

TESIS

**PENGEMBANGAN MODEL ASESMEN BERBASIS INDEKS DALAM
PENGELOLAAN MATERIAL TRANSMISI UTAMA PADA
PT PLN (PERSERO) UIKL SULAWESI**

***DEVELOPMENT OF INDEX-BASED ASSESSMENT MODEL ON
PRIMARY SUBSTATION EQUIPMENT MANAGEMENT
IN PT PLN (PERSERO) UIKL SULAWESI***

**GORA ANADI SANTIKA
A012212015**



**PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

TESIS

PENGEMBANGAN MODEL ASESMEN BERBASIS INDEKS DALAM PENGELOLAAN MATERIAL TRANSMISI UTAMA PADA PT PLN (PERSERO) UIKL SULAWESI

Disusun dan diajukan oleh:

**GORA ANADI SANTIKA
A012212015**



Kepada:

**PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN
FAKULTAS EKONOMI DAN BISNIS
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**PENGEMBALIAN MODEL ASSESMENT BERBASIS INDEKS DALAM
PENGELOLAAN MATERIAL TRANSMISI UTAMA PADA
PT. PLN (PERSERO) UIKL SULAWESI**

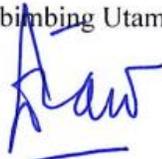
disusun dan diajukan oleh :

**GORA ANADI SANTIKA
A012212015**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Magister Manajemen Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Hasanuddin pada tanggal **19 AGUSTUS 2023** dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

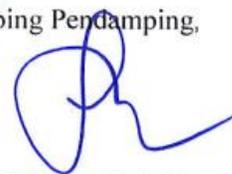
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dra. Hj. Dian A. S. Parawansa, M. Si., Ph. D.
NIP. 19620405 198702 2 001

Pembimbing Pendamping,



Dr. H. M. Sobarsyah, S. E., M. Si.
NIP. 19680629 199403 1 002

Ketua Program Studi,



Dr. H. M. Sobarsyah, S. E., M. Si.
NIP. 19680629 199403 1 002

Dekan Fakultas Ekonomi dan Bisnis,



Prof. Dr. H. Abd. Rahman Kadir, S.E., M. Si., CIPM.
NIP. 19640205 198810 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gora Anadi Santika
NIM : A012212015
Program studi : Magister Manajemen
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa Tesis dengan judul:

Pengembangan Model Asesmen Berbasis Indeks dalam Pengelolaan Material Transmisi Utama pada PT PLN (Persero) UIKL Sulawesi

Adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila di kemudian hari Tesis karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 19 Agustus 2023
Pembuat Pernyataan,



Gora Anadi Santika

PRAKATA

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, yang telah melimpahkan rahmat serta karunia sehingga Penulis dapat menyelesaikan pengerjaan dan penyusunan tesis berjudul, “Pengembangan Model Asesmen Berbasis Indeks dalam Pengelolaan Material Transmisi Utama pada PT PLN (Persero) UIKL Sulawesi” sebagai tugas akhir untuk menyelesaikan studi Magister Manajemen pada Program Pasca Sarjana Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Hasanuddin. Tak lupa, shalawat serta salam Penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta seluruh keluarga, sahabat, dan pengikutnya.

Ucapan terima kasih Penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang turut membantu pengerjaan penelitian ini:

1. Komisi Penasehat, Ibu Prof. Dra. Hj. Dian A.S. Parawansa, M.Si., Ph.D. dan Bapak Dr. H. M. Sobarsyah, S.E., M.Si. yang telah berkenan meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan serta pengalaman berharga selama proses pengerjaan penelitian ini.
2. Tim Penguji, Bapak Prof. Dr. H. Abd. Rahman Kadir, S.E., M.Si., CIPM; Bapak Prof. Dr. H. Muh. Yunus Amar, S.E., M.T.; Bapak Prof. Dr. Musran Munizu, S.E., M.Si., CIPM yang telah berkenan meluangkan waktu untuk memberikan berbagai masukan konstruktif terhadap penelitian ini.
3. Segenap atasan yang Penulis hormati, Senior Manager Transmisi periode 2021-2023, Bapak Rahmat; Senior Manager Transmisi, Bapak Hendrik Maryono; Manager Pemeliharaan Jaringan & Gardu Induk, Bapak Sunardi; Assistant Manager Pemeliharaan Gardu Induk periode 2018-2023, Bapak Taufik Wisnu Wardhana; Assistant Manager Pemeliharaan Gardu Induk, Bapak Krie Elison Frinses yang telah memberikan izin, kesempatan, dan dukungan untuk melanjutkan pendidikan S2 di sela-sela rutinitas kewajiban pekerjaan di kantor PT PLN (Persero) UIKL Sulawesi.
4. Kedua orang tua tercinta, Bapak Drs. Sigit Purwanto dan Ibunda Prof. Dr. Sri Sumarmi, S.KM., M.Si. yang senantiasa mendoakan dan mendukung cita-cita Penulis dalam menimba ilmu pengetahuan.

5. Staf administrasi Program Studi Magister Manajemen Universitas Hasanuddin, Ibu Kamalia dan Bapak Taufik yang senantiasa membantu pemberkasan dan keperluan administratif di sepanjang keberjalanan penelitian ini.
6. Rekan seperjuangan, Karmila, Andi Rinda Oktariani, dan An-nisa Virginia Ainul yang telah banyak membantu dalam pengurusan segenap kelengkapan pendukung kelancaran penelitian ini.
7. Rekan sejawat, Dimas Angga Putra, Alfian Yesri Wicaksana, dan Azwar Fembi Zamzami yang senantiasa membantu dalam berdiskusi dan berkontemplasi di sepanjang perjalanan penelitian ini.
8. Seluruh rekan mahasiswa Magister Manajemen Angkatan 2021/2 terkhusus kelas B2 yang senantiasa berbagi suka duka dalam perjalanan menyelesaikan studi.
9. Seluruh pihak terkait yang membantu kelancaran penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna sehingga Penulis akan sangat menghargai segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun agar dapat dipergunakan sebagai bahan perbaikan.

Makassar, Agustus 2023
Gora Anadi Santika

ABSTRAK

GORA ANADI SANTIKA. *Pengembangan Model Asesmen Berbasis Indeks dalam Pengelolaan Material Transmisi Utama pada PT PLN (Persero) UIKL Sulawesi* (dibimbing oleh Dian A.S. Parawansa dan M. Sobarsyah).

Pemerintah Indonesia bersinergi dengan PLN selaku BUMN pengelola sistem ketenagalistrikan melalui Program Pembangunan Ketenagalistrikan 35.000 MW yang dicanangkan sebagai solusi pemenuhan kebutuhan energi listrik nasional. PLN melalui UIKL Sulawesi selaku unit pengelola proses bisnis penyaluran di Sulawesi menyikapi kondisi tersebut dengan cara menyusun program pengelolaan aset berdasarkan model asesmen multikriteria. Model ini menjadi penting dan krusial karena hasil akhir proses tersebut berupa skor AHI yang akan digunakan oleh pihak manajemen dalam penentuan keputusan strategis terkait dengan langkah operasional perusahaan yang dapat berdampak pada hajat hidup khalayak berkenaan dengan ketersediaan tenaga listrik di Sulawesi. Tahun 2021 capaian evaluasi AHI MTU di lingkungan UIKL Sulawesi berada pada angka 41,17% dari total populasi MTU. Hal ini menimbulkan potensi penurunan ketepatan pengambilan keputusan akibat sejumlah besar MTU yang tidak terpantau kondisinya. Untuk itu, dilakukan pengumpulan data terkait dengan proses dan kendala yang dihadapi menggunakan metode observasi dan wawancara. Kemudian, dilakukan analisis *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mencari akar permasalahan beserta solusi yang bisa dilakukan. Dengan menggunakan matriks prioritas, dipilihlah dua dari total sebelas usulan solusi untuk dilaksanakan yaitu asesmen kualitas data dan penyesuaian formula asesmen MTU. Penilaian kualitas data dilakukan berdasarkan kerangka kerja InfoQ. Selanjutnya, dilakukan perbandingan skor AHI sebelum dan sesudah implementasi terhadap kedua solusi tersebut dengan menggunakan metode *Paired t Test*. Hasil akhir yang diperoleh adalah (1) terdapat beberapa faktor yang menyebabkan rendahnya cakupan evaluasi MTU UIKL Sulawesi pada 2021, (2) formula asesmen MTU berhasil dikembangkan dengan menambahkan kriteria *Certainty Level*, (3) kualitas data hasil uji berhasil ditingkatkan dari 2,76 menjadi 4,69, dan (4) terjadi peningkatan skor AHI. Hal ini dibuktikan dengan hasil analisis *Paired t Test* yang menunjukkan nilai $t_{hitung} > t_{crit}$ untuk semua jenis MTU.

Kata kunci: *asset health index*, keputusan multikriteria, manajemen aset, material transmisi utama



ABSTRACT

GORA ANADI SANTIKA. *Development of Index-Based Assessment Model on Primary Transmission Equipment Management in PT. PLN (Persero) UIKL Sulawesi* (supervised by Dian A.S. Parawansa and M. Sobarsyah).

