkan reaksi sistem terhadap perubahan variabel yang dibuat oleh pengguna.	Belum ada adaptasi teknologi AR untuk lingkungan spesifik seperti industri minyak dan gas di wilayah tertentu, misalnya Indonesia. Tidak membahas kendala teknologi, seperti kompatibilitas perangkat atau kebutuhan pelatihan tambahan.
Keakurasian Sistem Monitoring Flow Rate Menggunakan Flow Computer Omni 6000 di PT Energi Nusantara Perkasa. Jurnal Elkolind, Zulrahma, Y., & Surya Wardhana, A. (2024).	Evaluasi keakuratan sistem monitoring laju aliran (<i>flow rate</i>) gas menggunakan Flow Computer Omni 6000	Metode uji statis dan dinamis untuk mengevaluasi keakuratan <i>Flow Computer</i> Omni 6000	Hasil penelitian menunjukkan bahwa <i>Flow Computer</i> mampu menghitung laju aliran gas dengan rata-rata kesalahan sekitar 0,0056%, yang masih berada dalam toleransi error yang diizinkan berdasarkan standar AGA Report No. 3.	Belum membahas integrasi sistem monitoring dengan teknologi digitalisasi modern seperti IoT atau big data untuk pengambilan keputusan real-time, belum ada evaluasi komparatif antara Flowcomp Omni 6000 & teknologi lain dalam hal keunggulannya.
Analisis dalam Perancangan Strategi Pengembangan Divisi PPIC di PT.X. Ummi, N., & Setiawan, H. (2015).	Pendekatan penerapan <i>Balanced Scorecard</i> sebagai dasar analisa SWOT	Kinerja Balanced Scorecard (BSC), Analisis SWOT, Matriks IFAS, dan EFAS, observasi lapangan	Memberikan strategi yang tepat untuk meningkatkan kinerja dalam menghadapi persaingan global, terutama dalam menghadapi praktek dumping, Mengidentifikasi langkah strategis, tingkatkan efisiensi operasional & SDM	Pemborosan dalam biaya, keterlambatan suplai bahan baku, ketidaktersediaan suku cadang, kurangnya pelatihan yang efektif untuk peningkatan Sumber Daya Manusia, kemampuan penjualan yang belum optimal

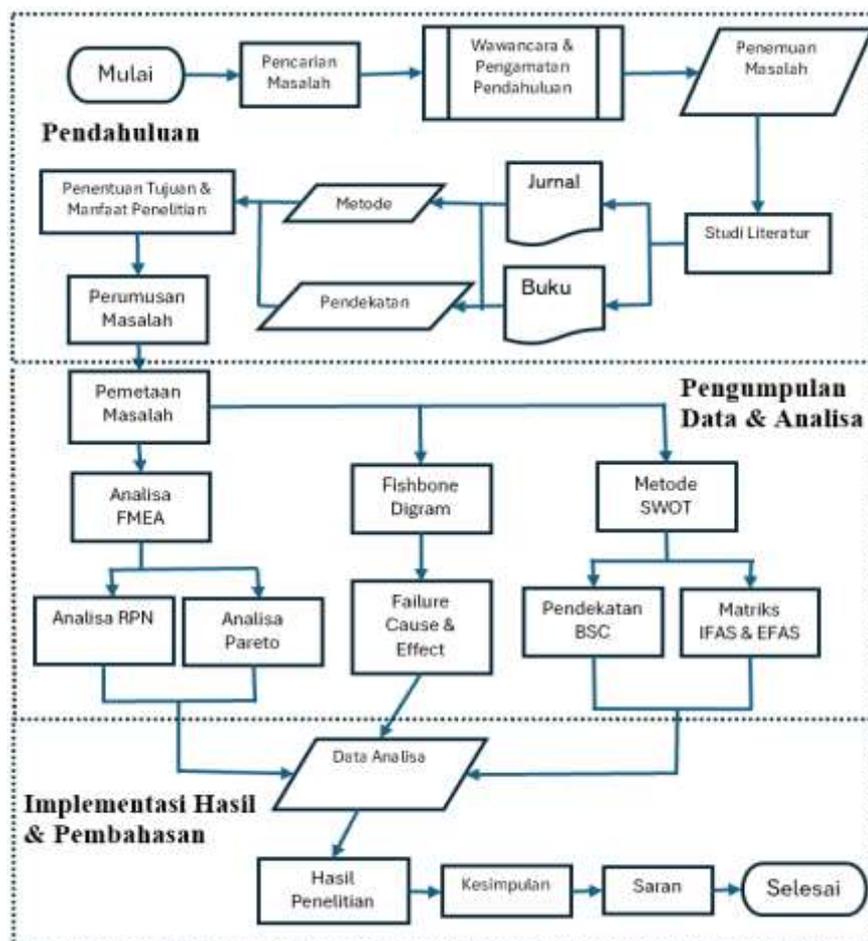
Judul & Penulis	Teori / Tujuan	Metodologi	Konteks	Kesenjangan
Analisis Penyebab Kecacatan Produk Dengan Metode Fishbone Diagram Dan Failure Mode Effect Analysis (Fmea) Pada Perusahaan Elang Mas Sindang Kasih Aristriyana, E., & Fauzi, R. A. (2022).	Menganalisis akar penyebab kecacatan produk di perusahaan serta menilai potensi kegagalan yang paling signifikan pada proses produksi	Metode fishbone diagram dan FMEA berdasarkan skor RPN (Risk Priority Number).	Rekomendasi Perbaikan Memberikan usulan tindakan perbaikan untuk meminimalkan kecacatan produk dan meningkatkan kualitas proses produksi. Peningkatan Kualitas Produk. Mengoptimalkan proses produksi dengan mengurangi potensi penyebab kecacatan dan meningkatkan efisiensi operasional perusahaan.	Penelitian fokus pada satu perusahaan tanpa membahas penerapan metode di sektor atau industri lain untuk validasi yang lebih luas. Tidak membahas potensi penggunaan teknologi digital, seperti IoT atau big data, untuk mendukung analisis kecacatan produk secara otomatis
Tools, Technologies and Frameworks for Digital Twins in the Oil and Gas Industry: An In-Depth Analysis. In Sensors (Vol. 24, Issue 19). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). Meza, E. B. M., Souza, D. G. B. de, Copetti, A., Sobral, A. P. B., Silva, G. V., Tammela, I., & Cardoso, R. (2024).	Meningkatkan pengetahuan dan mempromosikan inovasi, produktivitas, dan efisiensi operasional di industri tersebut dengan memperkenalkan solusi berbasis data untuk optimalisasi keputusan	Menggunakan Systematic Literature Review (SLR) dengan mengikuti kerangka kerja PRISMA dan bantuan platform Parsifal untuk melakukan seleksi dan analisis literatur.	Memberikan analisis mendalam tentang alat, teknologi, dan kerangka kerja yang digunakan dalam pengembangan Digital Twin di industri minyak dan gas, yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan keselamatan, efisiensi, dan ketahanan operasional .	Kurangnya diskusi mengenai bagaimana transformasi digital ini memengaruhi budaya organisasi dan perlunya perubahan dalam struktur dan kebijakan. Bagaimana data dari berbagai sumber (misalnya, sensor, perangkat lunak, dan sistem lain) dapat diintegrasikan secara efektif untuk mendukung digital twins. Isu keamanan siber yang terkait penggunaan digital twins, mengingat pentingnya keamanan data dalam industri minyak dan gas.

Judul & Penulis	Teori / Tujuan	Metodologi	Konteks	Kesenjangan
<p>Analisis Modus Kegagalan dan Dampak Evaluation Risk Analysis: Consequences Probability Level of Risk Alijoyo, A., Wijaya, Q. B., & Jacob, I. (2023).</p>	<p>Identifikasi risiko secara sistematis dengan mendeteksi potensi kegagalan dalam suatu sistem atau proses, termasuk penyebab, lokasi, dan dampaknya dan menganalisis risiko berdasarkan kombinasiprobabilitas (kemungkinan terjadinya) berikut konsekuensi (dampak yang ditimbulkan)</p>	<p>Metode FMEA dengan "Consequences" (Dampak) dan "Probability" (Probabilitas), yang kemudian digunakan untuk menilai "Level of Risk" (Tingkat Risiko).</p>	<p>Pengelolaan risiko untuk mencegah kegagalan yang dapat berdampak negatif terhadap kinerja, keselamatan, atau reputasi perusahaan. Evaluasi dampak dan probabilitas untuk menentukan tingkat risiko, hal ini dapat membantu dalam mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko terbesar yang memerlukan perhatian lebih lanjut atau tindakan mitigasi.</p>	<p>Tidak mencakup contoh aplikasi nyata dari metode FMEA, dalam membuktikan efektivitas atau aplikabilitas metode dalam situasi industri yang beragam. Analisis dampak dan probabilitas tidak dievaluasi secara mendalam atau tidak mempertimbangkan variabel lain yang mungkin mempengaruhi hasil, sehingga menghasilkan penilaian risiko yang kurang komprehensif.</p>
<p>Optical computing devices for measurement in custody transfer of pipelines. Pelletier, M. T., & Perkins, D. L. (2018).</p>	<p>Perangkat komputasi optik dapat meningkatkan akurasi pengukuran dibanding dengan metode konvensional. transfer data secara real-time antara berbagai lokasi pengukuran.</p>	<p>Penggunaan sensor optic dengan protokol komunikasi data seperti OPC (OLE for Process Control), MODBUS, atau MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), integrasi IoT</p>	<p>Penerapan teknologi komputasi optik dalam custody transfer yang dapat menawarkan keunggulan dalam akurasi, kecepatan, dan efisiensi dibandingkan dengan metode konvensional, inovasi dan kemajuan terbaru dalam teknik pengukuran dengan perangkat komputasi optik dapat meningkatkan proses pengumpulan dan pemrosesan data di berbagai stasiun pengukuran</p>	<p>Tidak menyajikan data empiris yang menunjukkan efektivitas perangkat komputasi optik dalam pengukuran dibandingkan dengan metode konvensional. Keterbatasan atau tantangan yang dihadapi dalam risiko implementasi perangkat komputasi optik Belum adanya regulasi industri untuk memenuhi standar pengukuran komputasi optik yang berlaku.</p>

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Pada bab ini berisi terkait penjelasan diagram alir penelitian, terkait tahapan - tahapan dalam melakukan penelitian mulai dari studi literatur, pengumpulan dan pengolahan data, analisis pembahasan, kesimpulan dan saran, dan juga menentukan desain kuesioner penelitian Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa penggantian dan penerimaan teknologi sistem *Lease Automatic Custody Transfer (LACT)* menjadi sistem digital yang berbasis pada *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)* dengan kombinasi analisa *fishbone* diagram dan *SWOT (Strength, Weakness, Opportunity and Threat)* Penelitian ini menjadi tiga tahapan proses seperti Gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3.1 Bagan Tahapan Penelitian

3.1.1 Identifikasi Masalah

Penelitian ini dilakukan di perusahaan energi dan sumber daya mineral, maka penelitian ini merupakan sebuah *case study* atau *case history*. Metode penelitian yang mengkombinasikan wawancara individu atau kelompok dengan analisis dan observasi berupa catatan merupakan istilah dari *Case study* (Cooper & Schindler, 2017: 195). Tujuan *case study* adalah memperoleh perspektif ganda dari organisasi tunggal, situasi, kejadian, atau proses pada waktu tertentu (Cooper & Schindler, 2017; 195). Penelitian tipe studi adalah *descriptive study*, yang berarti mencoba untuk menemukan jawaban dari beberapa pertanyaan siapa, apa, di mana, kapan, dan terkadang bagaimana (Cooper & Schindler, 2017 : 25).

Peralatan LACT di Santan Terminal masih menggunakan teknologi lama dari desain sebelumnya (tahun 1970an) dan belum pernah dilakukan upgrade. Desain existing terpasang dan beroperasi adalah komponen Pulse Generator dan ATG (Automatic Temperature & Gravity) Compensator, yaitu

- Pulse generator merupakan komponen yang merubah sinyal mekanis menjadi analog, fungsinya adalah membaca putaran meter yang nantinya akan dikonversi kedalam volume tertentu (proving test)
- ATG Compensator merupakan komponen yang mengkoreksi temperature & tekanan meter kedalam kondisi standar (60 deg F dan 14,7 Psi).

3.1.2 Wawancara Pendahuluan

Peneliti melakukan *Individual Depth Interviews* (IDI) dan *expert interviews* dengan *Subject Matter Expert* (SME), pihak operation, dan *maintenance personal* untuk menanyakan proses metering dan permasalahan apa yang bisa menggangukannya. IDI merupakan wawancara dengan orang yang terlibat dengan masalah, sedangkan *expert interviews* merupakan wawancara dengan orang yang mengetahui masalah atau solusi yang memungkinkan (Cooper & Schindler, 2017: 110). Menggunakan gaya *unstructured interview* sebagai wawancara pendahuluan, yang artinya tidak ada urutan pertanyaan atau topik tertentu, menyesuaikan dengan partisipan, dan umumnya dimulai dengan narasi dari partisipan (Cooper & Schindler, 2017: 180).

3.1.3 Pengamatan Pendahuluan

Peneliti juga melakukan observasi non perilaku berupa *process or activity analysis*, yaitu analisis yang meliputi studi waktu/pergerakan dari proses manufaktur dan analisis arus perdagangan dalam sistem distribusi, arus dokumen dalam suatu kantor, dan arus keuangan dalam sistem perbankan (Cooper & Schindler, 2017 : 205). Observasi adalah seluruh pengawasan aktivitas serta kondisi perilaku dan non perilaku (Cooper & Schindler, 2017 :203). Aktivitas pengamat termasuk dalam *direct observation* karena hadir dan memonitor suatu kejadian secara fisik. Observasi memenuhi persyaratan penelitian ilmiah ketika digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan dilaksanakan secara sistematis, menggunakan pengawasan yang tepat, serta memberikan laporan yang andal dan valid mengenai apa yang terjadi (Cooper & Schindler, 2017 : 202).

Dari sini peneliti menemukan bahwa dalam pengoperasian unit *LACT* ini menggunakan proses pengukuran dan penghitungan secara manual yang rentan terhadap adanya kesalahan (*error*) saat menginput data data yang diperoleh dari lapangan. Kondisi ini akan mempengaruhi banyak aspek termasuk inefisiensi biaya operasional. Oleh karena itu, pada tahap selanjutnya peneliti akan mencari literatur yang berhubungan dengan strategi dan metode analisis untuk mendapatkan nilai tambah bagi perusahaan untuk pembaruan sesuai perkembangan teknologi dalam sistem *LACT*.

3.2 Perumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat Riset

Peneliti dapat mengidentifikasi dan merumuskan tiga masalah yang ada di bab sebelumnya. Bagian ini memuat pernyataan yang dirumuskan secara jelas, tajam, dan terfokus mengenai topik pokok yang akan dianalisa. Berikut beberapa permasalahan dalam sistem *LACT* meter :

- ✓ Menurunnya *reliability LACT* Meter karena *ATG* dan *Pulse Generator* yang secara repetitive mengalami kerusakan.
- ✓ Unit *ATG* berikut partnya sudah obsolete (*discontinue* oleh manufacture) sehingga sulit tersedia di pasaran.

- ✓ Metode pengoperasian system metering dilakukan secara manual yang berpotensi dapat menyebabkan ketidakpresisian alibrasidan keakuratan pembacaan.
- ✓ Kalibrasi *ATG Compansator LACT* Meter dilakukan per 6 bulan, validitas waktu terlalu cepat.
- ✓ Regulasi / kepatuhan (compliance) terhadap JOA (Joint Operating Agreement) pada proses incoming dan PJBM (Perjanjian Jual Beli Minyak Mentah) serta PTOPM (Prosedur Teknis Operasi Penyerahan Minyak Mentah & Sales Apointment Agreement (SAA) pada proses lifting berdampak pada reputasi perusahaan.
- ✓ Biaya yang diperlukan untuk operation dan maintenance dalam sangat besar.

Dalam hal tujuan penelitian atau sasaran yang ingin dicapai yaitu :

- ✓ Meningkatkan *Reliability LACT* meter dengan penggantian spare part yang mudah didapat di pasaran yang mendukung digitalisasi dan modernisasi
- ✓ Pengoperasian *LACT* meter dengan *Human Machine Interface & Flow Computer* secara otomatis menghitung hasil *proving meter* sehingga akurasi pengukuran lebih baik dibandingkan secara manual
- ✓ Penerapan standar peraturan perusahaan pada penerimaan atau penyerahan (jual beli) *crude oil* dan *condensate* yang berdampak pada reputasi Perusahaan.
(Penilaian *Custody Transfer Assessment Program 2024 - CTAP*) dari SKK Migas dengan kategori Sangat Baik)
- ✓ Instalasi *Pressure Transmitter & Temperature Transmittent* melakukan *electronic compensation* sesuai standar *API MPMS* dan peraturan perusahaan / migas sehingga keakurasian lebih tinggi
- ✓ Efisiensi biaya operation / maintenance
- ✓ Mengimplentasikan *real time and online monitoring*.

Berikut Referensi dan standard yang digunakan:

- *API MPMS Chapter 4 Proving Systems*
- *API MPMS Chapter 5.3 Measurement of Liquid Hydrocarbon by Displacement Meter*
- *API MPMS Chapter 8 Sampling of Petroleum and Petroleum Product API MPMS Chapter 12 Calculation of Liquid Petroleum Quantities Measured by Turbines or Displacement Meters*
- PTK-064/SKKMA0000/2018/SO Tentang Manajemen Operasi Produksi Minyak & Gas Bumi
- Permen ESDM No. 32 Tahun 2021
- Permendag No. 67 Tahun 2018 tentang alat ukur, takar, timbang & perlengkapannya yang wajib di tera dan tera ulang
- Permendag No. 68 Tahun 2018 tentang tera dan tera ulang
- Permendag No. 52 Tahun 2019 tentang standar ukuran meterologi legal.