The Indonesian Government synergizes with PLN as the state-owned electricity company through the 35,000 MW Electricity Development Program which is planned as the solution to fulfil national electricity needs. Furthermore, PLN through UIKL Sulawesi as the unit in charge for the power transmission services in Sulawesi responded to this condition by developing an asset management program based on a multi-criteria assessment model. This assessment model is important and crucial because the final result of the assessment process, in the form of AHI score, will be used by the management to make strategic decisions related to the company's operational steps that can impact the public's livelihood regarding the availability of electricity in Sulawesi. In 2021, it was found that the total AHI MTU evaluation achievement within UIKL Sulawesi was only 41.17% from the total MTU population, so that it emerged the decrease potential decision-making accuracy due to the presence of a large number of primary equipment whose conditions were not monitored. For this reason, data were collected related to the process and obstacles encountered using the observation and interview techniques. Root Cause Analysis (RCA) was conducted to find the problems alongside with the possible solutions. Using the priority matrix, two of eleven proposed solutions were selected to be implemented for the data quality assessment and adjustment of assessment formula. The assessment of the data quality was carried out based on the InfoQ framework. Moreover, the comparison between AHI scores before and after the implementation of the two solutions was examined using Paired t Test method. The final results obtained are: (1) there are several factors that cause the low assessment percentage in 2021, (2) the assessment formula is successfully developed by adding the certainty level criteria, (3) the quality of the test result data is improved from 2.76 to 4.09, and (4) there is the increase in the AHI score proved by the result of the Paired Test analysis which shows the $t_{count} > t_{cp/ip}$ value for all MTU types.

Keywords: Asset Health Index, multicriteria decision, asset management, Primary Transmission Equipment



DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.4.1. Manfaat Teoritis.....	5
1.4.2. Manfaat Praktis.....	6
1.4.3. Manfaat Kebijakan.....	6
1.5. Definisi dan Istilah	6
1.6. Sistematika Penulisan.....	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Tinjauan Konseptual	9
2.1.1. Manajemen Aset.....	9
2.1.2. Kebijakan Manajemen Aset PLN	23
2.1.3. Pengambilan Keputusan	43
2.1.4. Ilmu Data	50
2.2. Tinjauan Empiris.....	69
BAB 3 KERANGKA PEMIKIRAN.....	76
BAB 4 METODE PENELITIAN	79
4.1. Rancangan Penelitian	79
4.2. Kehadiran Peneliti	79

4.3. Waktu dan Lokasi.....	79
4.4. Sumber Data	80
4.5. Teknik Pengumpulan Data.....	80
4.6. Teknik Analisa	81
4.7. Validasi Kesimpulan.....	81
4.8. Tahap Penelitian	82
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	83
5.1. Gambaran Objek Penelitian.....	83
5.1.1. Sejarah Singkat	83
5.1.2. Visi dan Misi	85
5.2. Hasil Pengamatan.....	86
5.3. Hasil Wawancara	87
5.4. Analisa.....	88
5.4.1. Pencarian Akar Masalah	88
5.4.2. Umpan Balik Model Matematis	92
5.4.3. Perbaikan Kualitas Data.....	92
5.4.4. Analisa Uji Beda-T.....	95
BAB 6 PENUTUP	98
6.1. Kesimpulan.....	98
6.2. Implikasi.....	99
6.2.1. Kontribusi Penelitian.....	99
6.2.2. Manfaat Penelitian.....	99
6.3. Keterbatasan Penelitian	99
6.4. Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA	100

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pokok bahasan penelitian	7
Tabel 2.1 Klasifikasi PMT	25
Tabel 2.2 Klasifikasi trafo arus.....	29
Tabel 2.3 Komparasi model asesmen MTU unit induk	36
Tabel 2.4 Standar kualitas data menurut USAID	55
Tabel 2.5 Dimensi kualitas data.....	56
Tabel 2.6 Permasalahan dalam kualitas data	60
Tabel 2.7 Contoh tabel penghasilan pegawai	65
Tabel 2.8 Contoh tabel kepegawaian.....	65
Tabel 2.9 Contoh tabel gaji pegawai dengan relasi	66
Tabel 2.10 Risalah penelitian terdahulu	70
Tabel 4.1 Sumber data penelitian.....	79
Tabel 5.1 Standar penilaian prioritas solusi	90
Tabel 5.2 Hasil penilaian tingkat dampak dan kemungkinan.....	91
Tabel 5.3 Standar penilaian InfoQ.....	93
Tabel 5.4 Kualitas data awal.....	94
Tabel 5.5 Kualitas data akhir	95
Tabel 5.6 Hasil perhitungan Uji Beda-T.....	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus hidup aset berdasarkan biaya menurut Higham	15
Gambar 2.2 Siklus hidup aset dalam empat tahap menurut Davis.....	16
Gambar 2.3 Enam tahapan siklus hidup aset menurut Hastings.....	17
Gambar 2.4 Realisasi nilai aset melalui kebijakan manajemen aset.....	18
Gambar 2.5 Seperangkat PMT pada <i>switchyard</i> gardu induk.....	24
Gambar 2.6 Seperangkat PMS pada <i>switchyard</i> gardu induk.....	27
Gambar 2.7 Seperangkat CT pada <i>switchyard</i> gardu induk.....	28
Gambar 2.8 Proses penggantian CVT pada gardu induk	29
Gambar 2.9 Seperangkat LA pada <i>switchyard</i> gardu induk	31
Gambar 2.10 Matriks aktivitas manajemen aset menurut Hastings	47
Gambar 2.11 Klasifikasi data berdasarkan karakteristik menurut Mahanti	51
Gambar 2.12 Klasifikasi penyebab turunnya kualitas data menurut Maydanchik	60
Gambar 2.13 Contoh notasi model data.....	64
Gambar 2.14 Siklus hidup data dalam organisasi menurut Kenett & Redman	67
Gambar 3.1 Garis besar proses asesmen MTU.....	76
Gambar 3.2 Perubahan proses bisnis asesmen (a) awal dan (b) usulan.....	77
Gambar 4.1 Tahapan penelitian	81
Gambar 5.1 Sasaran Strategis UIKL Sulawesi	85
Gambar 5.2 Pencarian akar masalah menggunakan metode RCA.....	89
Gambar 5.3 Matriks prioritas penentuan solusi alternatif.....	91
Gambar 5.4 Perubahan model asesmen (a) awal dan (b) usulan	92

DAFTAR SINGKATAN

AHI	: <i>Asset Health Index</i>
CAF	: <i>Condition Assessment Factor</i>
CBM	: <i>Condition Based Maintenance</i>
CT	: <i>Current Transformer</i>
CVT	: <i>Capacitive Voltage Transformer</i>
GI	: Gardu Induk
LA	: <i>Lightning Arrester</i>
MTU	: Material Transmisi Utama
PAF	: <i>Performance Assessment Factor</i>
PMS	: Pemisah
PMT	: Pemutus Tenaga
Trafo	: Transformator / <i>Transformer</i>
UI	: Unit Induk
UIKL	: Unit Induk Pembangkitan dan Penyaluran
UL	: Unit Layanan
ULTG	: Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk
UP	: Unit Pelaksana
UPT	: Unit Pelaksana Transmisi
RUPTL	: Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik
MCDM	: Multi-Criteria Decision Model
SAW	: <i>Simple Additive Weighting</i>
AHP	: <i>Analytic Hierarchy Process</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A - Perhitungan Asesmen Kualitas Data

Lampiran B - Dimensi Asesmen Kualitas Data

Lampiran C - Perhitungan Uji Beda T

Lampiran D - Izin Penelitian

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi, urbanisasi, dan industrialisasi membawa implikasi terjadinya peningkatan konsumsi energi listrik di Indonesia (McNeil, et al., 2019). Perkembangan teknologi pada sektor industri maupun rumah tangga berakibat pada munculnya beragam peralatan baru yang menggunakan listrik sebagai sumber energi. Dengan demikian, peran listrik sebagai sumber energi dalam kehidupan manusia akan terus mengalami peningkatan. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan meninjau tingkat konsumsi energi listrik per kapita di Indonesia yang mengalami peningkatan sebesar 66,15% selama satu dekade terakhir. Tercatat pada tahun 2009 tingkat konsumsi listrik perkapita Indonesia berada pada angka 0,65 MWh dan telah meningkat menjadi 1,08 MWh pada tahun 2019 (Badan Pusat Statistik, 2020).

Lebih lanjut lagi, tingkat kebutuhan energi Indonesia diproyeksikan akan berada pada angka 240,8 Mtoe pada 2030 (Mardiana, et al., 2018) dan akan terus mengalami peningkatan hingga mencapai 556,5 Mtoe pada 2060 (Liun, et al., 2022). Nilai ini meliputi seluruh kebutuhan energi pada berbagai sektor. Secara lebih rinci, sektor kelistrikan memiliki porsi sebesar 24% pada 2020 dan 28% pada 2060 (Liun, et al., 2022). Dengan kata lain, kebutuhan energi listrik di Indonesia berada pada 46,80 Mtoe di tahun 2020 dan diproyeksikan akan meningkat sebesar 232,95% menjadi 155,82 Mtoe pada 2060.

Sejalan dengan kondisi tersebut, pemerintah Indonesia telah bersinergi dengan PLN selaku BUMN yang diberi mandat mengelola sistem ketenagalistrikan nasional guna mengawal Program Pembangunan Ketenagalistrikan 35.000 MW yang dicanangkan sebagai solusi pemenuhan kebutuhan energi listrik nasional. Ruang lingkup program tersebut meliputi pengembangan terhadap tiga hal yang merupakan proses bisnis utama PLN: pembangkit, jaringan transmisi dan gardu induk, serta jaringan distribusi (Presiden Republik Indonesia, 2017; Presiden Republik Indonesia, 2016). Sebagai implikasi, PLN perlu merumuskan kebijakan perusahaan yang bersifat

strategis agar program tersebut dapat berjalan sesuai dengan perencanaan dengan tetap menjaga keselarasannya terhadap tujuan dan arah gerak perusahaan.