Sedangkan manfaat penelitian menjelaskan tentang pentingnya penelitian bagi pihak akademisi dan praktisi. Dalam hal ini peneliti meneliti upgrade sistem *LACT* dengan teknik *FMEA* menggunakan kombinasi metode fishbone diagram dan *SWOT* dalam menganalisis teknologi sistem *LACT* meter, diharapkan mampu memberikan panduan tentang tahapan yang harus dilakukan untuk memperbaiki kinerja perusahaan.

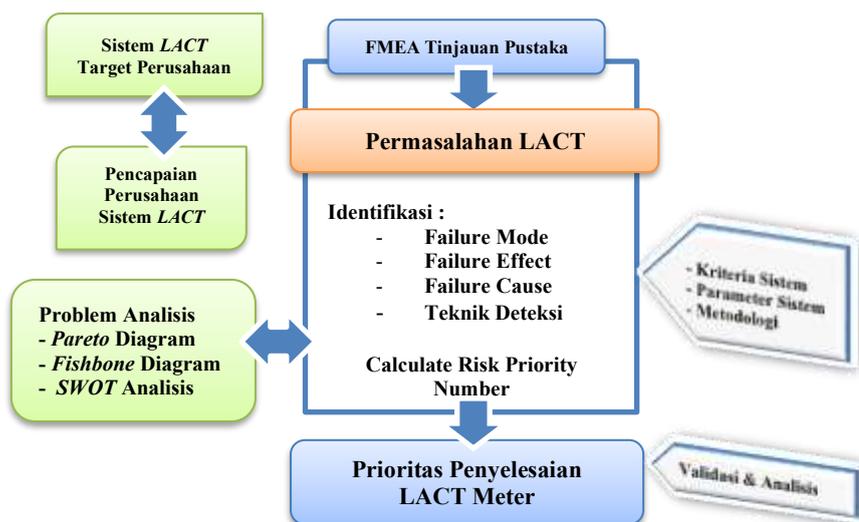
3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada proses pemetaan analisa *FMEA* dengan kombinasi metode *fishbone* diagram dan analisa *SWOT*, peneliti melakukan wawancara dan *brainstorming* dengan pihak Operation & Engineering untuk memetakan model penyelesaian masalah. *Brainstorming* adalah mengumpulkan sekelompok orang, dengan tujuan menghasilkan pemikiran baru, gagasan, ide yang segar dan menjadi pilihan untuk mewujudkan dalam aktifitas (Minter, 2007).

Dalam pembahasan ini terdapat 4 unit *LACT* yang menjadi bahan penelitian, peralatan *LACT* tersebut terpasang dan beroperasi di perusahaan Energi dan

Sumber Daya Mineral. Data dari tahun 2018 – 2023 diperoleh terkait dengan reliability meter.

Kerangka penelitian ini diilustrasikan pada Gambar 3.2 berawal dari permasalahan antara pencapaian sistem *LACT* dengan target perusahaan. Berdasarkan literatur *FMEA*, mulai dari data primer dan sekunder dikumpulkan dari laporan operasional. *FMEA* diterapkan sebagai alat pemecahan masalah untuk menganalisis data yang dikumpulkan. Selain itu, diagram Ishikawa (diagram sebab dan akibat) dan diagram Pareto diterapkan dalam penelitian ini untuk melengkapi alat analisis. *FMEA* ditabulasi dan kemudian mengidentifikasi mode kegagalan, efek kegagalan, penyebab kegagalan dan teknik deteksi. *Risk Priority Number* (RPN) dihitung untuk indikator untuk memilih prioritas rencana penyelesaian.



Gambar 3.2 *Frame Work* Penelitian Sistem *LACT* Meter

3.4 Pemetaan Masalah Sistem *LACT* Meter Dengan Analisa *FMEA*

Menurut Pathak et al., (2011) bahwa setiap kali terjadi kegagalan yang dapat berpotensi bahaya, cedera atau kerusakan terhadap pengguna harus dilakukan *FMEA*. Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini adalah mengidentifikasi penyebab penyebab kegagalan sistem *LACT* meter termasuk nilai dari masing masing parameter dengan menentukan *rating severity*, *occurance* dan *detection*.

- Menentukan Parameter Keparahan / *Rating Severity (S)*

Tabel 3.1 Parameter *Rating* Keparahan / *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 system
6	Sedang	Kegagalan memberikan efek terhadap hilangnya fungsi sebagian system
7	Tinggi	Kegagalan memberikan efek terhadap penurunan fungsi utama system
8	Sangat tinggi	Kegagalan memberikan efek terhadap hilangnya fungsi utama system
9	Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan membahayakan sistem dengan adanya peringatan terlebih dahulu
10	Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan membahayakan sistem tanpa adanya peringatan terlebih dahulu

(Sumber : McDermott et al., 2009)

Pada tahapan kuantifikasi seberapa serius kondisi kegagalan / keparahan (*severity index*) memberikan penilaian terhadap setiap potensi moda kegagalan yang ada. Semakin besar nilai *severity* maka semakin besar pula efek yang disebabkan oleh potensi moda kegagalan tersebut.

- Menentukan Parameter Kejadian / *Rating Occurance (O)*

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*) terdapat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Parameter *Rating* 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		Hampir selalu terjadi dalam sebulan

(Sumber : McDermott et al., 2009)

- Menentukan Parameter *Rating Detection* (*D*)

Tahap ini adalah memberikan penilaian pengukuran 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 3.3

Tabel 3.3 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

(Sumber : McDermott et al., 2009)

3.5 Analisa RPN Pada Sistem LACT Meter

Perhitungan RPN diperoleh dari perkalian *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*. Semakin tinggi nilai RPN maka semakin tinggi resiko kegagalan, sehingga kegagalan tersebut harus segera diperbaiki.

Untuk menentukan tingkat keparahan, kejadian dan deteksi menggunakan metode menghitung *Risk Priority Number* (RPN) dengan rumus berikut :

- $RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$.
- Nilai RPN berkisar antara 1 hingga 1.000

Hasil perhitungan dengan nilai $RPN > 500$ termasuk kategori tinggi. Menurut Alijoyo et al. (2020), Interpretasi RPN membantu memprioritaskan mode kegagalan berdasarkan risiko.

- RPN Rendah (1– 250) : Risiko rendah
- RPN Sedang (251–500) : Risiko sedang.
- RPN Tinggi (501 - 1000) : Risiko tinggi.

Dari identifikasi *failure mode* pada sistem LACT meter ditemukan urutan masalah yang terjadi sebagai berikut :

1. *ATG compensator*
2. Spare part obselete
3. *Bad repeatability / proving test fail*
4. Ketidakakuratan.

Data identifikasi diperoleh dari observasi lapangan, wawancara serta tercatat pada sistem *work order management*, ditemukan 4 sumber masalah yaitu: *ATG compensator*, *spare part obselete*, *bad repeatability* dan ketidakakuratan. Data tersebut ditunjukkan Tabel 3.4 dengan *failure mode* paling besar terjadi pada *ATG compensator*.

Tabel 3.4 Identifikasi *Failure Mode* Sistem *LACT* Meter

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

Hasil perhitungan *Risk Priority Number (RPN)* terhadap masalah yang terjadi pada unit sistem *LACT* meter dengan 4 parameter *failure mode* ditunjukkan pada Tabel 3.5 analisa kegagalan *LACT* dengan nilai *Severity*, *Occurance* dan *Detection*.

Tabel 3.5 Analisa Kegagalan dan *RPN* Sistem *LACT* Meter

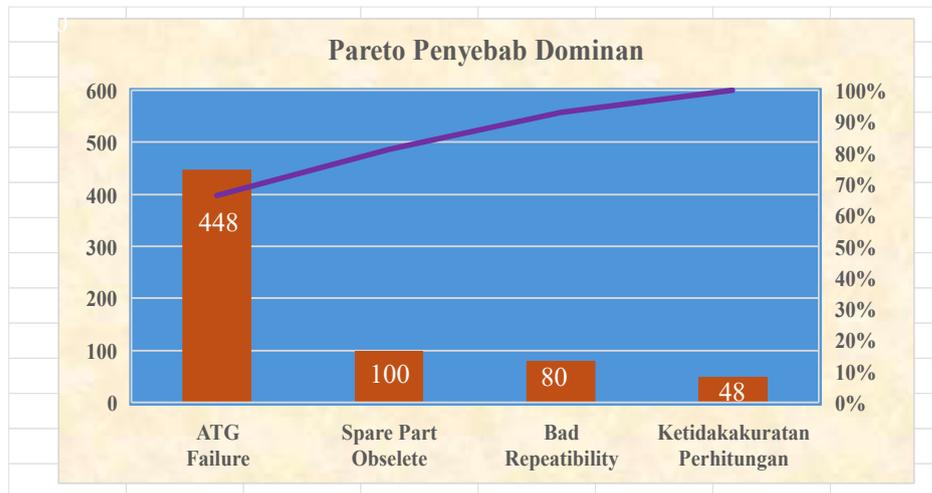
No	<i>LACT</i>	S	O	D	RPN	Rasio %	Komulatif %
	<i>Failure Mode</i>						
1	<i>ATG Failure</i>	8	8	7	448	66	66
2	<i>Spare Part Obsolete</i>	4	5	5	100	15	81
3	<i>Bad Repeatability</i>	4	4	5	80	12	93
4	Ketidakkuratan Perhitungan	3	4	4	48	7	100

3.6 Analisa Pareto Sistem *LACT* Meter

Analisa Pareto merupakan metode grafik balok serta grafik baris yang memberikan gambaran terhadap perbandingan semua data secara menyeluruh sehingga memungkinkan untuk diketahui masalah yang dominan untuk menyelesaikan dengan skala prioritas (Heizer et al., 2014). Dari identifikasi masalah terkait *reliability* sistem *LACT* meter akan berdampak pada pengeluaran biaya perusahaan. Berdasarkan hasil analisa dan *risk priority number* dapat dibuat diagram pareto dengan masing masing parameter masalah yang terjadi.

Berdasarkan nilai *RPN* seperti yang ditunjukkan tabel 3.5 tersebut maka

tampilan Gambar 3.3 dari analisa *pareto* sistem *LACT* meter dengan nilai *RPN* 448 (kategori tinggi skala 1 - 1000) dan angka kumulatif sebesar 66% untuk *ATG failure* sebagai prioritas utama yang harus diselesaikan.



Gambar 3.3 Analisa *Pareto* Sistem *LACT* Meter

3.7 *Fault Tree Analisis (FTA) Sistem LACT Meter*

Menurut (Thomas Pyzdek, 2002) dalam Setyadi, Indra (2013) *Fault Tree Analysis* adalah model diagram yang terdiri dari beberapa kombinasi kesalahan secara paralel dan secara berurutan yang kemungkinan menjadi penyebab awal dari *failure event* yang telah ditetapkan. *FTA* dapat diuraikan sebagai suatu teknik analitis dari suatu status yang tidak diinginkan terhadap kesalahan suatu sistem yang dianalisa untuk menemukan semua cara yang dapat dipercaya dalam peristiwa yang tidak diinginkan dapat terjadi. *FTA* bersifat top – down artinya analisa dilakukan mulai dari kejadian umum selanjutnya penyebab khusus dapat ditelusuri ke bawahnya. *FTA* juga merupakan metode pendekatan secara deduktif yang dilakukan dengan cara menganalisis berbagai kegagalan yang bisa terjadi dan kemungkinan dimana tempat munculnya kegagalan yang akan terjadi dalam suatu sistem (Benjamin S. Blanchard & John E. Blyler, 2016).

Dalam upgrade sistem *LACT (Lease Automatic Custody Transfer)* meter yang merupakan komponen vital dalam pengukuran dan transfer kepemilikan minyak mentah ataupun kondensat, *FTA* menjadi alat yang efektif untuk

mengevaluasi potensi kegagalan dan meningkatkan keandalan sistem metering.

Berdasarkan metode *FTA* bahwa kegagalan sistem *LACT* meter dapat ditelusuri melalui dua jalur utama penyebab, yaitu:

1. Repetitive Problem Meter (*Reliability Issue*)

Masalah berulang pada performa meter ditandai dengan kegagalan pada *proving test* atau uji pembuktian akurasi.

2. Inaccuracy Parameter

Kegagalan sistem juga dapat terjadi akibat parameter pengukuran yang tidak akurat seperti saat pembacaan pressure gauge, temperatur gauge yang masih menggunakan analog / jarum (kesalahan paralaks).

Simbol logika AND dan OR digunakan untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat dari masing-masing subsistem. Kegagalan *ATG compensator* karena kombinasi (AND) dari part *ATG* yang rusak dan gagal dilakukan kalibrasi atau secara individual (OR) akibat part *ATG* sudah tidak tersedia untuk mengganti yang rusak. Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan komponen mana yang paling kritis dan perlu mendapat perhatian utama dalam proses upgrade.

3.8 Analisa 5 WHY Sistem *LACT* Meter

Cara yang paling sederhana dalam menganalisa penyebab suatu kejadian adalah dengan menggunakan metode 5 *WHY*, untuk identifikasi kemungkinan penyebab dari kejadian atau suatu peristiwa (P. M. Williams, 2001). pengulangan kata “mengapa” sebanyak 5 kali (Sebastian Traeger, 2025).

Dalam industri minyak dan gas, penerapan metode 5 Why sangat penting dalam mendukung keselamatan kerja (*process safety*), keandalan fasilitas (*asset reliability*), serta pengendalian insiden dan kejadian operasional (*incident investigation*). Tujuan utamanya adalah menggali penyebab mendasar (*root cause*) dari suatu kegagalan teknis, insiden keselamatan, atau anomali operasional, dan bukan hanya berhenti pada gejala atau akibat langsung.

Dengan pendekatan sistemik bahwa akar penyebab benar-benar teridentifikasi dan menjadi solusi korektif dapat mencegah kejadian serupa di masa depan maka

depan maka metode 5 *WHY* ini digunakan untuk mengurai alasan mendasar dari upgrade sistem *LACT* meter. 5 tahapan pertanyaan adalah sebagai berikut :

WHY #1: Mengapa diperlukan upgrade sistem *LACT* meter ?

WHY #2: Mengapa reliability meter menjadi isu kritikal ?

WHY #3: Mengapa hasil perhitungan meter tidak akurat dan sering terjadi kegagalan sistem meter ?

WHY #4: Mengapa sistem manual dapat menyebabkan kesalahan pembacaan dan perhitungan serta kerusakan peralatan?

WHY #5: Apa dampaknya terhadap sistem dan perusahaan ?

Berdasarkan hasil analisis 5-WHY, maka perlu disusun langkah langkah sebagai rekomendasi utama dalam melakukan upgrade sistem *LACT* meter.

3.9 Analisa *Fishbone* Diagram Sistem *LACT* Meter

Fishbone analisis atau diagram tulang ikan digunakan untuk penyelesaian masalah pada sistem *LACT*. Metode yang digunakan dalam *fishbone* analisis ini yakni mencari akar masalah yang dirumuskan dalam prinsip- prinsip, yakni : manusia, alat / sarana, metode, material dan lingkungan. Analisa penyebab dominan dari menurunnya reliability *LACT* meter karena masalah pada *ATG* dan *Pulse Generator*. Dalam *fishbone* diagram Gambar 3.4 faktor penyebab masalah dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Material
 - Kerusakan komponen aksesoris dan *ATG* yang menggunakan teknologi lama banyak komponen / part sifatnya mekanikal untuk mengkoreksi sistem meter sehingga sering terjadi kerusakan / aus.
2. Alat / Sarana
 - *Spare part ATG* tidak diproduksi oleh *manufactur* (obsolete), jika terjadi kerusakan maka sulit dan mahal untuk mendapat pengganti material tersebut.
3. Lingkungan
 - Keterlambatan jadwal kalibrasi berpengaruh pada kepatuhan aturan.

4. Metode

- Metode pengoperasian sistem metering secara manual, berpotensi menyebabkan tingkat akurasi yang rendah dalam setiap operasional dan perhitungan yang tidak akurat.
- Jadwal kalibrasi setiap 6 bulan sekali dan persentasi keberhasilan < 90% dan penyebab biaya operasional tinggi.

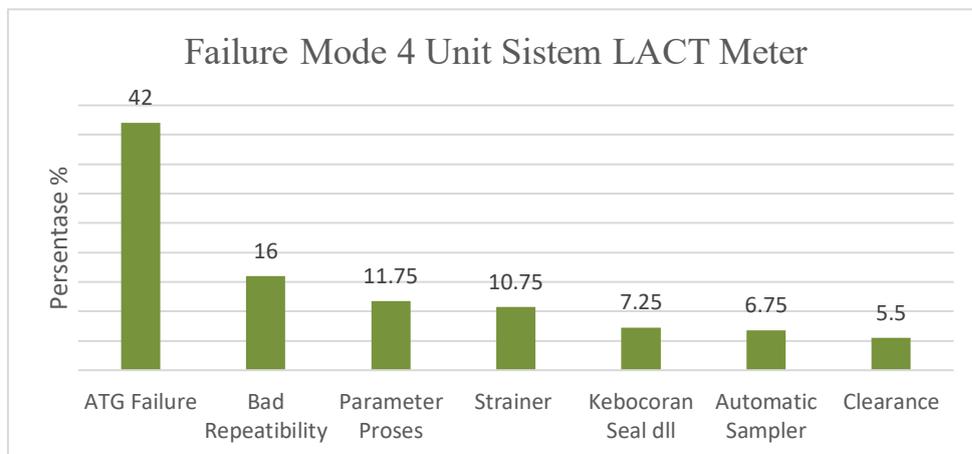
5. Manusia

- Pengoperasian sistem metering dilakukan secara manual, berpotensi menyebabkan kesalahan operasional.

Hasil analisa masalah dengan metode *fishbone diagram* ini ditunjukkan pada Tabel 3.6 dan data grafik pada Gambar 3.4 yang menyatakan akar masalah kegagalan pada 4 unit sistem *LACT* meter.