Kebijakan perusahaan yang dibuat oleh PLN berkaitan dengan program tersebut dituangkan dalam dokumen Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik—RUPTL. Dokumen tersebut disusun sebagai pedoman dan acuan pengembangan sarana ketenagalistrikan agar dapat direalisasikan secara efisien, terencana, dan berwawasan lingkungan. Fokus utama yang ingin dicapai adalah pemenuhan kapasitas dan energi listrik, pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan, serta peningkatan efisiensi dan kinerja sistem ketenagalistrikan yang meliputi tiga proses bisnis utama perusahaan: pembangkitan, penyaluran, dan distribusi (PT PLN (Persero), 2019).

PT PLN (Persero) Unit Induk Pembangkitan dan Penyaluran Sulawesi—selanjutnya disingkat UIKL Sulawesi—merupakan unit kerja PLN yang bertugas mengelola sistem ketenagalistrikan di Sulawesi pada bidang pembangkitan, penyaluran, dan operasi sistem. UIKL Sulawesi memiliki sebelas unit pelaksana yang terdiri atas enam unit pembangkitan, tiga unit transmisi, dan dua unit pengatur beban (PT PLN (Persero), n.d.). Penelitian ini akan berfokus pada unit transmisi yang berada di bidang penyaluran.

Strategi pengembangan transmisi dan gardu induk telah diatur dalam RUPTL tahun 2019-2028 dengan tujuan utama menjaga keseimbangan beban hulu-hilir, mengatasi *bottleneck* penyaluran, perbaikan tegangan, serta fleksibilitas operasi. Sebagai implikasi, keandalan sistem penyaluran menjadi hal yang wajib dipenuhi agar tujuan tersebut dapat dicapai. Oleh karenanya, disusunlah program manajemen aset terkait dengan pemeliharaan Material Transmisi Utama—MTU, konduktor, serta peralatan pendukung sistem penyaluran. Kebijakan tersebut bertujuan untuk menjaga dan meningkatkan keandalan sistem penyaluran dengan cara mengevaluasi kondisi peralatan guna menentukan apakah peralatan tersebut masih layak beroperasi atau tidak. Tiga kriteria utama yang telah ditentukan untuk menilai kelayakan tersebut adalah: usia efektif, pemutakhiran teknologi, serta kondisi teknis peralatan yang disimpulkan berdasar hasil pengujian (PT PLN (Persero), 2019).

UIKL Sulawesi selaku pengelola proses bisnis penyaluran di Sulawesi menyikapi kebijakan korporasi terkait peningkatan keandalan sistem dengan cara

menyusun program asesmen berbasis indeks. Program tersebut bertujuan untuk membuat sebuah skala yang merepresentasikan kondisi peralatan, dalam hal ini MTU. Pada tahun 2020, UIKL Sulawesi telah melakukan asesmen terhadap MTU dengan menggunakan sebuah model matematis yang akan menghasilkan indeks kesehatan peralatan atau lebih familiar disebut sebagai *Asset Health Index* dan biasa disingkat AHI.

Implementasi AHI pada prinsipnya merupakan realisasi dari model matematis pengambilan keputusan yang dibuat menggunakan analisa *Multi Criteria Decision Making*—MCDM (Jaya, et al., 2020; Widiarta, et al., 2018; Vafei, et al., 2018). Analisa ini dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain: *Simple Additive Method*—SAW (Afshari, et al., 2010; Ibrahim & Surya, 2019; Panjaitan, 2019; Prasetyo, et al., 2016), *Analytic Hierarchy Process*—AHP (Saaty, 1987; Bernasconi, et al., 2010; Pachemska, et al., 2014; Santos, et al., 2021; Jihadi, et al., 2021; Leal, 2020; Saaty, 2008), *Technique For Others Reference by Similarity to Ideal Solution*—TOPSIS (Pramudhita, et al., 2015; Sunarti, et al., 2018; Widiarta, et al., 2018), dan *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*—Promethee (Widiarta, et al., 2018). Masing-masing metode memiliki keunggulan dan kelemahan sehingga perlu dilakukan analisa guna memilih metode yang sesuai dengan kebutuhan.

Penggunaan model matematis dalam penilaian peralatan ketenagalistrikan telah diimplementasikan di berbagai tempat. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan perbandingan yang lebih efektif dari kondisi masing-masing peralatan serta agar dapat memperoleh gambaran umum dari keseluruhan aset yang dimiliki (Jürgensen, et al., 2017). Model asesmen yang baik bergantung pada penentuan bobot yang rasional berdasarkan pengalaman para ahli pada bidangnya (Li, et al., 2023). Selain itu, kualitas data yang digunakan dalam model asesmen juga penting untuk diperhatikan guna menjaga kualitas skor AHI yang dihasilkan (Yulianto & Prasajo, 2023; Santika, et al., 2023). Asesmen secara umum dapat dilakukan pada jaringan transmisi (Thakur, et al., 2022) maupun peralatan gardu induk yang meliputi PMT, PMS, CT, CVT, dan LA melalui inspeksi visual dan pengujian elektrikal (Somboonchaiwong, et al., 2019). Aset trafo tenaga, sebagai peralatan kunci untuk menjaga kestabilan sistem ketenagalistrikan, perlu memperhatikan riwayat pengoperasian (Guo & Guo, 2022) sebagai salah satu parameter asesmen.

UIKL Sulawesi memilih metode SAW untuk digunakan dalam model asesmen kondisi MTU. Metode tersebut mengolah beberapa parameter masukan dengan cara memberi faktor pembobotan untuk masing-masing parameter. Hasil akhir diperoleh dengan cara melakukan operasi penjumlahan terhadap perkalian nilai dan bobot masing-masing parameter yang kemudian akan menghasilkan sebuah luaran tunggal berupa indeks kondisi kesehatan peralatan atau AHI. Apabila seluruh parameter masukan dapat dipenuhi, maka perhitungan dapat dilakukan sesuai dengan desain. Namun kendala terjadi manakala tidak seluruh parameter masukan dapat disediakan. Bilamana hal tersebut terjadi, maka skor AHI akan menjadi tidak akurat oleh karena ada parameter yang tidak tersedia sehingga terhitung bernilai nol. Hal ini dapat mempengaruhi interpretasi pihak manajemen UIKL Sulawesi dalam penarikan kesimpulan hasil akhir asesmen. Untuk itu, perlu dilakukan perbaikan terhadap model yang digunakan agar dapat mengakomodir kondisi tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Munculnya permasalahan yang dihadapi UIKL Sulawesi dalam implementasi AHI menyebabkan perlu dilakukan evaluasi guna meningkatkan efektivitas pengelolaan MTU melalui program asesmen berbasis indeks. Salah satu kendala utama yang muncul adalah adanya sejumlah MTU yang tidak dapat dinilai menggunakan model matematis yang telah digunakan. Berdasarkan evaluasi, diketahui bahwa pencapaian asesmen MTU UIKL Sulawesi sampai dengan akhir tahun 2021 berada pada angka 41,17% dari total aset yang dikelola (PT PLN (Persero), 2022). Hal tersebut menimbulkan potensi penurunan ketepatan pengambilan keputusan dalam pengelolaan MTU oleh karena adanya sejumlah besar aset MTU (58,83%) yang tidak terpantau kondisinya dengan menggunakan metode yang sudah ada.

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dikemukakan, maka dapat disusun pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Apa penyebab adanya MTU yang tidak dapat dievaluasi menggunakan AHI?
2. Perbaikan apa yang dapat dilakukan terhadap model asesmen AHI agar seluruh populasi MTU dapat dievaluasi?

3. Bagaimana kondisi kualitas data yang digunakan dalam proses asesmen MTU di lingkungan UIKL Sulawesi?
4. Bagaimana perubahan yang dicapai setelah menggunakan metode asesmen yang telah diperbaiki?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, maka dirancanglah penelitian dengan tujuan sebagai berikut:

1. Menggali penyebab rendahnya cakupan populasi MTU yang dapat dievaluasi di lingkungan UIKL Sulawesi.
2. Mengembangkan model asesmen MTU di UIKL Sulawesi.
3. Melakukan asesmen kualitas data hasil uji yang digunakan sebagai parameter masukan pada model asesmen MTU di UIKL Sulawesi.
4. Membandingkan perbedaan rata-rata hasil asesmen AHI yang dilakukan dengan menggunakan metode lama dibandingkan metode baru.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi dan manfaat dalam beberapa aspek, antara lain:

1.4.1. Manfaat Teoritis

Dengan dilaksanakannya penelitian ini, diharapkan dapat memberi manfaat teoritis sebagai berikut:

1. Memberi kontribusi dalam pengembangan keilmuan manajemen aset, utamanya yang berkaitan dengan teknik pemeliharaan.
2. Memberi kontribusi dalam pengembangan keilmuan manajemen di bidang pengambilan keputusan, utamanya yang berkaitan dengan analisa keputusan multikriteria.
3. Memberi kontribusi dalam pengembangan keilmuan di bidang ilmu data, utamanya yang berkaitan dengan asesmen kualitas data.

1.4.2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini dapat digunakan oleh UIKL Sulawesi untuk meningkatkan performa metode asesmen AHI MTU sehingga seluruh populasi MTU dapat dievaluasi.

1.4.3. Manfaat Kebijakan

Dengan adanya perbaikan pada metode asesmen MTU UIKL Sulawesi, diharapkan data kondisi MTU dapat tersedia secara komprehensif dan menyeluruh. Data tersebut selanjutnya dapat digunakan oleh pihak manajemen dalam pengambilan kebijakan pengelolaan aset guna mendukung Program Pembangunan Ketenagalistrikan 35.000 MW yang dicanangkan oleh pemerintah Indonesia sebagai solusi pemenuhan kebutuhan energi listrik nasional.