Tabel 3.6 Data *failure mode* pada 4 unit Sistem *LACT* Meter

No	Failure Mode	LACT (%)				Rata Rata %
	Penyebab Kegagalan LACT	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 4	
1	<i>ATG Failure</i>	43	46	41	38	42
2	<i>Bad Repeatability</i>	20	20	12	12	16
3	Parameter Proses	8	10	15	14	11.75
4	<i>Strainer</i>	10	5	11	17	10.75
5	Kebocoran Seal dll	7	4	10	8	7.25
6	Automatic Sampler	2	5	10	10	6.75
7	Clearance	10	10	1	1	5.5



Gambar 3.4 Data Grafik *Failure Mode* 4 Unit Sistem *LACT* Meter

3.10 Analisa *SWOT* Sistem *LACT* Meter

Penerapan *BSC* sebagai data kuantitatif dalam analisa *SWOT* untuk mengukur dan menentukan kinerja sistem *LACT* meter dalam merancang strategi perusahaan yang berfokus pada *Key Performance Indicator* (KPI) terdiri dari 4 perspektif yaitu:

Perspektif keuangan (*financial*), pelanggan (*customer*), proses bisnis internal (*internal business process*) serta pembelajaran dan pertumbuhan (*learning & growth*). Selanjutnya matriks *Internal Factor Analysis Summary* (*IFAS*) dan *External Factor Analysis Summary* (*EFAS*) digunakan untuk mendapatkan faktor – faktor internal dan eksternal (Umami & Setiawan, 2015).

3.10.1 Evaluasi *Balance Score Card* (*BSC*)

Berikut evaluasi kinerja berdasarkan kerangka *Balance Score Card* ditunjukkan tabel berikut :

- a. Perspektif Keuangan (*Financial*) ditunjukkan *KPI* pada Tabel 3.7

Tujuan : Penghematan biaya dan peningkatan efisiensi operasional.

Tabel 3.7 Nilai Perspektif Keuangan (*Financial*)

<i>Key Performance Indicator</i>	Skala Prioritas	Bobot (%)	Nilai Kinerja	Skor Bobot x Nilai
Penghematan biaya operasional	5	35%	4.5	1.575
Pengurangan biaya sertifikasi	4	25%	4.0	1.000
Peningkatan performa <i>lifting</i> (<i>gain</i>)	3	20%	4.2	0.840
Pengurangan biaya <i>spare part</i>	3	20%	4.0	0.800
Total Perspektif Keuangan		100%		4.215

b. Perspektif Pelanggan (*Customer*) ditunjukkan *KPI* pada Tabel 3.8

Tujuan : Meningkatkan Keandalan dan Kepuasan Pelanggan.

Tabel 3.8 Nilai Perspektif Pelanggan (*Customer*)

<i>Key Performance Indicator</i>	Skala Prioritas	Bobot (%)	Nilai Kinerja	Skor Bobot x Nilai
<i>Reliability</i> meter 100%	5	40%	5.0	2.000
<i>Real time monitoring</i>	4	25%	4.8	1.200
Proses pengapalan sistem digital	4	20%	4.6	0.920
Kepatuhan standar <i>API MPMS</i>	3	15%	4.5	0.675
Total Perspektif Pelanggan		100%		4.795

c. Perspektif Proses Bisnis Internal (*Internal Business Process*) ditunjukkan dengan *KPI* pada Tabel 3.9

Tujuan : Meningkatkan Efisiensi dan Mengurangi Risiko.

Tabel 3.9 Nilai Perspektif Proses Bisnis Internal (*Internal Business Process*)

<i>Key Performance Indicator</i>	Skala Prioritas	Bobot (%)	Nilai Kinerja	Skor Bobot x Nilai
Frekuensi kalibrasi (tahunan)	5	30%	4.7	1.410
Real time monitoring	4	30%	4.6	1.380
Pengurangan kegagalan komponen	4	20%	4.5	0.900
Digitalisasi sistem metering	3	20%	4.8	0.960
Total Perspektif Proses Bisnis Internal		100%		4.650

- d. Perspektif Pembelajaran & Pertumbuhan (*L & D*) ditunjukkan dengan *KPI* pada Tabel 3.10

Tujuan : Meningkatkan kompetensi karyawan dan kesiapan operasi.

Tabel 3.10 Nilai Perspektif Pembelajaran & Pertumbuhan (*L & D*)

Key Performance Indicator	Skala Prioritas	Bobot (%)	Nilai Kinerja	Skor Bobot x Nilai
Transfer knowledge karyawan	5	35%	4.5	1.575
Standar Operasi Prosedur	4	30%	4.6	1.380
Peningkatan ketrampilan teknis	4	20%	4.4	0.880
Adopsi teknologi digital	3	15%	4.7	0.705
Total Perspektif Pembelajaran & Pertumbuhan		100%		4.540

Tabel 3.11 Nilai Perspektif *Score Card KPI*

Perspektif	Skor Total	Peringkat
Perspektif Pelanggan	4.795	1
Perspektif Proses Bisnis	4.650	2
Perspektif Pembelajaran & Pertumbuhan	4.540	3
Perspektif Keuangan	4.215	4

Berdasarkan hasil analisa perspektif, dapat disimpulkan bahwa :

1. Perspektif Pelanggan menjadi prioritas utama karena keberhasilannya dalam meningkatkan keandalan dan akurasi sistem, yang sangat berpengaruh pada kepuasan dan kepercayaan pelanggan.
2. Proses Bisnis Internal, Pembelajaran & Pertumbuhan memiliki skor tinggi, menunjukkan efisiensi operasional dan kesiapan organisasi untuk beradaptasi.
3. Keuangan tetap penting namun memiliki prioritas yang lebih rendah karena penghematan sudah tercapai tetapi membutuhkan investasi awal yang signifikan.

3.10.2 Evaluasi Dengan Matriks *IFAS & EFAS*

Formulasi strategi matriks *IFAS & EFAS* pada sistem *LACT* meter ini untuk mendapatkan strategi terbaik dengan cara memberikan rating dan bobot pada masing – masing faktor internal dan eksternal.

Hasil pembobotan dan rating dengan total penilaian dari matriks tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 3.12 dan Tabel 3.13

Tabel 3.12 Matriks *Internal Factor Analysis Summary (IFAS)*

Faktor Internal	Bobot	Rating	Skor (Bobot x Rating)	Keterangan
Strengths				
Keandalan Sistem (Reliability > 90 %)	0.25	4.8	1.20	Tidak ada kegagalan mekanis, Meningkatkan efisiensi
Penghematan biaya operasional	0.20	4.7	0.94	Efisiensi biaya
Real time monitoring	0.15	4.6	0.69	Visibilitas dan akurasi tinggi
Sub total			2.83	
Weaknesses				
Biaya investasi tinggi	0.20	4.2	0.84	Memerlukan investasi awal yang besar
Durasi implementasi panjang	0.10	4	0.40	Target waktu 24 bulan
Transfer knowledge spesifik	0.10	4.1	0.41	Perlu pelatihan intensif untuk operator
Sub total			1.65	
Total	1.00		4.48	

Berdasarkan analisa data pada Tabel 3.13 mendapatkan hasil :

- Kekuatan (Strengths) sebesar 2.83

- Kelemahan (Weaknesses) sebesar 1.65

Nilai selisih $2.83 - 1.65 = 1.18$ (nilai X pada diagram kartesius *SWOT*)

Tabel 3.13 Matriks *External Factor Analysis Summary (EFAS)*

Faktor Eksternal	Bobot	Rating	Skor (Bobot x Rating)	Keterangan
Oppurtunities				
Replika di tempat <i>LACT</i> lain	0.25	4.7	1.18	Potensi tinggi pengembangan di lokasi lain
Tren digitalisasi	0.20	4.6	0.92	Transformasi digital di industri energi
Peningkatan ketrampilan teknis	0.15	4.5	0.68	Adopsi teknologi baru, peningkatan SDM
Sub total			2.77	
Threats				
Ketergantungan pada Vendor	0.20	4.30	0.86	Risiko suplai spare part dan teknis vendor tertentu
Resistensi terhadap perubahan	0.10	4.20	0.42	Beberapa personel sulit adaptasi dengan sisitem baru
Risiko keterlambatan implementasi	0.10	4.30	0.43	Potensi keterlambatan dalam pangadaan material / alat
Sub total			1.71	
Total	1.00		4.48	

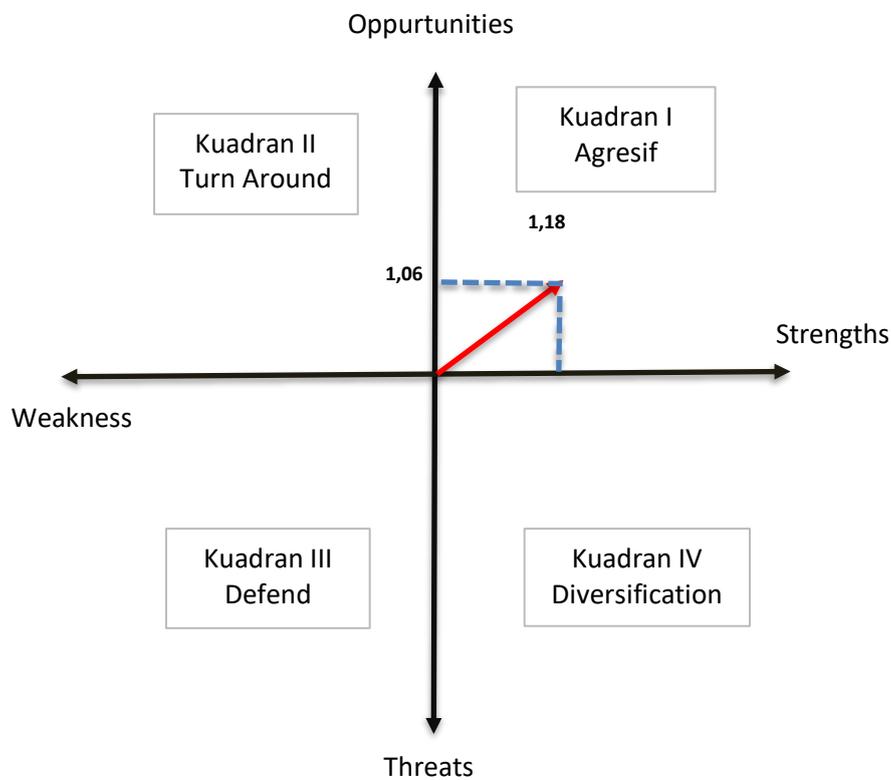
Berdasarkan analisa data pada Tabel 3.13 mendapatkan hasil :

- Peluang (opportunities) sebesar 2.77

- Ancaman (Threats) sebesar 1.71

Nilai selisih $2.77 - 1.71 = 1.06$ (nilai Y pada diagram kartesius *SWOT*)

Dari hasil evaluasi matriks *IFAS* & *EFAS* dapat digambarkan dalam diagram kartesius *SWOT* dengan nilai $X = 1.18$ dan $Y = 1.06$ (Kuadran 1). Sistem *LACT* berada di Kuadran I (SO - Strengths & Opportunities), karena $X > 0$ (peluang lebih besar dari ancaman) dan $Y > 0$ (kekuatan lebih besar dari kelemahan), menunjukkan posisi strategis untuk memanfaatkan kekuatan internal guna menangkap peluang eksternal. Analisa *IFAS* & *EFAS* dalam diagram kartesius posisi di kuadran I (positif) ditunjukkan oleh Gambar 3.5



Gambar 3.5 Hasil Analisa *IFAS* & *EFAS* Sistem *LACT* Meter

3.10.3 Evaluasi Dengan Kombinasi Strategi Kuantitatif

Selain dalam bentuk diagram kartesius maka analisa dapat pula menggunakan bentuk kombinasi strategi kuantitatif. Berdasarkan hasil matriks *SWOT* seperti terlihat pada Tabel 3.14 tersebut sebaiknya sistem LACT meter menggunakan strategi SO, karena memiliki nilai terbesar dari pada yang lainnya.

Berikut urutan nilai kombinasi strategi kuantitatif :

- Strategi SO memiliki nilai 5.60
- Strategi ST sebesar 4.54
- Strategi WO dengan nilai 4.42
- Strategi WT sebesar 3.36

Tabel 3.14 Kombinasi Strategi Kuantitatif

IFAS EFAS	<i>Strength (S)</i> Kekuatan	<i>Weakness (W)</i> Kelemahan
<i>Opportunities (O)</i> Peluang	SO Strategy = 2.83 + 2.77 = 5.60	WO Strategy = 1.65 + 2.77 = 4.42
<i>Threats (T)</i> Ancaman	ST Strategy = 2.83 + 1.71 = 4.54	WT Strategy = 1.65 + 1.71 = 3.36

Berdasarkan hasil perhitungan model analisis kuantitatif strategi, strategi yang diperoleh adalah strategi SO, yaitu strategi dengan memberikan pendekatan agresif yang bertujuan memperkuat posisi perusahaan di pasar dalam memanfaatkan kekuatan utama yang dimiliki untuk meraih peluang yang ada. Implementasi yang sukses dari strategi ini dapat meningkatkan pertumbuhan bisnis, memperluas pasar, dan memperkuat daya saing perusahaan secara global maka pembuatan matriks *SWOT* terfokus pada Indikator – Indikator yang terdapat pada *Strengths* dan *Opportunities* seperti ditunjukkan pada Tabel 3.15

Tabel 3.15 Matriks *SWOT* untuk SO Strategi

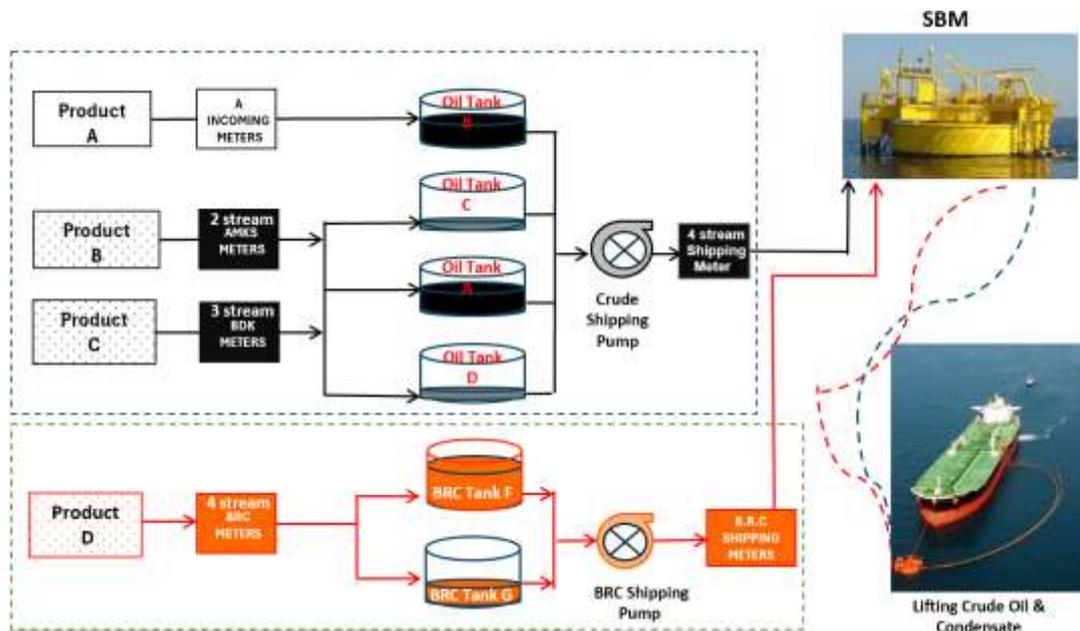
No	Oppurtunities	Strengths (Kekuatan)	Strategi SO (Kombinasi Peluang & Kekuatan)
SO-1	Perkembangan teknologi digital & otomatisasi	Inovasi teknologi yang canggih serta modern dan SDM terampil	Menerapkan otomasi dan teknologi digital untuk efisiensi operasional serta mengurangi biaya
SO-2	Dukungan regulasi pemerintah yang pro bisnis	Memiliki legalitas lengkap dan pemahaman regulasi	Manfaatkan regulasi untuk mendapatkan sertifikasi tambahan dan mengembangkan produk berbasis standar internasional
SO-3	Permintaan pasar yang meningkatkan untuk layanan akurat	Sistem pengukuran yang akurat dan andal	Promosikan keunggulan pengukuran akurat untuk meningkatkan kepercayaan pelanggan & memperluas pasar
SO-4	Potensi kemitraan strategis dengan pemasok & distributor	Jaringan mitra bisnis yang luas	Bangun kemitraan dengan pemasok utama untuk mengurangi biaya bahan baku dan mempercepat proses pengiriman
SO-5	Pasar Internasional yang masih terbuka	Kapasitas operasional yang besar & daya saing tinggi	Diversifikasi layanan dan sesuaikan produksi sesuai kebutuhan pasar internasional untuk memperluas pangsa pasar
SO-6	Kebutuhan industri terhadap inovasi berkelanjutan	Riset & pengembangan internal yang aktif	Investasikan dalam R & D untuk menghasilkan produk inovatif yang sesuai dengan perkembangan teknologi & pasar
SO-7	Akses pendanaan dari investor & lembaga keuangan	Reputasi baik & finansial stabil	Investasi untuk memperluaskapasitas produksi & meluncurkan proyek pengembangan teknologi baru

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Dalam pengelolaan produk minyak mentah mulai dari penerimaan, penimbunan dan pengiriman (*Pengapalan*) di Perusahaan Energi & Sumber Daya Mineral, *Departement Production* mengoperasikan beberapa fasilitas dan peralatan yaitu fasilitas tangki timbun, sistem *metering incoming / outgoing*, sistem pompa, sistem *valve / katup*. Untuk penerimaan dan pengiriman produk minyak mentah tersebut melalui sistem metering yang biasa disebut dengan *LACT (custody transfer)* sebagai alat perhitungan yang sah. Dalam pengoperasian, perawatan, dan sertifikasi sistem *metering Incoming* dan *Outgoing* bekerja sama dengan *Tim Operation Engineering* untuk memastikan sitem berfungsi baik, *comply* dengan peraturan dan regulasi dari kementerian perdagangan dan memastikan proses pengiriman/ transportasi minyak mentah dapat terlaksana dengan aman dan selamat. Gambar 4.1 menunjukkan *simplify flow diagram incoming dan outgoing meter*.