1.5. Definisi dan Istilah

Beberapa istilah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki makna sempit sehingga dapat menimbulkan kesalahan dalam penafsiran. Oleh karenanya, definisi dari istilah-istilah tersebut dijabarkan sebagai berikut:

1. Material Transmisi Utama, disingkat MTU, adalah peralatan pada instalasi tegangan tinggi yang digunakan dalam proses penyaluran energi listrik; terdiri dari: PMT, PMS, CT, CVT, dan LA.
2. Pemutus Tenaga, disingkat PMT, adalah peralatan yang digunakan untuk memutus aliran daya pada instalasi tegangan tinggi.
3. Pemisah, disingkat PMS, adalah peralatan yang digunakan untuk memisahkan kontak antar peralatan pada instalasi tegangan tinggi.
4. Trafo adalah kependekan dari transformator, yaitu perangkat statis yang dapat mengubah tegangan dan arus listrik tanpa mengubah frekuensi. Meskipun terdapat berbagai jenis trafo, dalam konteks sistem kelistrikan tegangan tinggi, istilah trafo cenderung diasosiasikan dengan perangkat trafo tenaga.
5. Trafo Tenaga, adalah perangkat statis dengan dua kumparan atau lebih yang dapat mengubah tegangan dan arus bolak balik suatu sistem menjadi tegangan dan arus sistem lain yang berbeda nilai namun memiliki frekuensi sama. Umumnya proses tersebut dilakukan menggunakan induksi elektromagnetik dan bertujuan untuk menghantarkan tenaga listrik.

6. Trafo Arus, dalam bahasa Inggris *Current Transformer* dan disingkat CT, adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus yang mengalir pada instalasi tegangan tinggi.
7. Trafo Tegangan, dalam bahasa Inggris *Capacitive Voltage Transformer* dan disingkat CVT, adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran tegangan pada instalasi tegangan tinggi.
8. Pemotong Surja, dalam bahasa Inggris *Lightning Arrester* dan disingkat LA, adalah peralatan yang digunakan untuk melindungi peralatan lain dari tegangan surja.
9. Line adalah kependekan dari *transmission line* yang diterjemahkan sebagai rute transmisi; merupakan jaringan yang dapat mengalirkan energi listrik antara dua gardu induk atau lebih. Jaringan yang dimaksud dapat berupa saluran udara, kabel tanah, maupun kabel laut.
10. Bus adalah kependekan dari busbar, yaitu konduktor dengan impedansi rendah yang dapat digunakan untuk menghubungkan beberapa peralatan.
11. Terminal adalah titik pertemuan komponen sirkuit elektrik, sirkuit elektrik, atau jaringan terhadap elemen sirkuit elektrik, sirkuit elektrik, atau jaringan lain.

Tabel 1.1 Pokok bahasan penelitian

Bab	Judul Bab	Pokok Bahasan
1	PENDAHULUAN	Penjabaran mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, serta manfaat penelitian.
2	TINJAUAN PUSTAKA	Berisi penjelasan teori yang digunakan dalam penelitian serta memaparkan hasil penelitian terdahulu yang relevan terhadap topik bahasan.
3	KERANGKA PEMIKIRAN	Menjelaskan relasi antara teori dengan fakta kejadian yang diamati dalam penelitian.
4	METODE PENELITIAN	Menjabarkan secara rinci terkait pendekatan, rancangan, dan analisa yang digunakan.
5	HASIL DAN PEMBAHASAN	Memaparkan data/temuan serta gagasan peneliti terhadap hasil penelitian.
6	PENUTUP	Memuat kesimpulan serta saran dan refleksi peneliti bagi penelitian berikutnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Buku ini disusun menggunakan sistematika penulisan yang terbagi dalam enam bab dengan rincian sebagaimana tertera pada Tabel 1.1.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Studi literatur dilakukan guna mencari konsep dan teori pendukung yang relevan terhadap tujuan penelitian. Selain itu, dilakukan pula studi terhadap penelitian terdahulu yang telah menerapkan teori-teori terkait. Kedua hal tersebut selanjutnya digunakan untuk menyusun kerangka berpikir serta dijadikan sebagai dasar dalam melakukan analisa dan pembahasan permasalahan.

2.1. Tinjauan Konseptual

Penelitian ini melibatkan pembahasan berkenaan dengan keilmuan manajemen aset, pengambilan keputusan, serta ilmu data. Teori dan konsep yang berkaitan dengan masing-masing keilmuan tersebut akan dibahas secara lebih rinci pada sub bab ini.

2.1.1. Manajemen Aset

Pengelolaan aset sering kali diasosiasikan pada tindakan yang dilakukan oleh korporasi guna memperoleh manfaat sebanyak mungkin dari aset tersebut. Namun demikian, pengelolaan aset secara nyata tidak hanya dilakukan oleh perusahaan, melainkan juga individu/perorangan. Hal tersebut didasari oleh fakta bahwa hampir setiap orang memiliki aset dan mereka akan berusaha untuk mengelolanya guna memperoleh manfaat sebesar-besarnya. Contoh sederhana dari pengelolaan aset adalah mencuci pakaian. Pakaian, sebagai sebuah aset, yang telah digunakan beraktifitas seharian boleh jadi dirasa tidak lagi layak untuk digunakan esok hari, karena kotor. Oleh karenanya, pemilik aset melakukan tindakan pemeliharaan berupa mencuci pakaian guna memperpanjang usia pemakaian aset, agar esok dapat digunakan kembali. Berdasarkan sudut pandang tersebut, maka sejatinya hampir semua orang telah menerapkan manajemen aset dalam hidupnya.

Pandangan tersebut dapat memunculkan pertanyaan mengenai mengapa pakaian dapat dianggap sebagai sebuah aset. Oleh karenanya perlu ada definisi yang jelas mengenai apa itu aset sebelum dapat membahas lebih lanjut mengenai cara

pengelolaannya. Hal tersebut penting untuk dilakukan guna memberi gambaran awal yang komprehensif terkait keilmuan manajemen aset.

2.1.1.1. Definisi Aset

Aset didefinisikan sebagai segala hal yang memiliki nilai ekonomis yang dimiliki oleh individu maupun korporasi (Davis, 2012). Definisi tersebut digunakan untuk memberikan gambaran umum yang dapat dijadikan pengantar menuju penjelasan mengenai manajemen aset. Lebih lanjut lagi, Davis membedakan aset menjadi dua kategori: aset fisik dan aset non-fisik. Aset fisik yang dimaksud meliputi bangunan, infrastuktur, instalasi, serta perangkat lain yang memiliki wujud fisik. Sedangkan aset non-fisik yang dimaksud meliputi kas/uang, sumber daya manusia, keterampilan, data, lisensi, perangkat lunak, dan hal lainnya.

Gambaran yang lebih umum mengenai aset dijelaskan dalam ISO 55000, bahwa aset didefinisikan sebagai suatu barang, benda atau entitas yang memiliki nilai potensial atau nilai aktual terhadap organisasi. Nilai tersebut akan beragam bergantung pada organisasi yang memilikinya serta para pemangku kepentingan terkait. Aset yang dimiliki oleh suatu organisasi dapat berwujud maupun tidak berwujud serta dapat bersifat finansial maupun tidak (ISO, 2014).

Sudut pandang akuntansi memberikan definisi terhadap aset/aktiva sebagai harta/kekayaan yang dimiliki oleh perusahaan (Hariyani, 2016). Harta/kekayaan tersebut dapat berupa kas, piutang, perlengkapan, biaya dibayar di muka, peralatan, gedung, tanah, dan lain sebagainya. Secara lebih rinci, aset dapat dibagi menjadi dua jenis: aset tetap, dalam bahasa inggris *fixed asset*, dan aset tak berwujud, dalam bahasa inggris *intangible asset* (Warren, et al., 2009).

Warren menjelaskan bahwa aset tetap didefinisikan sebagai aset permanen atau aset yang dapat digunakan dalam jangka panjang seperti peralatan, mesin, bangunan, dan tanah. Jenis aset ini memiliki tiga karakteristik utama: berwujud fisik, dimiliki dan digunakan dalam kegiatan operasional, serta bukan merupakan produk yang menjadi objek perdagangan dalam kegiatan operasional perusahaan. Beberapa contoh aset seperti paten, hak cipta, merk dagang, serta kepercayaan merupakan aset yang dapat dipergunakan dalam jangka panjang, namun aset tersebut tidak memiliki wujud fisik sehingga dikategorikan sebagai aset tak berwujud. Jenis aset ini

dapat memicu permasalahan dalam penentuan nilainya oleh karena tidak adanya wujud fisik yang dapat dinominalkan.

Hal senada turut disampaikan oleh Kieso yang menjelaskan bahwa aset dapat dibedakan berdasarkan ada atau tidaknya wujud fisik. Aset fisik dapat berupa properti, pabrik, dan peralatan lain yang memiliki wujud, sedangkan aset non-fisik memiliki nilai yang diturunkan berdasarkan hak penggunaan dan kepemilikan yang diberikan kepada perusahaan. Secara umum, aset non-fisik dapat memberikan keuntungan seiring berjalannya waktu. Oleh karenanya aset ini dapat diklasifikasikan sebagai aset jangka panjang. Meskipun aset non-fisik memiliki nilai finansial dan dapat ditukar menjadi sejumlah dana atau kas di masa mendatang, jenis aset ini tidak termasuk sebagai instrument finansial (Kieso, et al., 2016).

2.1.1.2. Definisi Manajemen Aset

Sudah sejak lama manusia memiliki hubungan yang erat dengan pengelolaan aset. Salah satu bukti nyata terkait hal tersebut dapat diperoleh dari sebuah lukisan yang diperkirakan berasal dari tahun 2600 SM (Hastings, 2015). Lukisan tersebut menggambarkan barisan tentara yang sedang mengendarai kereta kuda. Terlihat jelas bahwa peradaban manusia kala itu telah mampu membuat roda dan kereta. Artinya, mereka telah memiliki teknologi yang mampu membuat bantalan poros. Hal tersebut menandakan bahwa telah ada instalasi yang dapat digunakan untuk memproduksi pelumas. Dan lebih jauh lagi, telah tersedia berbagai peralatan kerja yang mampu digunakan untuk mengolah kayu dan logam.

Selain itu, penggunaan kereta kuda dalam keperluan militer menandakan bahwa telah ada sistem manufaktur yang dibangun guna dapat memproduksi peralatan perang tersebut dalam skala besar, telah ada sistem logistik yang mampu memasok bahan baku dan peralatan, serta telah ada sistem pemeliharaan terhadap kereta perang dan peralatan manufaktur yang digunakan. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kala itu manusia telah menerapkan manajemen aset, entah itu secara sadar maupun tidak.

Hastings memberi penjelasan singkat mengenai pentingnya manajemen aset dalam sebuah industri. Ia membuat perbandingan terhadap industri yang berada pada tahap rintisan dengan industri yang telah dewasa. Pada skala industri kecil, jumlah barang dan aset yang terlibat dalam proses produksi masih relatif sedikit.

Oleh karenanya pengelolaan aset dapat dilakukan dalam satu waktu bersamaan dengan proses produksi itu sendiri. Hal berbeda akan dihadapi oleh industri raksasa yang memiliki aset tersebar di berbagai negara. Kegiatan pengelolaan aset tak lagi dapat dilakukan secara bersamaan dan telah membutuhkan bagian terpisah untuk memikirkannya.

Seiring dengan perkembangan pengetahuan, muncul berbagai acuan yang digunakan dalam manajemen aset. Pada tahun 2014, International Standard Organization menerbitkan standar nomor 55000 tentang manajemen aset. Standar tersebut muncul untuk menggantikan acuan yang berlaku sebelumnya yaitu PAS-55 yang diterbitkan oleh British Standard Institution pada tahun 2008 (ISO, 2014; BSI, 2008). ISO 55000 dirancang agar dapat dijadikan sebagai pedoman bagi organisasi dalam merintis, menjalankan, dan mempertahankan sistem manajemen aset. Selain itu dokumen tersebut dapat pula dijadikan sebagai pedoman perencanaan, perancangan, dan implementasi dari kegiatan manajemen aset.

ISO 55000 memberikan definisi umum terhadap manajemen aset sebagai kegiatan terkoordinir dari suatu organisasi untuk merealisasikan nilai aset. Hastings kemudian menjabarkan definisi tersebut secara lebih rinci dengan mengatakan bahwa manajemen aset adalah serangkaian kegiatan yang berhubungan dengan identifikasi aset dan pendanaan, akuisisi aset, penyediaan logistik dan pemeliharaan aset, serta penghentian dan peremajaan aset dalam rangka memenuhi tujuan organisasi secara efektif dan efisien. Dengan demikian, manajemen aset tidak hanya terbatas pada kegiatan pemeliharaan untuk menjaga agar aset dapat beroperasi, melainkan juga melibatkan justifikasi teknis dan finansial untuk mencapai tujuan organisasi dengan memanfaatkan aset semaksimal mungkin selama siklus hidupnya.

Meskipun aset secara umum dapat memiliki definisi yang luas, manajemen aset membatasi diri untuk fokus pada lingkup pengelolaan aset fisik (ISO, 2014; Davis, 2012). Hal tersebut bukan berarti bahwa manajemen aset tidak dapat digunakan pada jenis aset lain. Dalam kondisi tertentu, dan dengan penyesuaian yang diperlukan, jenis aset non-fisik dapat dikelola menggunakan konsep manajemen aset. ISO 55000 menjelaskan bahwa ada beberapa faktor yang turut serta mempengaruhi proses manajemen aset, antara lain: tujuan organisasi, konteks operasi, batasan finansial dan regulasi, serta kebutuhan dan ekspektasi para pemangku kepentingan.

Davis menafsirkan manajemen aset sebagai sebuah pola pikir yang memandang aset fisik bukan hanya sekedar benda mati, melainkan sebagai objek dan sistem yang mampu memberikan respon terhadap lingkungan. Manajemen aset juga mengakui bahwa aset memiliki siklus hidup: mengalami penurunan performa seiring dengan pertambahan usia hingga akhirnya mengalami kegagalan. Oleh karena menyadari kenyataan tersebut, manajemen aset akan berusaha untuk mendapatkan nilai manfaat sebesar mungkin dari suatu aset dalam siklus hidupnya, termasuk mempertimbangkan faktor risiko yang menyertai. Dengan demikian, manajemen aset memegang peranan penting dalam seluruh lini organisasi, baik di bidang teknik maupun keuangan.

Berdasarkan tafsiran tersebut, ia kemudian memaknai bahwa prinsip utama manajemen aset berada pada sudut pandang. Artinya, manajemen aset mampu untuk menyelaraskan pengelolaan aset terhadap tujuan organisasi. Selain itu, manajemen aset juga mampu mengidentifikasi, mengakomodir, dan menyelaraskan risiko dalam penggunaan aset terhadap tujuan pengoperasian aset. Sebagai contoh, boleh jadi suatu perusahaan memilih investasi terhadap peralatan yang mahal namun memiliki masa pakai dan keandalan yang jauh lebih tinggi dibanding peralatan murah. Dengan demikian, total biaya siklus hidup aset menjadi lebih rendah. Hal sebaliknya dapat terjadi ketika perusahaan mengurangi intensitas pemeliharaan. Akibat langsung yang ditimbulkan adalah berkurangnya biaya pemeliharaan, namun dampak jangka panjang dapat menyebabkan penurunan performa peralatan bahkan hingga menyebabkan kegagalan dan kerusakan.

Lebih lanjut lagi, Davis menekankan bahwa manajemen aset bukan sekedar disiplin keilmuan di atas kertas, melainkan melibatkan kegiatan praktikal di dalamnya. Namun demikian, kegiatan yang dimaksud bukan hanya sekedar berkutat soal manajemen pemeliharaan, tetapi juga mencakup tahapan desain, pengadaan, pemasangan, komisioning, pengoperasian, bahkan hingga penghentian dan peremajaan aset. Hal lain yang perlu digarisbawahi adalah bahwa manajemen aset berbeda dengan sistem manajemen proyek dan tidak dapat digunakan untuk menggantikan fungsi manajemen mutu.

2.1.1.3. Tujuan Manajemen Aset

Berbagai uraian telah menjelaskan mengenai definisi dari manajemen aset. Dengan demikian, gambaran umum terkait apa-apa yang dilakukan dalam manajemen aset telah dapat dibuat. Selanjutnya akan muncul pertanyaan mengenai apa tujuan dari manajemen aset serta mengapa hal itu harus diimplementasikan. Hal tersebut dapat dijawab dengan cara menilik kembali pada definisi-definisi manajemen aset yang telah dikemukakan.

Tujuan dari manajemen aset dapat ditinjau melalui pendekatan pragmatis dan konseptual (Hastings, 2015). Jika dilihat dari sudut pandang praktikal, manajemen aset bertujuan untuk membantu organisasi dalam mengelola dan mengoperasikan aset guna mendukung kepentingan bisnisnya secara efektif. Pandangan tersebut akan menjadi berbeda manakala sudut pandang yang digunakan diangkat sedikit lebih tinggi lagi. Secara konseptual, manajemen aset bukan hanya sekedar membantu organisasi mengelola aset, melainkan dapat membantu organisasi untuk merealisasikan nilai aset guna mencapai tujuan organisasi dengan menyeimbangkan aspek finansial, lingkungan, risiko, kualitas layanan, dan performa aset.

Penjelasan lebih rinci mengenai tujuan manajemen aset dijabarkan oleh Davis. Ada setidaknya sembilan hal yang dapat diperoleh organisasi ketika menerapkan manajemen aset (Davis, 2012):

1. Mengurangi total biaya pengoperasian aset,
2. Mengurangi modal investasi yang dibutuhkan,
3. Meningkatkan performa operasi aset,
4. Mengurangi potensi dampak kesehatan dari pengoperasian aset,
5. Mengurangi risiko pengoperasian aset,
6. Mengurangi dampak lingkungan dari pengoperasian aset,
7. Meningkatkan reputasi organisasi,
8. Meningkatkan performa regulasi organisasi, serta
9. Mengurangi risiko hukum dalam pengelolaan aset.

Manajemen aset yang baik akan dapat menemukan formulasi yang tepat guna mendapatkan titik temu optimal terhadap kesembilan hal tersebut. Dengan demikian, manajemen aset akan menjadi sebuah aktivitas menyeluruh yang secara eksplisit

berfokus untuk membantu organisasi mencapai tujuannya serta menemukan titik optimal terhadap aktivitas apa yang harus dilakukan.