Gambar 4.1 *Simplify Flow Diagram Incoming dan Outgoing Meter*

Sistem *LACT meter* sebagai alat pengukuran minyak mentah yang masuk ataupun yang keluar dari tangki timbun memiliki keterbatasan operasional karena masih menggunakan desain teknologi lama (era tahun 1970) dan belum pernah dilakukan *upgrading*. Adanya keterbatasan operasional dan munculnya berbagai masalah menjadi potensi meningkatnya kegagalan pada sistem *LACT*. Terdapat 4 unit sistem *LACT meter* yang menjadi perhatian dan sebagai bahan penelitian dalam bahasan ini.

4.2 Hasil Analisa Sistem *LACT Meter*

Evaluasi dan analisa yang telah dilakukan menjadi dasar untuk menyusun dan mengembangkan strategi perusahaan agar operasional dapat berjalan tanpa hambatan yang bersifat teknis ataupun non teknis. Hasil yang didapat dari penelitian dan pengujian terkait masalah sistem *LACT meter* ini dipaparkan dengan menampilkan data yang diperoleh dari observasi lapangan, wawancara serta sejumlah *work order* manajemen rentang waktu 2018 hingga 2022.

Berikut Hasil analisa yang telah dilakukan dalam *upgrade* sistem *LACT meter* :

- a. Menggunakan *FMEA* dengan model pareto untuk mendapatkan nilai *RPN* sebagai prioritas utama pemecahan masalah disamping metode model *FTA* dan 5 *WHY*.
- b. Menggunakan analisa sebab akibat dengan *Fishbone* diagram untuk mendapatkan akar penyebab masalah.
- c. Menggunakan *SWOT* dengan integrasi *balance score card* dan matriks *IFAS & EFAS* untuk mendapatkan gambaran strategis yang lebih terarah dan mendalam dalam pengambilan keputusan.

4.2.1 Hasil *FMEA* Sistem *LACT Meter*

Dalam sistem *Lease Automatic Custody Transfer (LACT)*, akurasi dan keandalan metering sangat vital dalam menjamin transparansi dan integritas transaksi minyak mentah antara pihak penjual dan pembeli. Berdasarkan hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* terhadap sistem *LACT meter*, ditemukan bahwa permasalahan utama dalam sistem ini berasal dari keterbatasan

operasional dan belum dilakukannya proses *upgrading*. Hasil FMEA menunjukkan bahwa komponen paling kritikal adalah *ATG (Automatic Temperature Gravity) Compensator*, dengan nilai *RPN (Risk Priority Number)* tertinggi yaitu 448, yang berarti risiko kegagalan pada komponen ini sangat signifikan dan membutuhkan perhatian prioritas.

Empat *failure mode* utama yang teridentifikasi adalah:

1. *ATG Compensator Failure* (66%) – menyumbang proporsi kegagalan terbesar dan berdampak langsung terhadap akurasi pengukuran.
2. *Spare Part Obsolete* (15%) – menandakan ketergantungan terhadap komponen lama yang sudah tidak diproduksi lagi.
3. *Bad Repeatability* (12%) – menyebabkan ketidakkonsistenan hasil pengukuran.
4. Ketidakakuratan Perhitungan (7%) – berkontribusi terhadap kesalahan pengukuran volume minyak.

Parameter input kritikal yang digunakan dalam *FMEA* pada Tabel 3.5 untuk menentukan nilai *RPN* dalam sistem *LACT* adalah:

- *Severity (S)* : Tingkat keparahan dampak kegagalan terhadap sistem.
- *Occurrence (O)* : Frekuensi terjadinya kegagalan.
- *Detection (D)* : Kemungkinan deteksi kegagalan sebelum berdampak.

Pendekatan Pareto Analysis digunakan untuk memvalidasi prioritas perbaikan berdasarkan prinsip 80/20, yakni bahwa 80% dari masalah disebabkan oleh 20% penyebab dominan. Grafik *Pareto* pada Tabel 3.6 menunjukkan bahwa *ATG Failure* menyumbang 66% dari total masalah, diikuti oleh *Spare Part Obsolete* (15%) dan *Bad Repeatability* (12%). Ketiga *failure mode* ini secara kumulatif telah mencakup 93% dari total kegagalan. Hal ini memperkuat urgensi untuk melakukan perbaikan terhadap komponen-komponen utama tersebut sebagai langkah strategis.

Analisis terintegrasi dari identifikasi *failure mode* dan *Pareto* menjadi pertimbangan dalam analisa FMEA dari parameter kondisi existing untuk ditingkatkan sehingga lebih akurat, efisien, dan andal dalam mendukung transparansi transaksi penyerahan minyak mentah / kondensat.

Parameter Kondisi Existing:

1. Banyaknya komponen *ATG Compensator* memiliki nilai *Severity* tinggi sehingga berpengaruh besar terhadap akurasi pengukuran.
2. Nilai *Occurrence* cukup tinggi pada komponen lama akibat tidak adanya *Upgrading* peralatan.
3. Kemampuan deteksi (*Detection*) masih rendah karena sistem belum dilengkapi sensor atau teknologi terkini.

Arah Peningkatan:

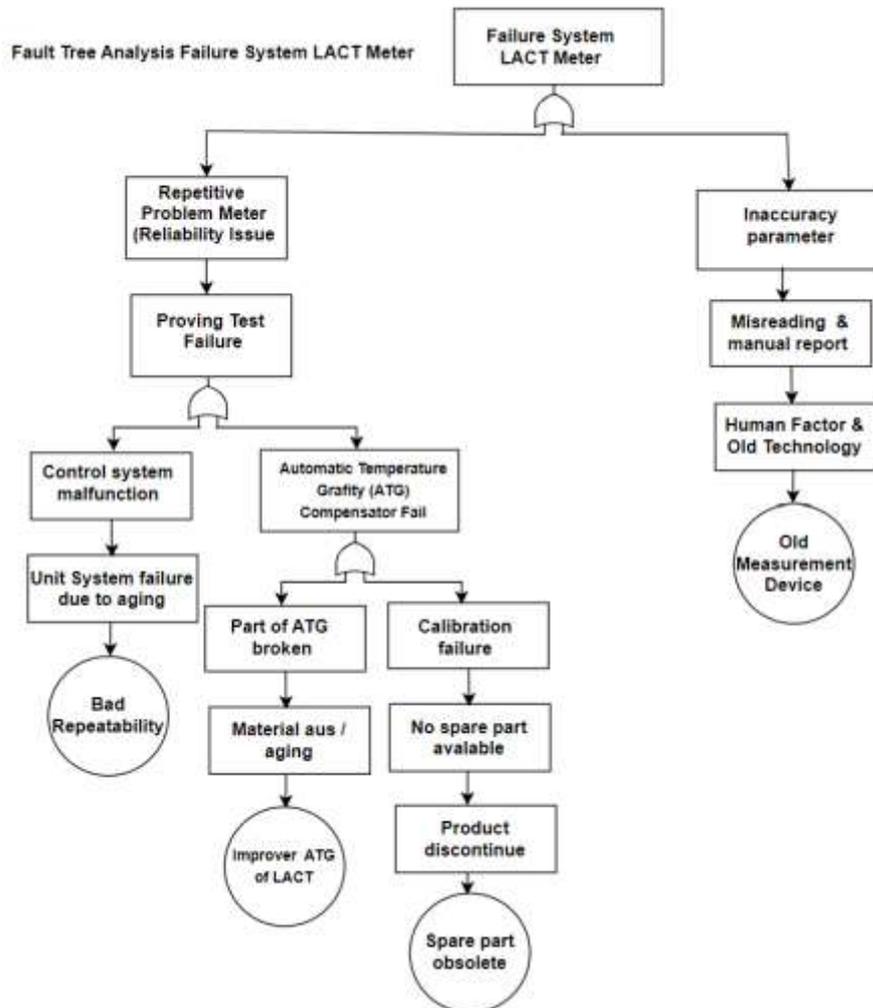
1. Menurunkan nilai *Occurrence* melalui *preventive maintenance* dan *modernisasi* komponen.
2. Meningkatkan *Detection* dengan pemasangan sistem monitoring digital atau sistem *real-time*.
3. Mengurangi *Severity* dengan membuat sistem redundansi atau backup yang mampu menjaga proses tetap berjalan jika terjadi kegagalan.

4.2.2 Hasil *FTA* Sistem *LACT* Meter

Dari top event masalah sistem *LACT* meter dengan analisis *FTA* yaitu *reliability issue* dan *inaccuracy* meter, Gambar 4.2 menunjukkan diagram *FTA* upgrade sistem *LACT* meter, dapat disimpulkan bahwa kegagalan sistem *LACT* meter bersumber dari faktor teknis (seperti usia alat, keusangan teknologi, dan keterbatasan suku cadang) serta faktor manusia (*human error* dan pelaporan manual). Oleh karena itu, untuk mencegah kegagalan berulang dan meningkatkan akurasi serta keandalan sistem *LACT*, maka perlu dilakukannya upgrade sistem secara menyeluruh, meliputi:

- Pembaruan unit *ATG* dengan teknologi yang lebih modern dan tahan lama.
- Digitalisasi pelaporan untuk menghilangkan ketergantungan input manual.
- Penggantian alat ukur lama dengan perangkat baru yang lebih akurat dan mendukung integrasi otomatisasi.
- Peningkatan sistem kontrol dan pemantauan berbasis *online monitoring*.
- Ketersediaan suku cadang dan mitigasi risiko *product obsolete*.

Dengan penerapan strategi tersebut, sistem *LACT* akan lebih andal, akurat, dan sesuai dengan tuntutan pengukuran custody transfer yang semakin ketat di industri migas.



Gambar 4.2 Diagram *FTA* Upgrade Sistem *LACT* Meter

4.2.3 Hasil 5 WHY Sistem *LACT* Meter

Berdasarkan analisis 5-WHY dalam melakukan upgrade sistem *LACT* meter maka didapatkan hasil yang saling terkait untuk menyusun Langkah langkah sebagai rekomendasi utama. Pada Tabel 4.1 ditampilkan metode “5-WHY” sistem *LACT* meter. Penerapan metode ini bukan hanya bagian dari upaya pemecahan masalah teknis, tetapi juga bagian dari budaya keselamatan dan pembelajaran organisasi.

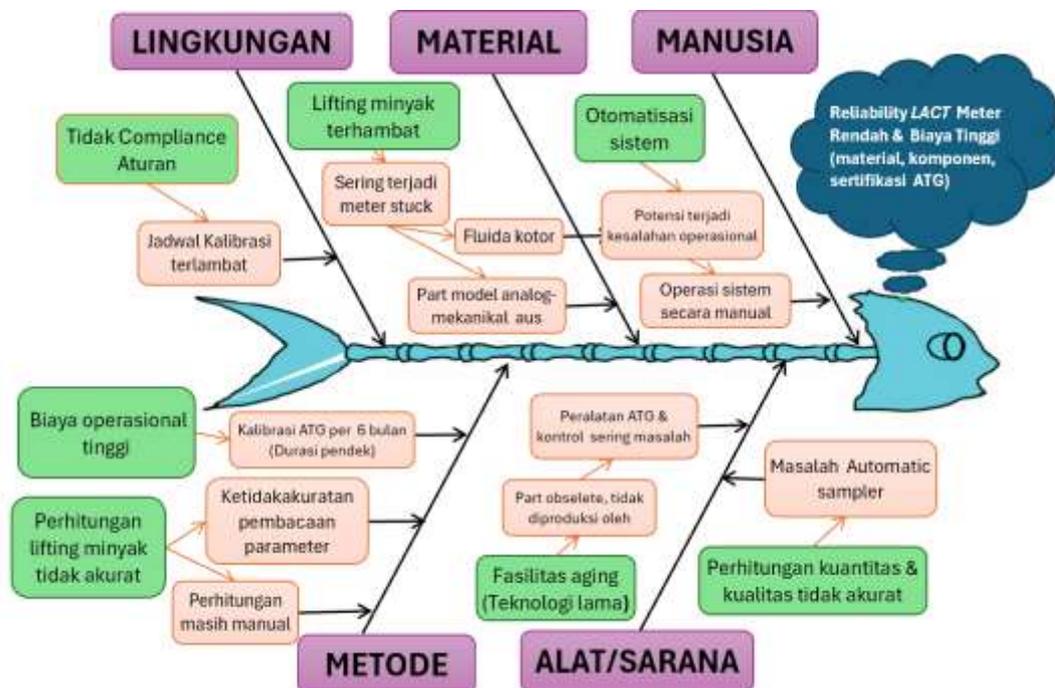
Tabel 4.1 Metode "5-WHY" Sistem LACT Meter	
WHY #1?	Mengapa diperlukan upgrade sistem LACT meter
ANSWER#1	Karena adanya masalah pada reliabilty meter
WHY #2?	Mengapa reliability meter menjadi isu kritikal
ANSWER#2	Karena sering terjadi kegagalan atau hasil perhitungan meter tidak akurat
WHY #3?	Mengapa hasil perhitungan meter tidak akurat dan sering terjadi kegagalan sistem meter
ANSWER#3	Karena adanya sistem manual yang menyebabkan salah perhitungan atau pembacaan serta adanya peralatan / komponen meter yang sering bermasalah
WHY #4?	Mengapa sistem manual dapat menyebabkan salah pembacaan /perhitungan serta adanya peralatan atau komponen meter yang sering bermasalah
ANSWER#4	Karena kesalahan paralaks atau <i>human factor</i> seperti kesalahan pembacaan / perhitungan serta eksisting perlatan unit ATG meter yang sudah aging dan sulit didapatkan dipasaran menjadi prioritas untuk <i>upgrade</i>
WHY #5?	Apa pengaruh / efeknya terhadap kesalahan pembacaan atau perhitungan serta perlatan unit ATG meter yang sudah aging dan sulit didapatkan dipasaran.
ANSWER#5	Menyebabkan kerugian secara finansial juga berdampak pada reputasi perusahaan
Recommendation	
1. Segera melakukan study / design engineering untuk menghindari potensi kerugian yang semakin besar	
2. Menerapkan modernisasi sistem metering seperti digitalisasi meter, monitoring secara online & real time sehingga berdampak pada reputasi Perusahaan dan kepuasan pelanggan.	

4.2.4 Hasil Analisa *Fishbone Diagram* Sistem *LACT* Meter

Analisa yang diperoleh dari diagram *Fishbone* (*Ishikawa*) dengan fokus pada permasalahan rendahnya *reliability* sistem *LACT* meter dan tingginya biaya operasional merupakan hasil gabungan, sebagai berikut :

- Terkait *Compliance*
- Material dan komponen sistem yang sudah tidak memadai
- Ketergantungan pada kompetensi manusia dengan metode manual.
- Tidak adanya integrasi sistem karena keterbatasan alat dan infrastruktur yang usang

Gambar 4.3 memperlihatkan diagram *Fishbone* (*Ishikawa*) dengan faktor dari sisi manusia, material, lingkungan, alat / sarana serta metode yang menjadi penyebab masalah rendahnya *reliability* sistem *LACT* meter dan tingginya biaya operasional.



Gambar 4.3 *Fishbone* Diagram Sistem *LACT* Meter

Dari analisa masalah tersebut diatas diperlukan langkah langkah sebagai rekomendas berupa :

- Modernisasi sistem *LACT* meter secara bertahap melalui digitalisasi dan otomasi (termasuk integrasi *ATG* digital).
- Evaluasi dan penggantian komponen *obsolete* dengan versi terkini yang mudah dikalibrasi dan dirawat.
- Pelatihan operator untuk mengurangi human error dan meningkatkan kompetensi mengoperasikan sistem baru.
- Memastikan kepatuhan terhadap jadwal kalibrasi dan sesuai standar industry.
- Pengembangan metode pemantauan secara real-time, guna meningkatkan efisiensi dan efektifitas operasional.

4.2.5 Hasil Analisa *SWOT* Sistem *LACT* Meter

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 %
 - 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, 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 :

1. Sistem mampu memanfaatkan keunggulan internal untuk mendukung pertumbuhan.
2. Peluang eksternal yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi, daya saing, dan profitabilitas.
3. 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.

Parameter yang menjadi pertimbangan analisa *SWOT* ini, sebagai berikut :

Kondisi existing:

- *Strengths* : Sistem *LACT* telah digunakan secara luas dan menjadi standar dalam transaksi minyak.
- *Weaknesses*: Teknologi masih menggunakan sistem lama (era 1970), keterbatasan deteksi kegagalan, dan ketersediaan spare part.
- *Opportunities*: Ketersediaan teknologi digitalisasi untuk upgrade sistem.
- *Threats*: Risiko kehilangan kepercayaan dari pihak pembeli akibat data pengukuran tidak akurat.

Arah Peningkatan:

- Memperkuat (*Strengths*) dengan memanfaatkan pengalaman operasional dan standarisasi yang ada untuk mendukung pengembangan teknologi baru.
- Mengurangi (*Weaknesses*) melalui *upgrading sistem*, pelatihan karyawan, dan modernisasi infrastruktur metering.
- Mengambil (*Opportunities*) dengan mengadopsi teknologi digitalisasi, sistem kontrol otomatis, dan integrasi data.
- Mengantisipasi (*Threats*) melalui peningkatan akurasi, transparansi data, dan integrasi sistem audit digital.

4.3 Implikasi Manajerial Inovasi Upgrade Sistem *LACT* Meter

Inovasi terhadap sistem metering, khususnya upgrade teknologi *Lease Automatic Custody Transfer (LACT)* meter, merupakan strategi krusial dalam meningkatkan keandalan pengukuran, akurasi pencatatan produksi, serta efisiensi operasional dan kepatuhan terhadap regulasi. Penerapan pendekatan analitis berbasis *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, *Fault Tree Analysis (FTA)*, metode 5 *WHY*, diagram *fishbone* dan analisis *SWOT* memberikan implikasi manajerial yang signifikan terhadap proses pengambilan keputusan dan perencanaan strategis dengan bahasan sebagai berikut :

- Pendekatan *FMEA* memberikan landasan sistematis dalam mengidentifikasi potensi mode kegagalan dalam *LACT* meter serta mengevaluasi tingkat keparahan, kemungkinan terjadinya, dan kemampuan deteksi dari setiap kegagalan. Hal ini menghasilkan prioritas risiko (*RPN*) yang dapat dijadikan dasar oleh manajemen dalam mengalokasikan sumber daya untuk mitigasi risiko secara efektif, terutama tahapan desain ulang sistem atau penggantian komponen utama.