2.1.1.4. Siklus Hidup Aset

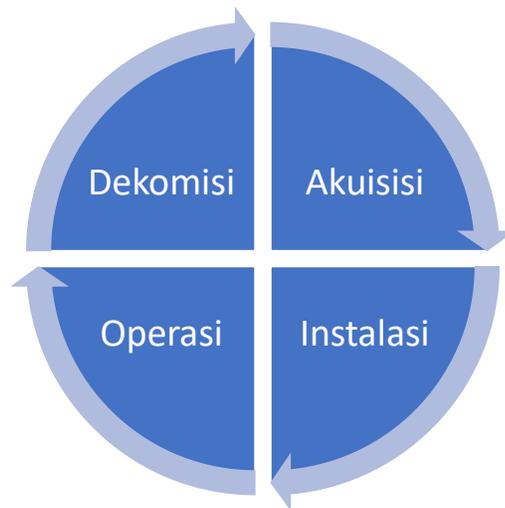
Sudut pandang yang digunakan dalam manajemen aset beranggapan bahwa aset bukan semata benda mati. Aset dianggap memiliki siklus kehidupan, sama seperti makhluk hidup, yang berawal dari kelahiran hingga akhirnya mati. Pembagian fase hidup aset cukup beragam bergantung dari kebutuhan yang sedang dihadapi dalam mengelola aset. Namun secara garis besar tidak akan terpisah dari tiga hal: kelahiran, hidup, dan mati—sama persis seperti makhluk hidup. Selanjutnya pembagian fase lain yang lebih rinci seperti masa balita, remaja, dewasa, dan tua akan sangat bervariasi bergantung pada kebutuhan organisasi.

Pembagian tahapan siklus hidup aset salah satunya dapat dilakukan dengan mengamati biaya yang ditimbulkan (Higham, et al., 2022). Dalam konteks aset bangunan dan gedung, biaya yang muncul dapat meliputi: konstruksi, perpanjangan sewa, operasional, pemeliharaan, dan penghentian atau penghancuran. Gambar 2.1 memberikan rangkuman terkait siklus hidup aset berdasarkan biaya yang ditimbulkan. Kelahiran aset diawali dengan proses konstruksi untuk bangunan baru dan perpanjangan sewa untuk bangunan lama. Selanjutnya aset akan digunakan dalam kegiatan bisnis sehingga menimbulkan biaya operasional. Dalam kurun waktu tertentu, aset perlu untuk dipelihara agar dapat memperpanjang masa pakai dan menjaga performa kerjanya. Setelah aset mencapai penghujung siklus, pemilik aset perlu memikirkan cara yang paling menguntungkan untuk memensiunkan asetnya.



Gambar 2.1 Siklus hidup aset berdasarkan biaya menurut Higham
Sumber: ilustrasi penulis

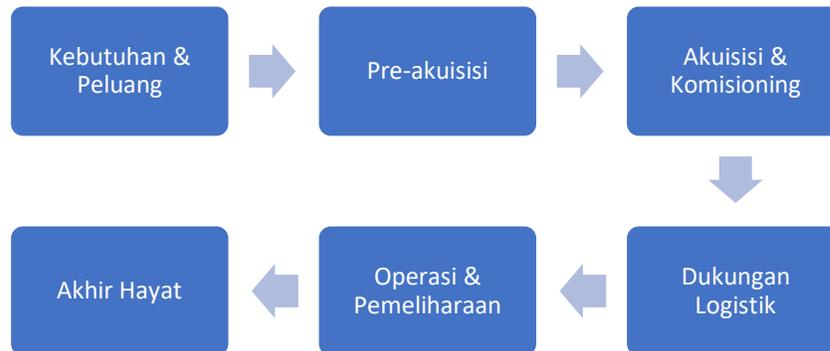
Fase hidup aset dapat pula dikelompokkan menjadi empat tahapan: akuisisi, instalasi, operasi, dan dekomisi (Davis, 2012). Rangkaian fase tersebut dirangkum pada Gambar 2.2. Siklus hidup aset berawal dari akuisisi. Tahapan ini mencakup proses perencanaan dan pengadaan dari aset hingga berpindah kepemilikan kepada organisasi. Selanjutnya adalah tahapan instalasi yang merupakan proses awal pemasangan aset sebelum menjalankan tugasnya. Pada tahapan ini penting untuk memastikan bahwa aset telah siap dan dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Potensi kegagalan aset pada tahap ini lebih tinggi dibanding dengan potensi kegagalan pada tahap operasi. Hal tersebut dikenal dengan istilah tahap kegagalan dini atau *infant mortality stage*. Oleh karenanya diperlukan adanya pemeriksaan yang ketat melalui kegiatan komisioning.



Gambar 2.2 Siklus hidup aset dalam empat tahap menurut Davis
Sumber: ilustrasi penulis

Tahap selanjutnya adalah operasi yang umumnya menjadi tahapan terlama dalam siklus hidup aset. Pada tahapan inilah kebanyakan tindakan pemeliharaan dilakukan untuk memperpanjang usia dan menjaga performa aset. Tahap operasi aset dapat berlangsung dari orde puluhan bahkan ratusan tahun bergantung pada desain awal yang direncanakan. Hal tersebut menjadi tantangan tersendiri dalam penentuan kebijakan dekomisi, yang merupakan fase selanjutnya dari siklus hidup aset, dikarenakan usia hidup aset boleh jadi lebih panjang dibanding usia manusia yang mengelolanya. Dalam beberapa industri, seperti nuklir, tahapan dekomisi menjadi

sangat penting untuk memastikan instalasi nuklir telah ditutup dengan baik dan tidak ada kebocoran radiasi yang tersisa.



Gambar 2.3 Enam tahapan siklus hidup aset menurut Hastings
Sumber: ilustrasi penulis

Dalam skema yang lebih rinci, siklus hidup aset dapat dijabarkan ke dalam enam fase atau tahapan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.3 (Hastings, 2015). Siklus ini diawali dengan identifikasi kebutuhan dan peluang bisnis. Berdasarkan analisa tersebut, maka organisasi akan dapat menentukan langkah selanjutnya untuk melakukan pengadaan dan pembaruan aset. Pengambilan keputusan tersebut dilakukan berdasarkan analisa fisik dan finansial pada tahapan pre-akuisisi. Jika telah didapatkan keputusan penambahan aset, maka tindakan selanjutnya adalah melakukan akuisisi dan komisioning untuk merealisasikan rencana pengadaan yang telah disusun sebelumnya.

Jika dibandingkan dengan siklus yang dikemukakan oleh Davis, maka siklus ini membagi tahapan akuisisi menjadi tiga fase yang lebih rinci: identifikasi kebutuhan dan peluang, pre-akuisisi, serta akuisisi dan komisioning. Dengan pemisahan tersebut, terlihat bahwa ada penekanan yang perlu diperhatikan pada bagian awal siklus hidup aset. Artinya, perencanaan pengadaan aset haruslah dilakukan secara matang hingga diperoleh keputusan akuisisi aset. Namun demikian, hal tersebut tidak berlaku pada tahap instalasi. Terlihat bahwa Hasting menggabungkan fase akuisisi dan instalasi yang dibuat terpisah oleh Davis. Implikasi yang ditimbulkan adalah adanya penekanan bahwa proses pengawasan pada saat komisioning merupakan bagian tak terpisahkan dari tahapan akuisisi aset.

Selanjutnya, muncul tahapan baru dalam proses operasi dan pemeliharaan yaitu dukungan logistik. Tahapan ini dimunculkan guna menekankan pentingnya

peran logistik dalam pengoperasian dan pemeliharaan yang berkelanjutan. Suatu aset tidak akan dapat dioperasikan secara optimal jika tidak didukung dengan perlengkapan yang memadai. Demikian halnya kegiatan pemeliharaan aset tidak dapat dilakukan secara optimal tanpa ada dukungan material dan peralatan yang cukup. Dukungan yang dapat diberikan oleh logistik meliputi namun tidak terbatas pada penyediaan sarana dan prasarana, material habis pakai, serta suku cadang.

Lebih lanjut lagi, Hastings menyampaikan bahwa pengelola aset akan senantiasa terlibat dalam segala aspek yang ada pada siklus hidup aset. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Membantu organisasi dalam mengidentifikasi dan mengakuisisi aset yang diperlukan untuk mendukung tujuan bisnis,
2. Menyediakan masukan dan informasi yang dibutuhkan dalam proses perumusan anggaran kapitalisasi dan operasi di sepanjang siklus hidup aset,
3. Memastikan sistem telah berjalan sebagai mana mestinya guna menunjang siklus hidup aset, serta
4. Menghindari terjadinya kejadian tak terduga yang dapat merugikan organisasi serta menurunkan performa dan nilai aset pada masa mendatang.



Gambar 2.4 Realisasi nilai aset melalui kebijakan manajemen aset
Sumber: ilustrasi penulis

Tata kelola aset yang baik akan menghasilkan realisasi nilai aset yang optimal, meliputi: kreasi dan akuisisi, pengelolaan proyek, rekayasa sistem, operasi dan pemeliharaan, serta rasionalisasi dan dekomisi aset (Lloyd, 2010). Hal ini

membutuhkan dukungan berupa wewenang dan otoritas penggunaan sumber daya yang dibutuhkan untuk memperbaiki, mengelola, dan memelihara aset tersebut. Garis besar mengenai konsep ini disajikan pada Gambar 2.4.

Lloyd menekankan bahwa tantangan terbesar dalam tata kelola aset untuk merealisasikan nilai aset secara optimal berada pada proses integrasi. Artinya, pengelola dituntut untuk bisa membuat kebijakan-kebijakan yang mampu mengamati dan menyentuh seluruh fase yang ada dalam siklus hidup aset. Dengan demikian, sudut pandang pengelola akan menjadi lebih luas untuk menilai seberapa besar manfaat dan kerugian yang ditimbulkan dari suatu tindakan pada salah satu fase. Hal itu dapat terjadi karena pengelola menyadari bahwa sebuah keputusan dapat berimplikasi pada kejadian sebab-akibat yang akan terjadi di kemudian hari.

Secara umum, delapan puluh persen biaya hidup aset dikeluarkan untuk keperluan operasi dan pemeliharaan. Meski demikian, hal tersebut tidak seketika membuat tahapan ini menjadi tahapan paling kritis dalam siklus hidup aset. Pada kenyataannya, biaya yang timbul pada masa operasi dan pemeliharaan merupakan implikasi dari keputusan yang diambil pada tahap desain dan perencanaan pengadaan aset. Oleh karenanya, Lloyd merekomendasikan agar personil yang akan bekerja pada tahap operasi dan pemeliharaan harus turut serta dan terlibat sedini mungkin dalam proses desain dan perencanaan pengadaan aset. Hal tersebut bersifat mandatori untuk memastikan efektivitas biaya operasional dan pemeliharaan aset, meskipun boleh jadi membutuhkan biaya awal yang lebih tinggi.

2.1.1.5. Manajemen Risiko

Berbagai teknik telah dikembangkan untuk melakukan kuantifikasi terhadap risiko suatu kejadian atau keadaan. Hal tersebut bertujuan untuk memberikan teknik pengelolaan risiko yang lebih sistematis dengan parameter yang terukur. Matriks berdimensi 5x5 adalah metode yang paling umum digunakan oleh organisasi dan entitas dalam melakukan pengukuran risiko. Matriks tersebut dirancang berdasarkan definisi dari risiko sebagai hasil perkalian dari probabilitas terjadinya kegagalan terhadap tingkat dampak dan konsekuensi yang ditimbulkan (Lloyd, 2010). Namun demikian, dimensi dari matriks ini tidak bersifat mutlak dan masih dapat disesuaikan dengan resolusi yang dibutuhkan oleh organisasi pengelola risiko.

Selanjutnya, Lloyd menjelaskan bahwa analisa yang dilakukan terhadap matriks risiko umumnya akan menghasilkan tiga buah zona risiko: dapat diterima (*acceptable*), dapat ditolerir (*tolerable*), dan tidak dapat diterima (*intolerable*). Zona pertama menandakan bahwa risiko yang dihadapi cukup rendah dan mitigasi yang telah dilakukan dirasa cukup efektif. Zona berikutnya menunjukkan bahwa terdapat risiko yang masih dapat diturunkan namun masih dapat diterima oleh organisasi. Umumnya, risiko yang terjadi pada zona ini membutuhkan biaya mitigasi yang tidak sepadan dengan penurunan tingkat risiko yang dihasilkan sehingga organisasi akan cenderung menerima risiko tersebut tanpa melakukan mitigasi tambahan. Zona terakhir menunjukkan bahwa risiko yang dihadapi dianggap terlalu besar dan harus dilakukan mitigasi guna menurunkan tingkat risiko apabila tetap ingin melakukan alternatif tersebut.

Lloyd menegaskan bahwa tata kelola aset yang baik harus melibatkan faktor risiko dalam usaha untuk mendapatkan titik optimum antara biaya dan risiko yang dihadapi sepanjang siklus hidup aset. Beberapa permasalahan yang mungkin timbul dalam pengelolaan risiko di antaranya adalah perlunya evaluasi terhadap metode asesmen. Perbedaan teknik kuantifikasi akan menimbulkan perbedaan persepsi akhir dari kesimpulan analisa risiko. Selain itu, adanya potensi konflik antara manajemen risiko pada level aset dan level sistem juga perlu menjadi fokus perhatian. Hal tersebut dapat terjadi dalam sebuah sistem yang kompleks sebagai konsekuensi dalam usaha mencapai tingkat risiko ideal pada sistem secara keseluruhan dengan mengorbankan beberapa aset individu untuk dihadapkan dengan tingkat risiko tinggi.

Guna dapat memahami manajemen risiko secara lebih holistik, perlu ada definisi yang jelas mengenai risiko. Secara umum, risiko dapat didefinisikan sebagai potensi kehilangan, kerusakan, dan kondisi lain yang tidak diinginkan (Davis, 2012). Oleh karenanya, mengelola risiko menjadi perihal yang krusial untuk dilakukan bagi para pengelola aset berkenaan dengan tanggung jawabnya untuk melakukan optimasi terhadap aset organisasi guna mendapat keuntungan terbaik. Implikasi dari kewajiban tersebut adalah penerbitan berbagai kebijakan dan keputusan pengelolaan yang dirasa terbaik guna mencapai tujuan organisasi.

Selanjutnya Davis menjelaskan metode kuantifikasi risiko yang senada dengan apa yang disampaikan oleh Lloyd bahwa risiko dapat didefinisikan sebagai

perkalian dari probabilitas kegagalan terhadap konsekuensi yang ditimbulkan. Hal ini dilakukan guna memudahkan para pengelola aset untuk melakukan justifikasi dalam pengambilan keputusan pengelolaan aset. Dengan adanya metode kuantifikasi yang baku, pengelola aset dapat memperkirakan bagaimana dampak suatu keputusan terhadap kinerja aset di masa mendatang. Lebih lanjut lagi, jika terdapat beberapa alternatif solusi, dapat dilakukan komparasi dampak di masa mendatang dari masing-masing alternatif guna mendapatkan solusi terbaik bagi organisasi.

Dalam mengelola risiko, para manajer aset cenderung akan memilih untuk fokus pada salah satu aspek antara menurunkan potensi kegagalan atau mengurangi dampak yang ditimbulkan. Solusi yang dilakukan pun boleh jadi akan melibatkan peran berbagai departemen dan bahkan organisasi —serta sumber anggaran— yang berbeda. Oleh karenanya, pemilihan keputusan yang tepat akan menjadi penting dengan melakukan optimasi terhadap berbagai aspek tersebut sebagai esensi utama dari keilmuan manajemen aset.

Dalam sudut pandang finansial, manajemen risiko dilakukan guna menjalankan dua buah fungsi utama (Esch, et al., 2005):

1. Mempelajari berbagai faktor, baik terukur maupun tak terukur, berkaitan dengan relasi organisasi dengan individu maupun entitas hukum lain yang berpotensi menimbulkan ancaman terhadap perolehan keuntungan dari pemanfaatan suatu aset maupun ancaman terhadap aset itu sendiri.
2. Menyediakan solusi untuk mengatasi berbagai permasalahan yang muncul baik pada level strategis, teknis, maupun operasional.

Esch memberikan penjelasan lebih rinci mengenai cakupan faktor risiko terukur sebagai berikut:

1. Risiko pasar yang didefinisikan sebagai perubahan variable nilai pasar yang berkaitan dengan organisasi seperti: perubahan suku bunga, perubahan harga, dan sebagainya.
2. Risiko kredit yang muncul ketika mitra kerja tidak dapat atau tidak bersedia untuk memenuhi kewajiban kontraktual atau dapat disebut wanprestasi.

Sedangkan yang termasuk dalam cakupan faktor risiko tak terukur adalah sebagai berikut:

1. Risiko hukum yang berpotensi menimbulkan konsekuensi finansial.
2. Risiko media yang berpengaruh terhadap citra organisasi.
3. Risiko operasional sebagai akibat dari kegagalan dan kesalahan pada proses, sistem, maupun personil internal organisasi.

Selanjutnya, Esch juga memberikan penjelasan lebih rinci terkait level pengelolaan risiko sebagai berikut:

1. Level strategis, berkaitan dengan kebijakan umum dalam pengelolaan risiko.
2. Level teknis, berkaitan dengan asesmen terhadap aspek ekonomis dan operasional sebelum melaksanakan aktivitas baru.
3. Level operasional, merupakan garda terdepan berkaitan dengan pengawasan secara langsung terhadap kemampuan dan kepatuhan organisasi dalam penggunaan sumber daya yang ada.

2.1.1.6. Pola Pemeliharaan

Fase operasi pada umumnya merupakan fase paling panjang yang dialami oleh sebuah aset dalam siklus hidupnya. Oleh karenanya, kegiatan pemeliharaan memegang peranan kunci dalam rangka memperpanjang usia pakai atau masa operasi aset. Terdapat berbagai metode pemeliharaan yang telah dikembangkan dan digunakan dalam berbagai sektor bisnis maupun organisasi, di antaranya: RCM, RBI, dan TPM (Lloyd, 2010).

Pemeliharaan berbasis keandalan, dalam bahasa Inggris *reliability centered maintenance* dan disingkat RCM, pada mulanya dikembangkan oleh industri aviasi sipil Amerika Serikat guna menghasilkan sebuah aturan logis dalam rangka menentukan strategi pemeliharaan yang tepat untuk digunakan pada berbagai komponen dengan variasi modus dan konsekuensi kegagalan yang berbeda. Dengan demikian, metode ini diharapkan dapat meningkatkan keandalan dari pesawat terbang dan meminimalisir kecelakaan yang dapat berakibat fatal. Pola pemeliharaan ini dapat dikatakan sebagai pengembangan metode analisa FMEA dengan perhatian lebih pada fungsi dari masing-masing komponen peralatan.