- Melalui *FTA (Fault Tree Analysis)*, manajemen dapat melakukan analisis top-down terhadap akar penyebab kegagalan sistem, memungkinkan perencanaan pengendalian risiko yang lebih menyeluruh. Analisis ini mendukung proses manajerial dalam merancang strategi mitigasi risiko berlapis dan menyusun sistem proteksi yang sesuai terhadap skenario kegagalan kritis.

- Penggunaan metode 5 Why dan Diagram Fishbone (Ishikawa) berkontribusi dalam eksplorasi akar penyebab permasalahan yang bersifat multidimensi mulai dari faktor manusia (*human error*), metode kerja, mesin, material, hingga lingkungan kerja. Pendekatan ini memberikan dasar manajerial dalam merumuskan perbaikan menyeluruh melalui peningkatan pelatihan, pembaruan prosedur kerja standar (SOP), serta integrasi kontrol kualitas berbasis data.

- Analisis *SWOT* digunakan untuk mengevaluasi posisi strategis organisasi dalam menghadapi tantangan dan peluang terkait digitalisasi sistem *LACT* meter. Identifikasi kekuatan (*strengths*), kelemahan (*weaknesses*), peluang

(*opportunities*), dan ancaman (*threats*) membantu manajemen dalam menyusun roadmap transformasi digital, rencana investasi, dan strategi kolaborasi lintas fungsi.

Berdasarkan hasil analisis *SWOT* kuantitatif yang dilakukan melalui penyusunan matriks *IFAS*, *EFAS*, dan kombinasi strategi kuantitatif, diperoleh sejumlah implikasi manajerial penting dalam konteks pengambilan keputusan, prioritas investasi, dan pengelolaan risiko proyek inovasi. Berikut ulasan analisa kombinasi strategi kuantitatif :

1. Strategi SO (*Strength-Opportunity*) – Skor: 5.60

Strategi ini merupakan kombinasi kekuatan internal dan peluang eksternal yang bernilai tertinggi. Implikasi manajerial dari hasil ini menunjukkan bahwa manajemen harus memanfaatkan keandalan sistem (*reliability* >90%), penghematan biaya operasional, real-time monitoring untuk mendorong pengembangan sistem di lokasi lain, mendukung digitalisasi dan peningkatan keterampilan teknis karyawan. Strategi ini mendorong manajemen untuk mempercepat replikasi inovasi, memperkuat pelatihan berbasis teknologi digital dan memperluas skala implementasi secara sistemik di seluruh fasilitas.

2. Strategi WO (*Weakness-Opportunity*) – Skor: 4.42

Strategi WO fokus pada pemanfaatan peluang eksternal guna mengatasi kelemahan internal. Biaya investasi yang tinggi, durasi implementasi yang panjang, dan kebutuhan akan transfer knowledge yang spesifik dapat diatasi dengan mendorong adopsi teknologi secara bertahap, peningkatan kemampuan karyawan melalui pelatihan terstruktur, serta kolaborasi lintas lokasi dalam bentuk benchmarking dan knowledge sharing. Manajemen perlu merumuskan kebijakan pendukung seperti alokasi anggaran bertahap dan jadwal implementasi modular agar peluang tidak terhambat oleh keterbatasan internal.

3. Strategi ST (*Strength-Threat*) – Skor: 4.54

Strategi ST bertujuan untuk memanfaatkan kekuatan internal dalam mengantisipasi ancaman eksternal. Ancaman seperti ketergantungan pada vendor, resistensi terhadap perubahan, dan risiko keterlambatan implementasi dapat diatasi

dengan menguatkan sistem pemantauan real-time, meningkatkan efisiensi sistem, dan membangun keandalan yang terukur. Implikasi manajerialnya adalah perlunya diversifikasi vendor, peningkatan keterlibatan pemangku kepentingan dalam tahapan inovasi, serta adopsi strategi manajemen perubahan (*change management*) untuk memperlancar transisi teknologi.

4. Strategi WT (*Weakness-Threat*) – Skor: 3.36

Nilai strategi WT yang paling rendah menunjukkan area risiko yang memerlukan perhatian manajerial khusus. Untuk menghindari dampak negatif yang ditimbulkan oleh kombinasi kelemahan dan ancaman seperti investasi awal yang besar dan resistensi implementasi, manajemen perlu merumuskan strategi mitigasi berupa perencanaan risiko, penguatan komunikasi antar tim, serta penyesuaian target waktu dan sumber daya. Penyusunan standar prosedur dan evaluasi rutin selama implementasi sangat penting untuk mencegah kegagalan proyek atau keterlambatan yang melewati dari target.

4.4 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 Solusi yang ditampilkan pada Tabel 4.2 yaitu :

1. Penggantian ATG Elektronik
2. Upgrade Sistem Meter
3. Penggantian Flow Meter

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.

Tabel 4.2 Alternatif Solusi Sistem *LACT* meter

No	Parameter	Alternatif Solusi		
		Alternatif 1 Penggantian ATG Elektronik	Alternatif 2 Upgrade Sistem Meter	Alternatif 3 – Penggantian Flow 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 menggunakan ATG 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	Pilihan	Tidak Dipilih

4.5 Tahapan Perencanaan *Upgrade Sistem LACT Meter*

Dalam tahapan perencanaan ini, telah dilakukan kajian teknis dan penetapan atau persetujuan anggaran pada Q3 - Q4 2019 kemudian dilanjutkan dengan tender *process*, *FID Approval*, *detail engineering*, *procurement process* hingga *SAT & Commissioning* ditampilkan dalam bentuk *gant chart* pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 *Gantt Chart* Perencanaan Upgrade Sistem *LACT* Meter

Activity	2020	2021				2022				2023				2024			
	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
FID Approval	■	■	■														
Tender & Re-tende Process		■	■														
Detail Engineering				■													
Procurement Process & Assembly					■	■	■										
FAT								■									
Delivery Material									■								
Installation & Construction									■	■							
SAT, Commissioning, Hand over										■	■	■	■				
Warranty													■	■	■	■	■

4.6 Implementasi *Upgrade* Sistem *LACT* Meter

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

1. 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*).

2. Fase Instalasi atau konstruksi

Berisi *delivery* material, instalasi 4 unit sistem *LACT*, *SAT* (*Site Acceptance Testing*), uji test dan *commissioning* dan *warranty*

3. Fase Evaluasi

Optimasi dan kalkulasi besaran 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 4.4

Tabel 4.4 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 4.5 yaitu :

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

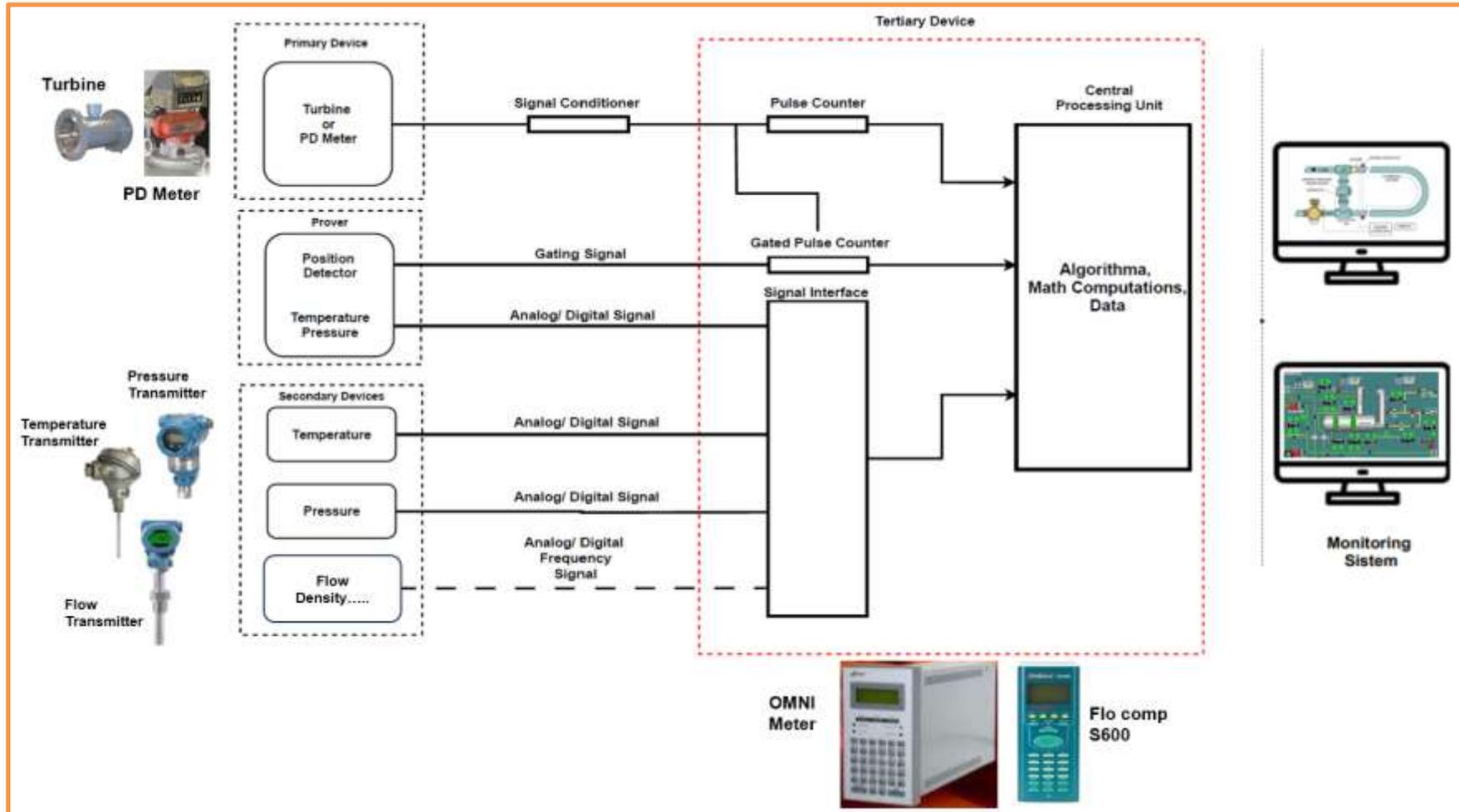
Tabel 4.5 Deskripsi 4 unit Sistem *LACT* Meter

No	Meter Tag	Location	Description	Action to do
1	M-1406A/B/C/D	East Kalimantan	LACT Crude Shipping	Install Control Panel, Flow Comp, Transmitter (PT,TT, FT), Adapter meter kits, Printer, PC / HMI network, Equipment & Instrument cable include accessories
2	M-1401A-1/2/3	East Kalimantan	LACT AMKS meter	
3	M-BRC-1/2/3/4	East Kalimantan	LACT BRC Meter	
4	M-BDK-1/2/3	East Kalimantan	LACT BDK Meter	

4.7 Flow Komputasi Meter

Perangkat elektronik yang digunakan sebagai display, kalkulasi flow, kontrol peralatan, data host, alarm dan reporting dari suatu sistem meter disebut dengan *Flow Computer*. Flow computer banyak 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 dan lainnya. Flow computer yang umum digunakan berupa OMNI 6000 atau Floboss S600+. Perangkat ini mendukung berbagai standar AGA, API, dan OIML, serta dapat diintegrasikan dengan sistem PLC / DCS ditampilkan pada Gambar 4.4

Konfigurasi dari sistem metering dengan *flow computer* sebagai berikut elemen primary merupakan input seperti dari turbine meter atau PD meter *orifice* meter termasuk differential pressure yang menghasilkan *flow rate* mengirimkan *signal conditioner* dan akan terbaca *pulse counter* di unit *flow computer*. Begitu juga dengan data *pressure*, *temperatur* dan *density* pada *prover* atau *normal line* mengirimkan sinyal analog (4 – 20 mA, 0 - 10Vdc, 1 - 5Vdc dan digital (0 atau 1) pada signal interface sedangkan pada *gating* signal dari *detector position* akan diterima sebagai *gated pulse counter* di unit *flow computer*. Semua data yang diterima oleh unit *flow computer* menampilkan angka - angka dari proses olahan data untuk perhitungan besaran volumetric sesuai standar.



4.4 Konfigurasi *Flow Computer* Sistem *LACT* Meter

4.8 Tampilan PI Vision Pada Sistem *LACT* Meter

Keunggulan dari upgrade sistem *LACT* meter ini dapat diintegrasikan dengan teknologi PI Vision untuk aplikasi custody transfer, pipeline monitoring, dan produksi MIGAS secara real time. Intregasikan PI Vision pada 4 unit sistem *LACT* meter memberikan peran sebagai penghubung antara data operasional dan pengguna melalui antarmuka grafis yang mudah digunakan dan diakses dari banyak tempat. PI Vision merupakan platform visualisasi data real-time yang dikembangkan oleh OSIsoft (kini menjadi dari AVEVA).

Integrasi PI Vision dalam sistem *LACT* meter seperti ditunjukkan visualisasi pada Gambar 4.5 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.



Gambar 4.5 Visualisasi Sistem *LACT* Meter Pada *PI Vision*

4.9 Hasil Evaluasi Upgrade Sistem *LACT* Meter

Penggunaan curve S pada pekerjaan upgrade sistem *LACT* meter sebagai alat manajemen proyek untuk memantau dan mengevaluasi progres proyek terhadap waktu. Tabel 4.6 menampilkan curve S yang menyatakan rencana kerja (kurva biru) vs aktual kerja (kurva oranye). Kurva rencana (*planned value*) berwarna biru menunjukkan target tahapan pekerjaan yang telah direncanakan.

Tahapan yang direncanakan terlihat meningkat secara konsisten pada periode Desember 2022 hingga Maret 2023, dengan percepatan signifikan pada Januari hingga Februari 2023. Ini mencerminkan rencana realistis yang mengalokasikan bobot pekerjaan lebih besar di fase tengah proyek.

Untuk kurva aktual (*actual value*) berwarna oranye menunjukkan progres aktual yang tercapai. Beberapa penyimpangan pada kurva terlihat :

- Desember 2022 - Januari 2023 : progres aktual jauh di bawah rencana karena keterlambatan aktivitas awal, seperti mobilisasi peralatan dan instalasi kabel.
- Februari 2023 : terdapat percepatan signifikan yang mendekati rencana, menunjukkan upaya untuk mengejar keterlambatan.
- Maret 2023 : progres aktual akhirnya menyusul rencana, tetapi keterlambatan awal berdampak pada keseluruhan durasi proyek.

Masalah proses konfigurasi sistem *LACT* dari *flow comp* ke HMI (*Human Machine Interface*) dalam penyempurnaan visualisasi HMI dengan fitur-fitur animasi yang lebih mudah dimengerti dan dioperasikan serta proses *hand over* seperti memberikan pelatihan kepada tim operation / maintenance menjadikan durasi waktu dari sisi *completion project* lebih panjang.

4.9.1 Analisa Dampak Upgrade Sistem *LACT* Meter

Hasil analisa dampak terhadap adanya upgrade sistem *LACT* Meter dilihat dari beberapa parameter yaitu *quality*, *cost*, *HSSE* (*Health, Safety, /Security & Environment*) serta *morale* yang dibandingkan kondisi sebelumnya dengan hasil akhir ditunjukkan dalam Tabel 4.7

Tabel 4.7 Analisa Dampak dari Upgrade Sistem *LACT* Meter

Panca Mutu	Kondisi Sebelum Perbaikan	Target Perbaikan	Hasil Akhir Perbaikan
Kualitas (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
	Potensi pembacaan kesalahan paralaks lebih besar	Tidak ada kesalahan pembacaan paralaks)	Pembacaan parameter (Pressure, flow & temp) secara real time saat penerimaan product / pengapalan
Biaya (Cost)	Biaya OPEX untuk sertifikasi, spare part dan man hour (USD 125,706 / year)	Biaya perawatan 50% sistem Digital tanpa ATG Compensator Sebesar USD 62,000 / year.	Penghematan biaya OPEX untuk sertifikasi, spare part dan man hour (USD 25,600 / year, 80% hemat)
	Proses Pengapalan <90% menggunakan sistem 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 per tahun	Proses Kalibrasi dilakukan tahunan (interval jadwal lebih lama)
	Terdapat potensi kesalahan perhitungan karena perhitungan volume dilakukan secara manual (excel)	Tidak terdapat potensi kesalahan perhitungan. Perhitungan meter dalam Net Standard Volume (100%)	Hasil perhitungan volume sudah sesuai Net Standard Volume (NSV).
Lingkungan (Environment)	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 (Isolation Hazardous Energy)
Moral (Morale)	75% pekerja menyatakan khawatir pengoperasian meter secara manual karena potensi terjadi kegagalan lebih besar	Tingkat percaya diri dalam pengoperasian dengan sistem meter LACT meningkat lebih dari 50%	Tingkat percaya diri Pekerja 98% dengan hasil komputasi perhitungan dan Penggunaan sistem meter LACT pada saat produksi / pengapalan.

BAB 5

PENUTUP

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil penelitian Upgrade Sistem *LACT* Meter ini.

5.1 Kesimpulan

1. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keakuratan, efisiensi, keandalan, dan keamanan sistem *LACT meter* dalam pengukuran minyak mentah / kondensat melalui analisis menyeluruh terhadap potensi risiko yang mungkin terjadi pada proses upgrade sistem. Dengan menerapkan metode *FMEA* yang dikombinasikan dengan diagram *Fishbone* dan analisis *SWOT*, diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi yang mendukung peningkatan produktivitas serta efisiensi biaya operasional sistem *LACT meter*.
2. Analisis *FMEA* pada sistem *LACT* meter mengidentifikasi bahwa kegagalan paling kritikal terjadi pada *ATG Compensator* (66%), dengan nilai RPN tertinggi (448), menunjukkan risiko tinggi terhadap akurasi pengukuran. Tiga penyebab utama kegagalan lainnya adalah *Spare Part Obsolete*, *Bad Repeatability*, dan Ketidakakuratan Perhitungan.
3. Secara keseluruhan, hasil analisa ini menunjukkan urgensi bagi perusahaan untuk mengoptimalkan kekuatan internal dan menangkap peluang eksternal dengan cara melakukan upgrade sistem *LACT* menuju versi digital yang lebih andal dan adaptif terhadap perkembangan teknologi. Pendekatan ini akan memperkuat posisi strategis sistem *LACT* dalam mendukung akuntabilitas pengukuran dan efisiensi operasional di sektor migas.
- 4.. 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 $\pm 0.025\% - \pm 0.05\%$ dari pembacaan untuk analog input / output dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Perbedaan Parameter *ATG* dengan Sensor Digital

Parameter	Auotmatic Temperature Grafity (ATG) >> existing	Analog Input / Output (Sensor digital) >> Terkini
Kompensasi suhu	Manual / lambat	Real Time / inline
Potensi Human Error	Tinggi	Sangat rendah
Koreksi volume ke kondisi standar	Mengandalkan operator	Otomatis perhitungan oleh flow computer
Akurasi pengukuran (alat ukur)	$\pm 0.3\% - \pm 0.5\%$	$\pm 0.05\% - \pm 0.1\%$

5. Transformasi sistem digital memerlukan pelatihan intensif bagi personel untuk memastikan penguasaan teknologi baru dan mengurangi risiko kegagalan operasional.
6. Ugrade 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.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, peneliti memberikan beberapa saran dan rekomendasi , sebagai berikut :

1. Penggunaan metode analisa SWOT dengan nilai pembobotan pada Evaluasi *Ballance Score Card (BSC)* berdasarkan pengalaman dari penulis dan literatur yang diperoleh. Untuk rekomendasi bahwa nilai pembobotan dapat menggunakan metode AHP, AMT dan TOPSIS sebagai preferensi.

2. Peneliti menyarankan agar implementasi sistem digital ini mendorong efisiensi dan keberlanjutan yang menunjukkan orientasi jangka panjang serta adaptasi terhadap perkembangan teknologi industri yang cepat.
3. Pelatihan intensif untuk operator dan teknisi dalam mengoperasikan dan memelihara teknologi digital. Menjadi tenaga yang terampil dan siap menghadapi perkembangan teknologi melalui peningkatan kompetensi dalam mengelola sistem digital dan operasional.
4. Memastikan transparansi dan aksesibilitas data secara real-time dalam meningkatkan efisiensi operasional dan memperkuat kepercayaan pelanggan melalui laporan pengukuran yang otomatis dan akurat.
5. Memastikan kehandalan sistem secara terukur dan seleksi yang ketat terhadap Investasi teknologi dan infrastruktur pendukung dengan biaya investasi awal yang tinggi untuk membangun infrastruktur digital yang mendukung integrasi data, seperti sistem *cloud* dan *big data analytic*.
6. Peneliti menyarankan untuk penelitian berikutnya melakukan berbagai metode kombinasi yaitu kuantitatif dan kualitatif Hal ini diperlukan untuk mendapatkan evaluasi , audit kinerja sistem dari *performance* teknologi yang sudah digunakan untuk memastikan implementasi berjalan sesuai target.

DAFTAR PUSTAKA

- Alan Sarsby. (2016). *SWOT Analysis - Alan Sarsby - Google Buku*.
https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=Yrp3DQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=swot+analysis+alan+sarsby&ots=OEmbYzv3YB&sig=5HL6OWnAitGRL9os_Fs_o95eptk&redir_esc=y#v=onepage&q=swot%20analysis%20alan%20sarsby&f=false
- 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
- 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
- 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>
- Bela G.Liptak ; Kriszta Vencel. (2016). *Measurement and Safety INSTRUMENT AND AUTOMATION ENGINEERS' HANDBOOK VOLUME I*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781000820621_A43842612/preview-9781000820621_A43842612.pdf
- Benjamin S. Blanchard, & John E.Blyler. (2016). *System_Engineering_Management* (5th ed.). John Wiley & Sons.
https://books.google.co.id/books?id=WPVmCgAAQBAJ&pg=PA93&hl=id&source=gbs_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false
- Bluvband, Z., & Grabov, P. (2009). Failure analysis of FMEA. *2009 Annual Reliability and ...*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4914700/>
- Brockhaus, H. (2020a). Flowmeter, in particular for use in custody transfer. *US Patent 10,657,072*. <https://patents.google.com/patent/US10657072B2/en>
- Brockhaus, H. (2020b). Flowmeter, in particular for use in custody transfer. *US Patent 10,657,072*. <https://patents.google.com/patent/US10657072B2/en>
- Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2017). *Metode Penelitian Bisnis Edisi 12, Buku 1: Penerbit The Mc Graw-Hill Companies*. Inc.
- Durroh, B., Daud, Moch. Y., & Purba, J. H. (2023). Analysis of Quality Control of Tea Products Using the Fishbone Diagram Approach at Pt Candi Loka, Indonesia. *Asian Journal of Research in Crop Science*, 16–24.
<https://doi.org/10.9734/ajrcs/2023/v8i1154>
- EN-FAB, I. (2021). *Lease Automated Custody Transfer Unit (LACT) and Meter Provers*. <https://id.scribd.com/document/517415337/EN-FAB-Custody-Transfer-LACT-Meter-Provers>
- Fajar, R. (2022). *Analisa Pemilihan Metode Custody Transfer Dalam Proses Implementasi Digitalisasi Spbu Menggunakan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Dan Fuzzy ...*. repository.its.ac.id. <https://repository.its.ac.id/93490/>
- 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>
- Fernandez-Vidal, J., Gonzalez, R., Gasco, J., & Llopis, J. (2022). Digitalization and corporate transformation: The case of European oil & gas firms. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121293.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121293>

- 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>
- Haouel, C., & Nemeslaki, A. (2024). Digital Transformation in Oil and Gas Industry Opportunities and Challenges. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, *32*(1), 1–16. <https://doi.org/10.3311/PPSO.20830>
- IEA. (2017). Digitalization & Energy.
<https://euagenda.eu/upload/publications/untitled-110950-ea.pdf>
- Keberlangungan, M., Pasokan, R., Kesebelas, E., Heizer, J., Jones Professor, J. H., & Administration, B. (2014). *MANAJEMEN OPERASI*.
<http://www.penerbitsalemba.com>
- Kevin, T. T. (2024). Investigation of Tanks Inventory at Fuel Terminals Based on Data Quality Dimensions. *South Asian Research Journal of Engineering and Technology*, *6*(03), 88–94. <https://doi.org/10.36346/sarjet.2024.v06i03.002>
- Kusnadi, E. (2011). *Fishbone Diagram dan Langkah-Langkah Pembuatannya*.
<http://erikusnadi.wordpress.com/2011/12/24/fishbone-diagram-dan-la...>
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2009). *The Basics of FMEA*. CRC Press. <https://books.google.co.id/books?id=N9xdnQAACAAJ>
- MEED Mashrek. (2019). *New downloadable report*
(<https://www.meedmashreqindustryinsight.com/disrupting-oil-gas/>) from MEED, in partnership with Mashreq, brings together a series of case studies on the deployment of technology in oil and gas.
<https://www.meedmashreqindustryinsight.com/disrupting->
- Meza, E. B. M., Souza, D. G. B. de, Copetti, A., Sobral, A. P. B., Silva, G. V., Tammela, I., & Cardoso, R. (2024). Tools, Technologies and Frameworks for Digital Twins in the Oil and Gas Industry: An In-Depth Analysis. In *Sensors* (Vol. 24, Issue 19). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/s24196457>
- Mikulak, R. J. (2017). *The basics of FMEA*. books.google.com.
https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=rM5Vi_0K9bUC&oi=fnd&pg=PP1&dq=fmea+measurement&ots=TN2LnCzT-0&sig=gZZMDij-5yP4Taqmh3qtTs1pTKc
- Mimmi, R. (2014). *Rossella Mimmi Pipeline Oil &*.
<https://www.emersonautomationexperts.com/2014/industry/oil-gas/lease-automation-custody-transfer-units/>
- Minter, D. , & R. Michael. (2007). *Lightning in a Bottle: The Proven System to Create New Ideas and Products that Work*. . Sourcebooks, Inc.
- Montoya, Y. Y., Pillajo, C. G., & Ortiz, J. S. (2020). Training Assistant for LACT Process Through Augmented Reality. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, 2020-June*.
<https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9141081>
- 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/>
- Passas, I. (2024). Bibliometric Analysis: The Main Steps. *Encyclopedia*, *4*(2), 1014–1025. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4020065>
- Pathak, B. R., Doshi, J. A., & Kant, R. (2011). Product Enhancement for automotive cooling system through failure modes & effects analysis. *Proceedings of International Conference on Industrial Engineering*, 105–116.
- Pattnaik, B., & Pandey, G. (2023a). New insights on digital transformation for petroleum

- industry. *AIP Conference Proceedings*, 2521. <https://doi.org/10.1063/5.0113041>
- Pattnaik, B., & Pandey, G. (2023b). New insights on digital transformation for petroleum industry. *AIP Conference Proceedings*, 2521. <https://doi.org/10.1063/5.0113041>
- Pelletier, M. T., & Perkins, D. L. (2018). Optical computing devices for measurement in custody transfer of pipelines. *US Patent 10,073,041*. <https://patents.google.com/patent/US10073041B2/en>
- Riggs, R. (2019a). Real-time Automatic Custody Transfer Measurement System. *US Patent App. 16/052,241*. <https://patents.google.com/patent/US20190040739A1/en>
- Riggs, R. (2019b). Real-time Automatic Custody Transfer Measurement System. *US Patent App. 16/052,241*. <https://patents.google.com/patent/US20190040739A1/en>
- Rudroff, D. J. (2017). Method and apparatus for a bidirectional meter proving system. *US Patent 9,719,837*. <https://patents.google.com/patent/US9719837B2/en>
- Salunke, P. (2017). Innovative Solutions in Flow Measurement and Control-Oil, Water and Gas. In *FCRI*. https://id.scribd.com/document/494315098/Custody-Transfer-Metering?_gl=1*iqxfxy*_gcl_au*MTk5MTY4OTc3OS4xNzI5NTE0MzQzLjExOTg3MDg1MDMuMTczMDczMzYxNC4xNzMwNzZmZnJlE4
- Sebastian Traeger. (2025, April 21). *5 Whys Technique: Simple Steps to Find Real Problems (with examples and template)*. <https://Reliability.Com/Resources/Articles/5-Whys-Technique-Root-Cause-Analysis-Example-and-Template/>. <https://reliability.com/resources/articles/5-whys-technique-root-cause-analysis-example-and-template/>
- Setyadi, I. (2013). *Analisis Penyebab Kecelakaan Produk Celana Jeans Dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di Cv Fragile Din Co*.
- Shigaev AG. (2020). *Digital Transformation of the Russian Oil and Gas Industry: Main Directions and Expected Results*.
- Sinha, R., Shameem, M., & Kumar, C. (2020). SWOT: Strength, weaknesses, opportunities, and threats for scaling agile methods in global software development. *Proceedings of the 13th Innovations in ...*. <https://doi.org/10.1145/3385032.3385037>
- Smits, F. M. E., & Rath, J. C. J. (2012). Calibration of prover tanks making use of a Coriolis mass flow meter as the master meter. *International Journal of Metrology and ...*. <https://www.metrology-journal.org/articles/ijmqe/abs/2012/02/ijmqe120016/ijmqe120016.html>
- Stephane Roux. (2022). *What Is Custody Transfer - A Detailed Guide - Faure herman*. <https://faureherman.com/articles/what-is-custody-transfer>
- STI Group. (2013). *Lease Automatic Custody Transfer Meters and Parts*. <https://setxind.com/a-closer-look-at-lact-unit-meters-and-components/>
- 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*.
- Westerman, G. , D. B. , & M. A. (2014). *Leading digital: Turning technology intobusiness transformation . Harvard Business Press*. Harvard Business Press.
- Williams, G. (2016). *FUNDAMENTALS OF METER PROVING AND PROVING METHODS*. chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://asgmt.com/wp-content/uploads/2016/02/011_.pdf
- Williams, P. M. (2001). Techniques for Root Cause Analysis. *Baylor University Medical Center Proceedings*, 14(2), 154–157. <https://doi.org/10.1080/08998280.2001.11927753>
- world economic forum. (2017). *Digital Transformation Initiative Oil and Gas Industry"*,

World Economic Forum, Geneva, Switzerland, Rep. REF 060117.

<http://reports.weforum.org/digital->

[transformation/wpcontent/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-oil-and-gas-industry-white-paper.pdf](http://reports.weforum.org/digital-transformation/wpcontent/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-oil-and-gas-industry-white-paper.pdf)

Young, W. B. (2020). Flow meter prover. *US Patent 10,809,110*.

<https://patents.google.com/patent/US10809110B2/en>

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.v11i1.5236>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Fase 1 Kajian Teknis dan Budgeting

Rencana Perbaikan dan Implementasi							
Rencana Perbaikan dan Implementasi (<i>Plan vs Actual</i>)							
No	How		When		Who	Where	How Much (USD)
	Rencana	Aktual	Rencana	Aktual			
Fase 1 Kajian teknis dan Budgeting (preparation)							
1	Kajian teknis dan <i>assessment</i> lapangan	Melakukan studi lapangan	Q1 2020	Q1 2020	SME	Engineering	739,705
2	Mengumpulkan <i>document lifting</i> dan <i>incoming</i>	* <i>Data Lifting &</i> *Total produksi 2019 * <i>Data Lifting</i> ACO 1 tahun terakhir 2019	Q2 2020	Q2 2020	Opt	Production	0
3	Mempelajari <i>existing flow comp DI BRC Shipping</i> .	* <i>Process Flow</i> diagram *Cara pengoperasian <i>OMNI BRC shipping</i> * <i>End batch report</i> dan <i>proving via OMNI BRC</i>	Q2 2020	Q3 2020	SME	Production	0
4	<i>FID Approval</i>	*Pembuatan <i>FID</i> dan <i>approval</i>	Q4 2020	Q4 2020	SME	Production	739,705
5	Tender Process & Retender Process	*Tender <i>LACT</i> meter 4 Unit * Hasil pemenang tender	Q1 2021	Q2 2021	SME	Production	0
6	Detail Engineering	*Melakukan studi dan penyusunan detail <i>enginnering</i> 4 Unit <i>LACT</i>	Q3 2021	Q3 2021	SME	Production	104,254
7	Procurement Process	*Melakukan pembelian 4 Unit <i>LACT</i> dan aksesories (PT & TT)	Q4 2021	Q2 2022	SME	Production	162,624
8	<i>FAT</i>	*Merlaksanakan pengujian <i>Feasability Acceptance</i>	Q3 2022	Q3 2022	SME OPT	Tangerang	

Lampiran 2 Fase Implementasi & Evaluasi Project

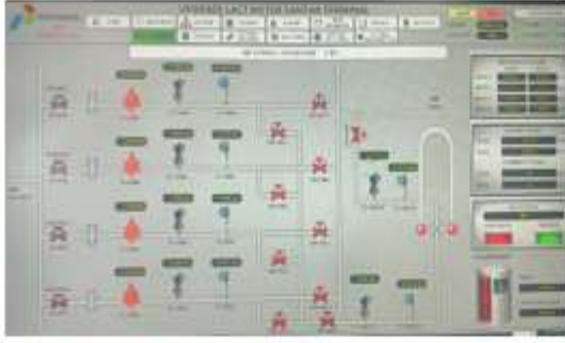
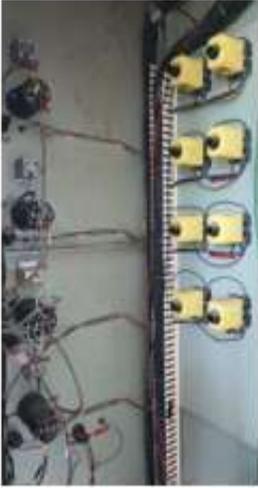
Rencana Perbaikan dan Implementasi							
No	How		When		Who	Where	How Much (USD)
	Rencana	Aktual	Rencana	Aktual			
7	<i>Delivery material</i>	*Mengirim 4 paket <i>LACT</i> dari vendor ke <i>Site</i> .	Q3 2022	Q3 2022	<i>SME</i>	<i>Production</i>	378,263
8	Instalasi <i>LACT</i> 4 paket	Melakukan pemasangan & penggantian meting lama dengan sistem <i>LACT</i>	Q4 2022	Q4 2022	PT YS	<i>Production</i>	118,264
9	<i>SAT</i> & Uji test dan <i>Commissioning</i>	*Mengambil data batch end report dan membandingkan dengan data perhitungan manual. *Melakukan uji perhitungan manual dengan sistem <i>LACT</i>	Q4 2022	Q3 2023	<i>SME</i> <i>OPT</i>	<i>Engineering</i>	101,939
10	<i>Warranty</i>	*Masa garansi project <i>LACT</i> 4 Unit	Juli 2023	Juli 2024	<i>SME</i>	<i>Engineering</i>	36,985

Fase 2 Implementasi dan Instalasi Project

Rencana Perbaikan dan Implementasi							
No	How		When		Who	Where	How Much (USD)
	Rencana	Aktual	Rencana	Aktual			
10	*Membuat perhitungan optimisasi yang dilakukan dengan adanya output : **Saving biaya penggantian ATG meter. **Saving kalibrasi yang berulang	Membuat formula perhitungan dari biaya sebelum dan sesudah implementasi <i>LACT</i>	Q3 2023	Q4 2023	<i>SME</i> <i>OPT</i>	<i>Production</i>	100,106
11	Implementasi Upgrade 4 unit Sistem <i>LACT</i>		Q3 2023	Q3 2023	<i>SME</i> <i>OPT</i>	<i>Production</i> <i>Movement</i>	195,096 USD

Fase 3 Evaluasi Project

Lampiran 3 Penggantian Peralatan Sistem *LACT* Meter

<p>Before Control Panel</p> 	<p>After HMI</p> 
<p>Relay Logic</p> 	<p>PLC</p> 
<p>ATG Compensator</p> 	<p>Meter Adapter Kit (Transmitter)</p> 

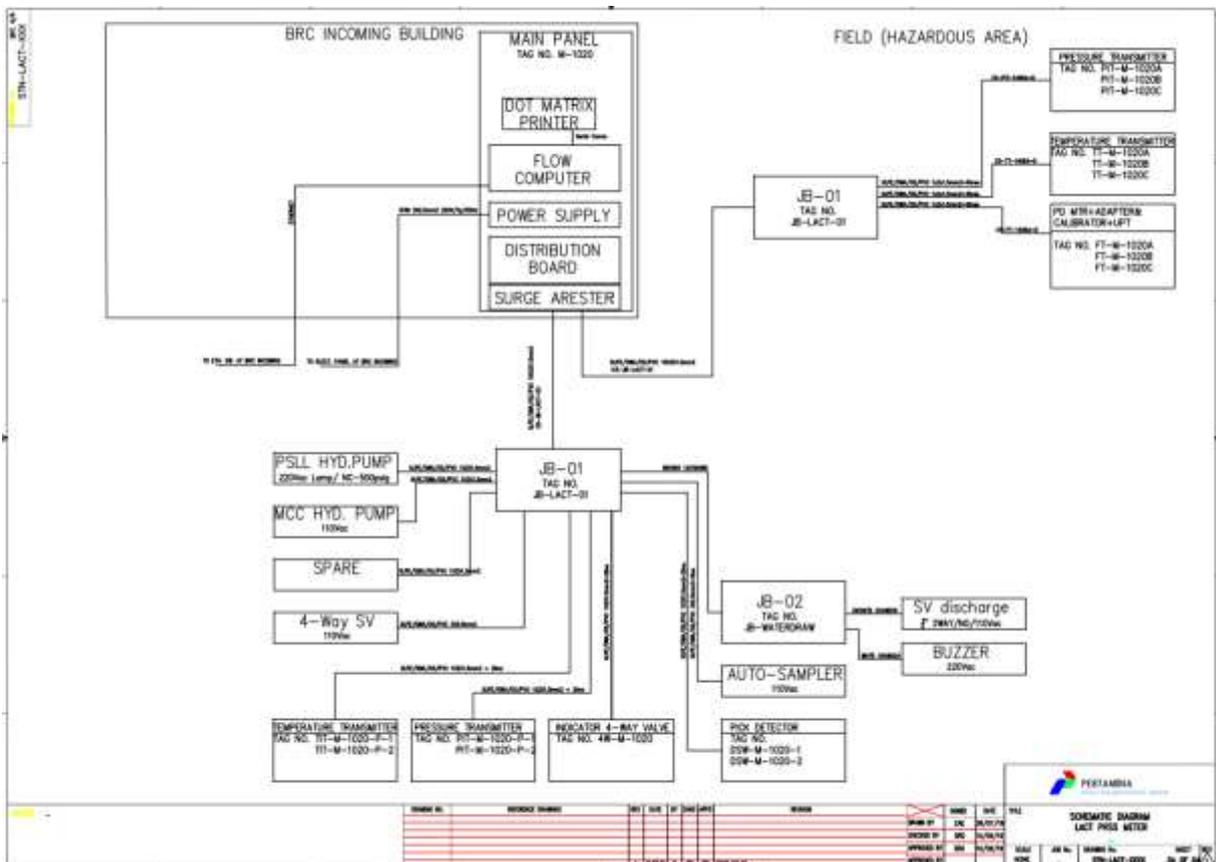
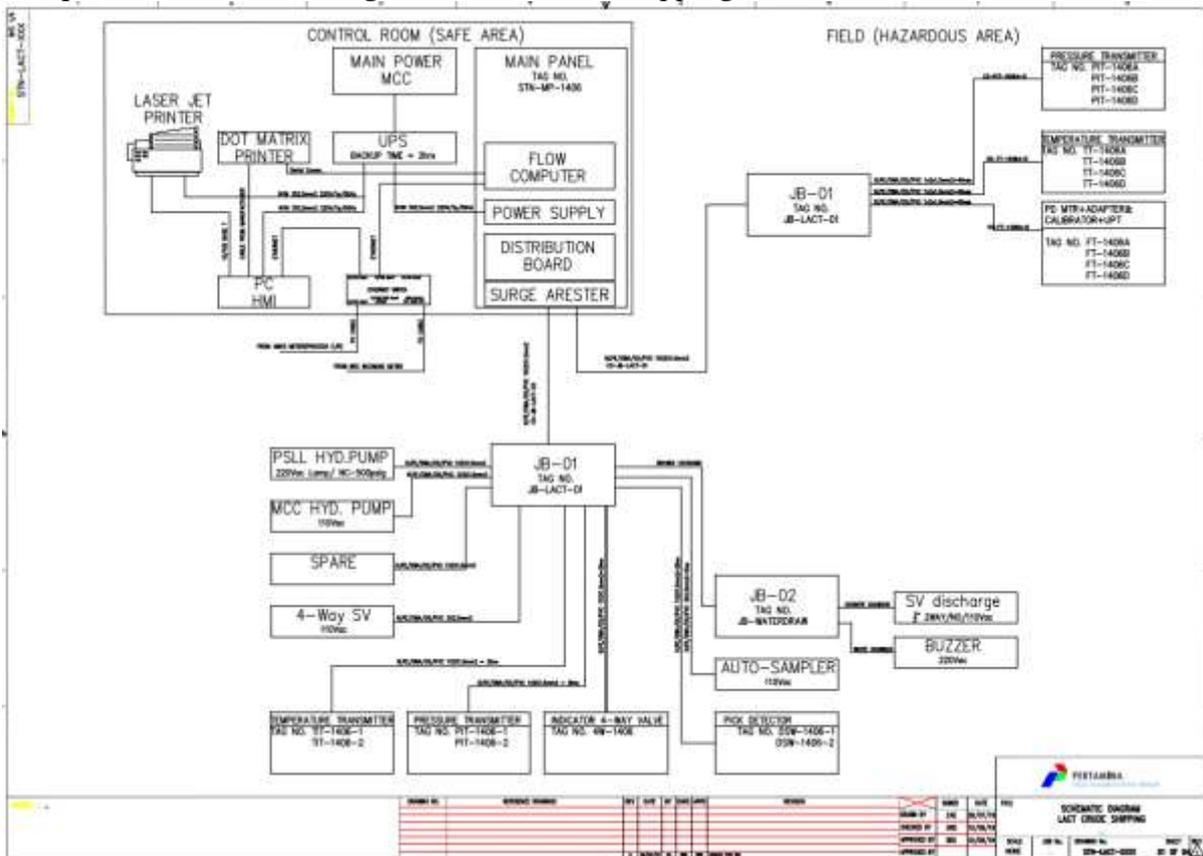
Lampiran 4 Dokumen pada Sistem LACT Meter

Ticket Metering (Indicated Meter Volume)	Batch End Report Ticket (Nett Standard Volume)																																																																																																																																																																																																														
<p>METER TICKET SANTAN TERMINAL CRUDE / BARGE SHIPPING</p> <p>METER NO. : 1 DATE: 22 08 2024 TICKET NO. : 022691</p> <p>TARGET: AT ANAKAN INDAH SHIPMENT NO. : 2-3</p> <p>METER FAKTOR : 1.0022 METER SERIAL NO. : 1 (NEW)</p> <p>METER READING BEFORE NO. : 194 METER READING AFTER NO. : 194</p> <p>ORIGINATOR NO. : KABEL/SHANGHAI /TANAH AA B C 2 : 21 53 40 5 AA 4 B 1 : 24 97 45 2</p> <p>METER LABEL DELIVERED : 55753</p> <p>SIGNED BY: M. Fikri APPROVED BY: [Signatures]</p>	<p>PT. PERTAMINA HULU KALIMANTAN TERBUK LACT METER SANTAN TERMINAL - CRUDE SHIPPING WATCHDOG REPORT</p> <p>ALLOCATION/TICKET ID : 101-408 Batch Ticket No. : 101 Flow/Terminal Name : PT/ANAK INDAH Date : 22 08 2024</p> <p>1. BATCH PRODUCT TYPE : CRUDE OIL (Standard using LACT) - (PT/ANAK INDAH) 2. METER CLOSING DATE/TIME : 20240824 11:47:21 3. METER CLOSING DATE/TIME : 20240824 11:27:26 4. NET STANDARD VOLUME (M3) : 15.0000 (15.0000)</p> <p>METER DATA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>070001 A</th> <th>070002 B</th> <th>070003 C</th> <th>070004 D</th> <th>070005 E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. METER FID NUMBER</td> <td>PT/10001</td> <td>PT/10002</td> <td>PT/10003</td> <td>PT/10004</td> <td>PT/10005</td> </tr> <tr> <td>2. METER SERIAL NUMBER</td> <td>00010</td> <td>00020</td> <td>00030</td> <td>00040</td> <td>00050</td> </tr> <tr> <td>3. METER MANUFACTURE</td> <td>M-10-03</td> <td>M-10-03</td> <td>M-10-03</td> <td>M-10-03</td> <td>M-10-03</td> </tr> <tr> <td>4. METER SERIAL</td> <td>00-0000</td> <td>00-0000</td> <td>00-0000</td> <td>00-0000</td> <td>00-0000</td> </tr> <tr> <td>5. METER SIZE</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>6. CAPACITY</td> <td>10000</td> <td>10000</td> <td>10000</td> <td>10000</td> <td>10000</td> </tr> <tr> <td>7. METER FACTOR</td> <td>1.0000</td> <td>1.0000</td> <td>1.0000</td> <td>1.0000</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>8. METER PRECISION</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>9. METER PERFORMANCE</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> </tr> </tbody> </table> <p>PROCESSED PARAMETERS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>070001 A</th> <th>070002 B</th> <th>070003 C</th> <th>070004 D</th> <th>070005 E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10. AVG. PRESSURE</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>11. AVG. TEMPERATURE</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>12. AVG. DENSITY</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>13. AVG. WGT</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table> <p>SUMMARY PARAMETERS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>070001 A</th> <th>070002 B</th> <th>070003 C</th> <th>070004 D</th> <th>070005 E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14. TOTAL</td> <td>15.0000</td> <td>15.0000</td> <td>15.0000</td> <td>15.0000</td> <td>15.0000</td> </tr> <tr> <td>15. TOTAL</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> </tr> <tr> <td>16. TOTAL</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <p>SIGNED BY: [Signatures]</p>		070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E	1. METER FID NUMBER	PT/10001	PT/10002	PT/10003	PT/10004	PT/10005	2. METER SERIAL NUMBER	00010	00020	00030	00040	00050	3. METER MANUFACTURE	M-10-03	M-10-03	M-10-03	M-10-03	M-10-03	4. METER SERIAL	00-0000	00-0000	00-0000	00-0000	00-0000	5. METER SIZE	15	15	15	15	15	6. CAPACITY	10000	10000	10000	10000	10000	7. METER FACTOR	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	8. METER PRECISION	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	9. METER PERFORMANCE	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E	10. AVG. PRESSURE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11. AVG. TEMPERATURE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12. AVG. DENSITY	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13. AVG. WGT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E	14. TOTAL	15.0000	15.0000	15.0000	15.0000	15.0000	15. TOTAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	16. TOTAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000																																																																																												
	070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E																																																																																																																																																																																																										
1. METER FID NUMBER	PT/10001	PT/10002	PT/10003	PT/10004	PT/10005																																																																																																																																																																																																										
2. METER SERIAL NUMBER	00010	00020	00030	00040	00050																																																																																																																																																																																																										
3. METER MANUFACTURE	M-10-03	M-10-03	M-10-03	M-10-03	M-10-03																																																																																																																																																																																																										
4. METER SERIAL	00-0000	00-0000	00-0000	00-0000	00-0000																																																																																																																																																																																																										
5. METER SIZE	15	15	15	15	15																																																																																																																																																																																																										
6. CAPACITY	10000	10000	10000	10000	10000																																																																																																																																																																																																										
7. METER FACTOR	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000																																																																																																																																																																																																										
8. METER PRECISION	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01																																																																																																																																																																																																										
9. METER PERFORMANCE	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01																																																																																																																																																																																																										
	070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E																																																																																																																																																																																																										
10. AVG. PRESSURE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																										
11. AVG. TEMPERATURE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																										
12. AVG. DENSITY	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																										
13. AVG. WGT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																										
	070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E																																																																																																																																																																																																										
14. TOTAL	15.0000	15.0000	15.0000	15.0000	15.0000																																																																																																																																																																																																										
15. TOTAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																										
16. TOTAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																										
<p>Pembacaan Pressure dan Temperatur manual</p>	<p>Pembacaan Pressure dan Temperatur Digital dan Real Time</p>																																																																																																																																																																																																														
<p>PT. PERTAMINA HULU KALIMANTAN TERBUK CRUDE LOADING LINE PRESSURE & TEMPERATURE DURING LOADING</p> <p>TARGET : NGL BUKA GALAHAYAH CARGO : ATAMA CRUDE OIL ORDER NO. : 3248 AB SHIPMENT NO. : 2-3 DAFTAR COMMENCED : 24-08-21 TIME COMMENCED : 18:24 DATE COMPLETED : 25-08-21 TIME COMPLETED : 02:42</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DATE</th> <th rowspan="2">TIME</th> <th colspan="4">PRESSURE</th> <th rowspan="2">TEMP</th> <th rowspan="2">READ BY</th> </tr> <tr> <th>1000 A</th> <th>1000 B</th> <th>1000 C</th> <th>1000 D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>24-08-21</td> <td>18:00</td> <td>91.0</td> <td>91.0</td> <td></td> <td>91.0</td> <td>85.5</td> <td>BAUS</td> </tr> <tr> <td>24-08-21</td> <td>18:00</td> <td>91.0</td> <td>91.0</td> <td></td> <td>91.0</td> <td>85.5</td> <td>BAUS</td> </tr> <tr> <td>24-08-21</td> <td>20:00</td> <td>91.0</td> <td>91.0</td> <td></td> <td>91.0</td> <td>85.5</td> <td>BAUS</td> </tr> <tr> <td>24-08-21</td> <td>21:00</td> <td>90.0</td> <td>90.0</td> <td></td> <td>90.0</td> <td>84.5</td> <td>HAJAN</td> </tr> <tr> <td>24-08-21</td> <td>22:00</td> <td>90.0</td> <td>90.0</td> <td></td> <td>90.0</td> <td>84.5</td> <td>HAJAN</td> </tr> <tr> <td>24-08-21</td> <td>23:00</td> <td>90.0</td> <td>90.0</td> <td></td> <td>90.0</td> <td>84.5</td> <td>HAJAN</td> </tr> <tr> <td>24-08-21</td> <td>24:00</td> <td>90.0</td> <td>90.0</td> <td></td> <td>90.0</td> <td>83.5</td> <td>HAJAN</td> </tr> <tr> <td>25-08-21</td> <td>1:00</td> <td>90.0</td> <td>90.0</td> <td></td> <td>90.0</td> <td>83.5</td> <td>HAJAN</td> </tr> <tr> <td>25-08-21</td> <td>2:00</td> <td>90.0</td> <td>90.0</td> <td></td> <td>90.0</td> <td>83.5</td> <td>HAJAN</td> </tr> <tr> <td colspan="2">AVERAGE</td> <td>91.0</td> <td>91.0</td> <td>90.0/91</td> <td>90.0</td> <td>84.5</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Acknowledged by: [Signatures]</p>	DATE	TIME	PRESSURE				TEMP	READ BY	1000 A	1000 B	1000 C	1000 D	24-08-21	18:00	91.0	91.0		91.0	85.5	BAUS	24-08-21	18:00	91.0	91.0		91.0	85.5	BAUS	24-08-21	20:00	91.0	91.0		91.0	85.5	BAUS	24-08-21	21:00	90.0	90.0		90.0	84.5	HAJAN	24-08-21	22:00	90.0	90.0		90.0	84.5	HAJAN	24-08-21	23:00	90.0	90.0		90.0	84.5	HAJAN	24-08-21	24:00	90.0	90.0		90.0	83.5	HAJAN	25-08-21	1:00	90.0	90.0		90.0	83.5	HAJAN	25-08-21	2:00	90.0	90.0		90.0	83.5	HAJAN	AVERAGE		91.0	91.0	90.0/91	90.0	84.5		<p>PT. PERTAMINA HULU KALIMANTAN TERBUK LACT METER SANTAN TERMINAL - CRUDE SHIPPING WATCHDOG REPORT</p> <p>ALLOCATION/TICKET ID : 101-408 Batch Ticket No. : 101 Flow/Terminal Name : PT/ANAK INDAH Date : 22 08 2024</p> <p>1. BATCH PRODUCT TYPE : CRUDE OIL (Standard using LACT) - (PT/ANAK INDAH) 2. METER CLOSING DATE/TIME : 20240824 11:47:21 3. METER CLOSING DATE/TIME : 20240824 11:27:26 4. NET STANDARD VOLUME (M3) : 15.0000 (15.0000)</p> <p>METER DATA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>070001 A</th> <th>070002 B</th> <th>070003 C</th> <th>070004 D</th> <th>070005 E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. METER FID NUMBER</td> <td>PT/10001</td> <td>PT/10002</td> <td>PT/10003</td> <td>PT/10004</td> <td>PT/10005</td> </tr> <tr> <td>2. METER SERIAL NUMBER</td> <td>00010</td> <td>00020</td> <td>00030</td> <td>00040</td> <td>00050</td> </tr> <tr> <td>3. METER MANUFACTURE</td> <td>M-10-03</td> <td>M-10-03</td> <td>M-10-03</td> <td>M-10-03</td> <td>M-10-03</td> </tr> <tr> <td>4. METER SERIAL</td> <td>00-0000</td> <td>00-0000</td> <td>00-0000</td> <td>00-0000</td> <td>00-0000</td> </tr> <tr> <td>5. METER SIZE</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>6. CAPACITY</td> <td>10000</td> <td>10000</td> <td>10000</td> <td>10000</td> <td>10000</td> </tr> <tr> <td>7. METER FACTOR</td> <td>1.0000</td> <td>1.0000</td> <td>1.0000</td> <td>1.0000</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>8. METER PRECISION</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>9. METER PERFORMANCE</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> </tr> </tbody> </table> <p>PROCESSED PARAMETERS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>070001 A</th> <th>070002 B</th> <th>070003 C</th> <th>070004 D</th> <th>070005 E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10. AVG. PRESSURE</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>11. AVG. TEMPERATURE</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>12. AVG. DENSITY</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>13. AVG. WGT</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table> <p>SUMMARY PARAMETERS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>070001 A</th> <th>070002 B</th> <th>070003 C</th> <th>070004 D</th> <th>070005 E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14. TOTAL</td> <td>15.0000</td> <td>15.0000</td> <td>15.0000</td> <td>15.0000</td> <td>15.0000</td> </tr> <tr> <td>15. TOTAL</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> </tr> <tr> <td>16. TOTAL</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> <td>0.0000</td> </tr> </tbody> </table> <p>SIGNED BY: [Signatures]</p>		070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E	1. METER FID NUMBER	PT/10001	PT/10002	PT/10003	PT/10004	PT/10005	2. METER SERIAL NUMBER	00010	00020	00030	00040	00050	3. METER MANUFACTURE	M-10-03	M-10-03	M-10-03	M-10-03	M-10-03	4. METER SERIAL	00-0000	00-0000	00-0000	00-0000	00-0000	5. METER SIZE	15	15	15	15	15	6. CAPACITY	10000	10000	10000	10000	10000	7. METER FACTOR	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	8. METER PRECISION	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	9. METER PERFORMANCE	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E	10. AVG. PRESSURE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11. AVG. TEMPERATURE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12. AVG. DENSITY	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13. AVG. WGT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E	14. TOTAL	15.0000	15.0000	15.0000	15.0000	15.0000	15. TOTAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	16. TOTAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
DATE			TIME	PRESSURE					TEMP	READ BY																																																																																																																																																																																																					
	1000 A	1000 B		1000 C	1000 D																																																																																																																																																																																																										
24-08-21	18:00	91.0	91.0		91.0	85.5	BAUS																																																																																																																																																																																																								
24-08-21	18:00	91.0	91.0		91.0	85.5	BAUS																																																																																																																																																																																																								
24-08-21	20:00	91.0	91.0		91.0	85.5	BAUS																																																																																																																																																																																																								
24-08-21	21:00	90.0	90.0		90.0	84.5	HAJAN																																																																																																																																																																																																								
24-08-21	22:00	90.0	90.0		90.0	84.5	HAJAN																																																																																																																																																																																																								
24-08-21	23:00	90.0	90.0		90.0	84.5	HAJAN																																																																																																																																																																																																								
24-08-21	24:00	90.0	90.0		90.0	83.5	HAJAN																																																																																																																																																																																																								
25-08-21	1:00	90.0	90.0		90.0	83.5	HAJAN																																																																																																																																																																																																								
25-08-21	2:00	90.0	90.0		90.0	83.5	HAJAN																																																																																																																																																																																																								
AVERAGE		91.0	91.0	90.0/91	90.0	84.5																																																																																																																																																																																																									
	070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E																																																																																																																																																																																																										
1. METER FID NUMBER	PT/10001	PT/10002	PT/10003	PT/10004	PT/10005																																																																																																																																																																																																										
2. METER SERIAL NUMBER	00010	00020	00030	00040	00050																																																																																																																																																																																																										
3. METER MANUFACTURE	M-10-03	M-10-03	M-10-03	M-10-03	M-10-03																																																																																																																																																																																																										
4. METER SERIAL	00-0000	00-0000	00-0000	00-0000	00-0000																																																																																																																																																																																																										
5. METER SIZE	15	15	15	15	15																																																																																																																																																																																																										
6. CAPACITY	10000	10000	10000	10000	10000																																																																																																																																																																																																										
7. METER FACTOR	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000																																																																																																																																																																																																										
8. METER PRECISION	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01																																																																																																																																																																																																										
9. METER PERFORMANCE	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01																																																																																																																																																																																																										
	070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E																																																																																																																																																																																																										
10. AVG. PRESSURE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																										
11. AVG. TEMPERATURE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																										
12. AVG. DENSITY	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																										
13. AVG. WGT	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																																										
	070001 A	070002 B	070003 C	070004 D	070005 E																																																																																																																																																																																																										
14. TOTAL	15.0000	15.0000	15.0000	15.0000	15.0000																																																																																																																																																																																																										
15. TOTAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																										
16. TOTAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000																																																																																																																																																																																																										

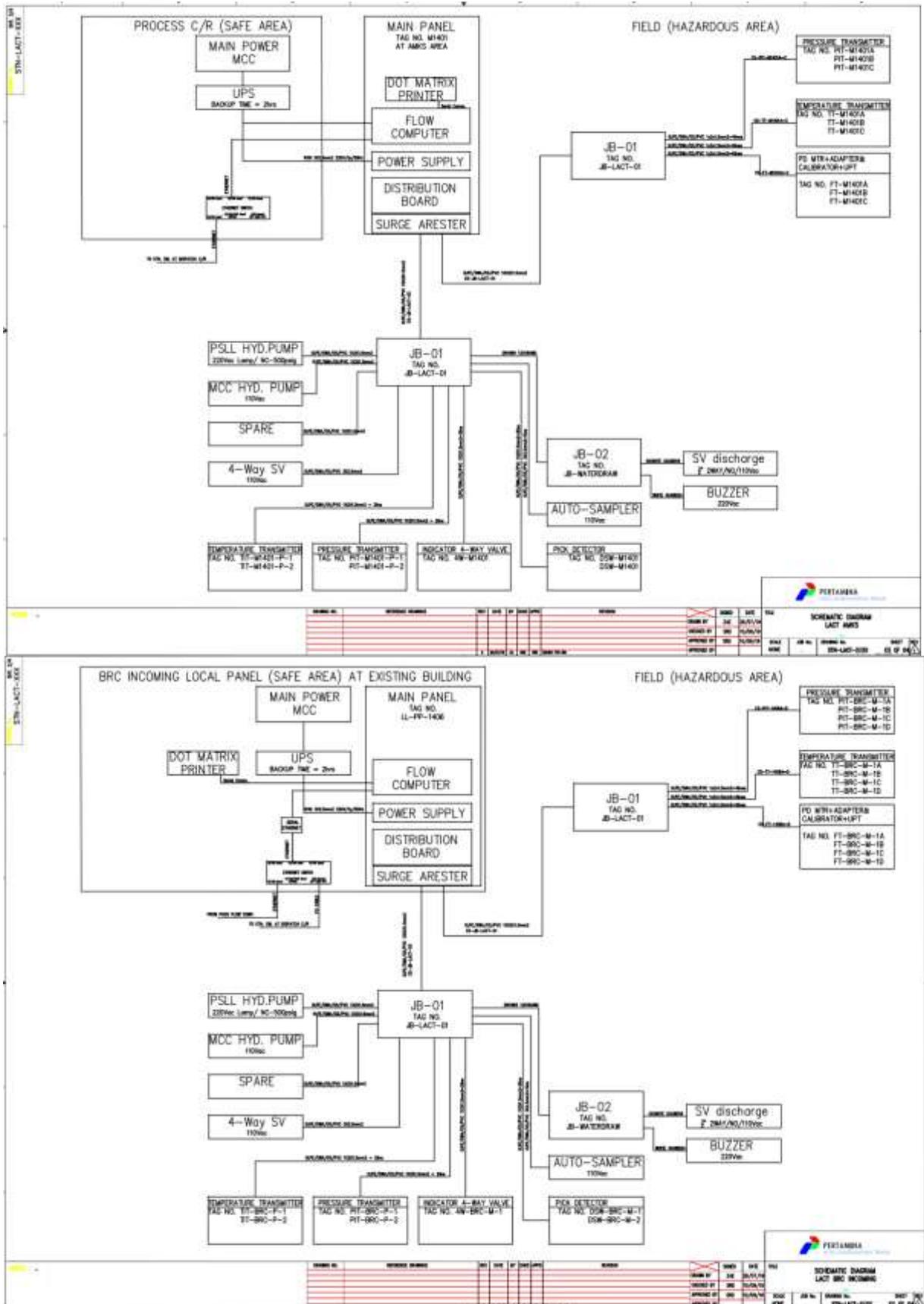
Lampiran 5 *Spending Single Year*

Existing expense cost					
No.	Description	AMKS (USD)/year	BDK (USD)/year	Crude Shipping (USD)/year	BRC Incoming (USD)/year
1	OPEX for Spare Part	\$ 15,986.67	\$ 15,986.67	\$ 23,980.00	\$ 23,980.00
2	OPEX for Certification	\$ 10,328.64	\$ 10,328.64	\$ 11,189.36	\$ 11,189.36
3	OPEX for O&M	\$ 48,600.00	\$ 16,200.00	\$ 16,200.00	\$ 32,400.00
TOTAL					\$ 236,369.33
Expense cost after Upgrading for AMKS, PHSS, Crude Shipping, and BRC Incoming					
No.	Description	AMKS (USD)/year	BDK (USD)/year	Crude Shipping (USD)/year	BRC Incoming (USD)/year
1	OPEX for Spare Part	\$ 6,875.00	\$ 6,875.00	\$ 8,250.00	\$ 5,500.00
2	OPEX for Certification	\$ 4,303.60	\$ 4,303.60	\$ 4,303.60	\$ 4,303.60
3	OPEX for O&M	\$ 675.00	\$ 675.00	\$ 675.00	\$ 675.00
TOTAL					\$ 47,414.40
SAVING COST OR BENEFIT/YEAR					\$ 188,954.93
Remarks:					
Improve performance and reliability facility of LACT meter system during shipment can eliminate LPO, reduce operation, spare part, and maintenance cost, and reduce reconciliation among parties and GOI.					
After Project completion, Operation, spare part, Calibration and Maintenance will saving cost yearly, around: \$ 236,369.33 - \$ 47,414.40 = \$188,954.93					

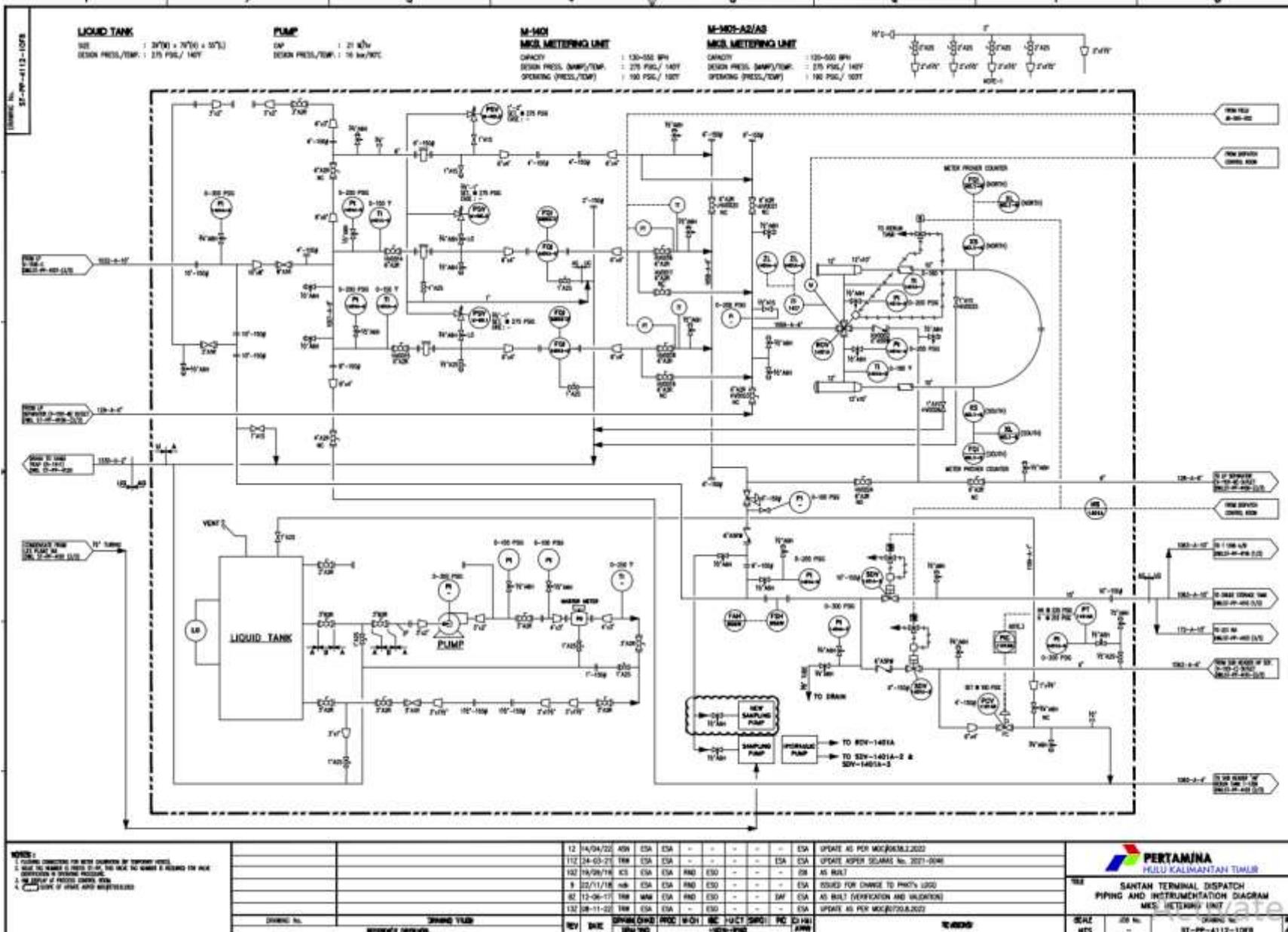
Lampiran 6 Schematic Diagram LACT Crude Shipping & BDK



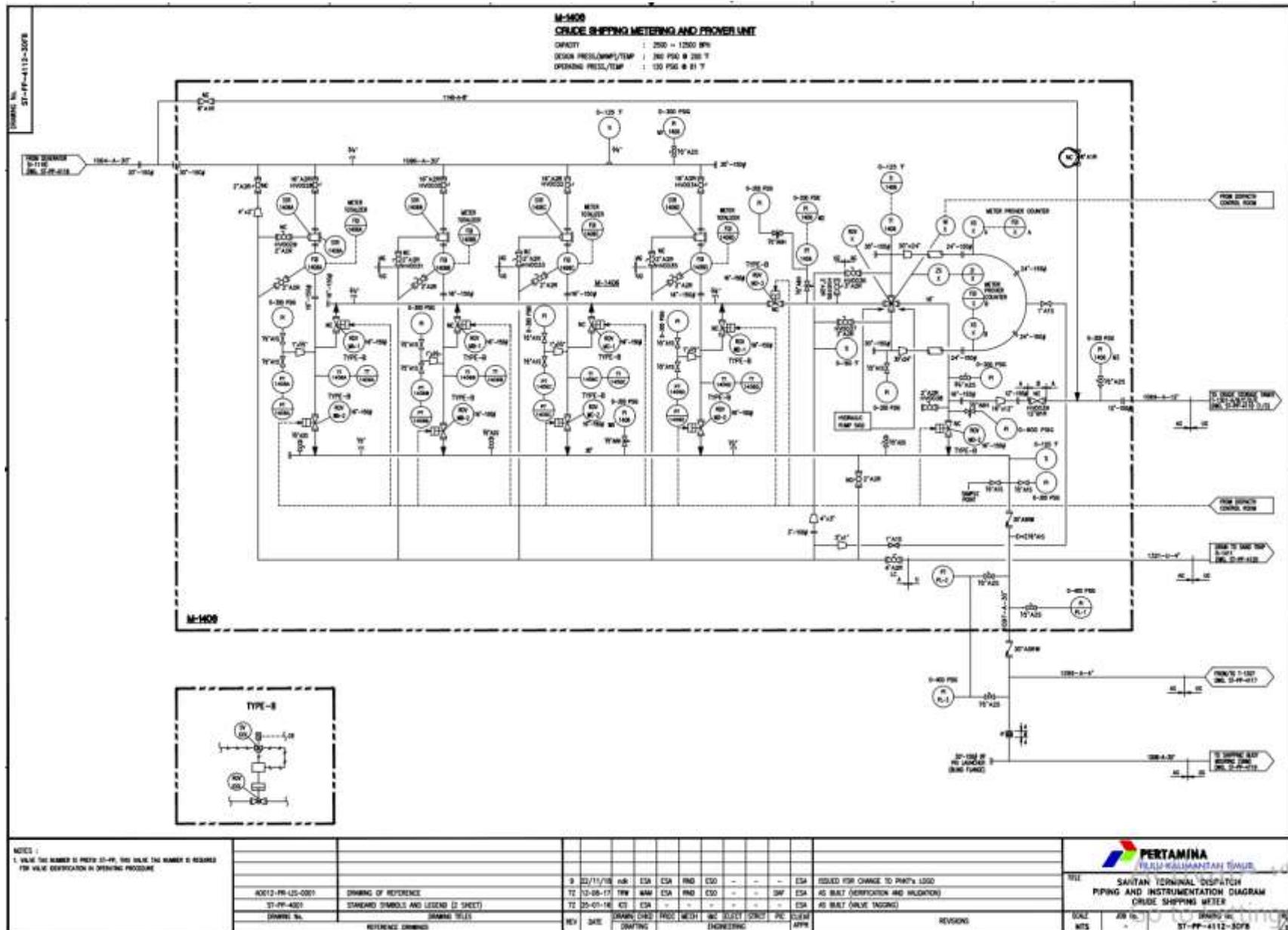
Lampiran 7 Schematic Diagram LACT AMKS & BRC Incoming



Lampiran 8 Gambar P&ID LACT AMKS Meter



Lampiran 9 Gambar P&ID LACT Crude Shipping Meter



Lampiran 11 Gambar P&ID LACT BDK Meter