Inspeksi berbasis risiko, dalam bahasa Inggris *risk-based inspection* dan disingkat RBI, merupakan metode untuk menentukan kritikalitas suatu komponen sistem berdasarkan kriteria tingkat dampak dan kemungkinan terjadinya suatu kegagalan. Dalam implementasinya, akan dilakukan monitoring kondisi peralatan secara kontinyu untuk kemudian digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan terkait teknik pemeliharaan apa yang akan digunakan. Umumnya, metode ini digunakan dalam sektor industri yang berinteraksi dengan peralatan yang memiliki risiko untuk mengalami degradasi kondisi secara konstan dan signifikan seperti korosi. Sektor tersebut dapat meliputi industri pengolahan hidrokarbon, perkapalan, perpipaan, dan sebagainya.

Pemeliharaan produktif total, dalam bahasa Inggris *total productive maintenance* dan disingkat TPM, merupakan konsep dalam pengelolaan aset yang banyak digunakan pada sektor manufaktur. Pada mulanya, TPM dikembangkan oleh Toyota guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja operator dengan harapan dapat meningkatkan *value for money* bagi pelanggan. Terdapat lima strategi kunci yang dijadikan sebagai dasar penerapan TPM:

1. Memaksimalkan efektivitas peralatan total (*overall equipment effectiveness*);
2. Menciptakan perencanaan pemeliharaan pada seluruh siklus hidup aset;
3. Melibatkan seluruh departemen yang merencanakan, menggunakan, dan mengelola peralatan;
4. Melibatkan seluruh karyawan mulai dari akar rumput hingga ke manajemen puncak;
5. Memastikan rencana pemeliharaan diketahui oleh seluruh karyawan melalui motivasi dan kerja tim mandiri.

2.1.2. Kebijakan Manajemen Aset PLN

Pemerintah Indonesia mencanangkan Program Pembangunan Ketenagalistrikan 35.000 MW sebagai solusi pemenuhan kebutuhan energi listrik nasional. Ruang lingkup program tersebut meliputi pengembangan terhadap tiga hal yang merupakan proses bisnis utama PLN: pembangkit, jaringan transmisi dan gardu induk, serta jaringan distribusi (Presiden Republik Indonesia, 2017; Presiden Republik Indonesia, 2016). Oleh karenanya, PLN merumuskan strategi untuk mengawal

keberjalanan program tersebut dengan tetap menjaga keselarasannya terhadap tujuan dan arah gerak perusahaan.

Kebijakan perusahaan yang dibuat oleh PLN berkaitan dengan program tersebut dituangkan dalam dokumen Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik—RUPTL. Dokumen tersebut disusun sebagai pedoman dan acuan pengembangan sarana ketenagalistrikan agar dapat direalisasikan seacara efisien, terencana, dan berwawasan lingkungan. Fokus utama yang ingin dicapai adalah pemenuhan kapasitas dan energi listrik, pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan, serta peningkatan efisiensi dan kinerja sistem ketenagalistrikan yang meliputi tiga proses bisnis utama perusahaan: pembangkitan, penyaluran, dan distribusi (PT PLN (Persero), 2019).



Gambar 2.5 Seperangkat PMT pada *switchyard* gardu induk
Sumber: dokumentasi penulis

Berbagai kebijakan pada level operasional dibuat guna memenuhi rencana yang tertuang dalam RUPTL, salah satunya adalah kebijakan terkait pengelolaan aset. Hal tersebut penting untuk dilakukan guna mendapatkan peningkatan efisiensi dan keandalan sistem ketenagalistrikan. Kebijakan ini selanjutnya diperinci lagi dalam beberapa bidang, salah satunya adalah pemeliharaan aset sistem penyaluran melalui Keputusan Direksi No. 520.K/DIR/2014 perihal Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Sistem Transmisi yang terdiri dari tiga bagian: pemeliharaan peralatan primer, sekunder, dan jaringan transmisi (PT PLN (Persero), 2014).

2.1.2.1. Instalasi Tegangan Tinggi

Energi listrik disalurkan dari pembangkit kepada pelanggan melalui sistem transmisi tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi. Penyaluran dilakukan dari gardu induk satu menuju gardu induk lain sebelum akhirnya didistribusikan kepada masyarakat menggunakan jaringan tegangan menengah dan tegangan rendah. Peralatan Utama Gardu Induk, atau disebut juga Material Transmisi Utama, adalah peralatan yang digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik yang terdiri dari: PMT, PMS, CT, CVT, dan LA (PT PLN (Persero), 2013; PT PLN (Persero), 2013).

2.1.2.1.1. Pemutus Tenaga

International Electrotechnical Commission menerbitkan standar nomor 60050 tentang kosakata elektroteknik. Berdasarkan standar tersebut, Pemutus Tenaga, atau disingkat PMT, didefinisikan sebagai peralatan saklar mekanis yang mampu mengalirkan dan memutus arus dalam kondisi operasi normal serta mampu mengalirkan arus selama periode tertentu dan memutusnya dalam kondisi abnormal seperti halnya jika terjadi arus hubung singkat (IEC, 2021).

Tabel 2.1 Klasifikasi PMT

No	Dasar Klasifikasi	Jenis	Keterangan
1	Tegangan Operasi	Rendah Menengah Tinggi Ekstra Tinggi	0.1 s.d. 1 kV 1 s.d. 35 kV 35 s.d. 245 kV > 245 kV
2	Jumlah Penggerak	Single Pole Three Pole	Satu penggerak pada tiap <i>pole</i> Satu penggerak untuk semua <i>pole</i>
3	Media Isolasi	SF6 Minyak Udara Hembus Vakum	Menggunakan gas SF6 Menggunakan minyak Udara yang dihembuskan Ruangan hampa udara
4	Pemadaman Busur Api	Tekanan Tunggal Tekanan Ganda	Satu jenis tekanan Tekanan rendah dan tinggi

Sumber: PLN, 2014

Definisi senada juga disampaikan oleh Institute of Electrical and Electronics Engineers melalui standar nomor C37.100 bahwa PMT adalah peralatan saklar mekanis yang mampu mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal

sesuai dengan ratingnya serta mampu mengalirkan arus beban selama periode tertentu dan memutusnya dalam kondisi spesifik ketika terjadi gangguan atau kondisi abnormal lain sesuai dengan ratingnya (IEEE, 1992).

Berdasarkan definisi tersebut, PLN mendefinisikan bahwa PMT, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.5, memiliki fungsi utama sebagai perangkat untuk membuka dan menutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban. Fungsi tersebut harus dapat dilakukan dalam dua kondisi waktu: saat operasi normal serta saat terjadi arus hubung singkat pada jaringan atau peralatan lain (PT PLN (Persero), 2014). Lebih lanjut lagi, PLN juga membagi PMT ke dalam beberapa klasifikasi sebagaimana terlihat dalam Tabel 2.1.

2.1.2.1.2. Pemisah

International Electrotechnical Commission menerbitkan standar nomor 60050 tentang kosakata elektroteknik. Berdasarkan standar tersebut, Pemisah, atau disingkat PMS, didefinisikan sebagai peralatan saklar mekanis yang mampu menyediakan jarak insulasi untuk memisahkan rangkaian elektrik sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan (IEC, 2021). Adapun Gambar 2.6 menunjukkan bentuk fisik dari PMS yang terpasang pada gardu induk.

Secara lebih rinci, IEC menerangkan bahwa PMS dapat beroperasi untuk membuka dan menutup dalam kondisi adanya aliran arus beban yang tidak signifikan dan dapat diabaikan. Artinya, perangkat ini tidak dapat digunakan untuk memutus aliran daya seperti yang dilakukan oleh PMT. Beban pada rangkaian harus sudah dihentikan sebelum PMS dapat dioperasikan untuk membuka dan menutup. Selain itu, PMS harus memiliki kemampuan untuk dapat beroperasi mengalirkan arus selama periode waktu tertentu ketika terjadi arus hubung singkat atau kondisi abnormal lainnya.

Berdasarkan definisi tersebut, PLN mendefinisikan bahwa PMS memiliki fungsi utama sebagai alat untuk memisahkan tegangan pada peralatan instalasi tegangan tinggi (PT PLN (Persero), 2014). Lebih lanjut lagi, PLN membagi fungsi PMS menjadi dua: pemisah peralatan dan pemisah tanah. Pada pemisah peralatan, perangkat ini berfungsi untuk memisahkan suatu peralatan dari peralatan atau dari instalasi lain yang bertegangan. Sedangkan pada pemisah tanah, perangkat difungsikan untuk mengamankan rangkaian dari arus yang mungkin muncul akibat

induksi atau kontak lain yang tidak diinginkan. Hal ini penting dan berguna sebagai pengaman bagi pekerja yang sedang bersentuhan langsung dengan peralatan.



Gambar 2.6 Seperangkat PMS pada *switchyard* gardu induk
Sumber: dokumentasi penulis

Berdasarkan posisi penempatannya dalam konfigurasi suatu rangkaian elektrik, PMS dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. PMS Line, terpasang dan terhubung dengan penghantar;
2. PMS Bus, terpasang dan terhubung dengan busbar;
3. PMS Kabel, terpasang dan terhubung dengan kabel;
4. PMS Seksi, memisahkan busbar menjadi dua seksi;
5. PMS Tanah, terpasang pada penghantar/kabel dan terhubung ke tanah.

2.1.2.1.3. Trafo Arus

Trafo arus adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus yang mengalir pada instalasi tegangan tinggi pada sisi primer. Hal tersebut dilakukan dengan cara melakukan transformasi besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang lebih kecil secara akurat dan teliti dengan proporsi yang telah ditentukan. Hasil pengukuran umumnya dapat digunakan untuk kepentingan pembacaan/*metering* dan proteksi. Selain itu, perangkat ini juga berfungsi untuk mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer guna mengamankan operator dan petugas yang melakukan pengukuran agar tidak langsung berinteraksi

dengan rangkaian tegangan tinggi. Sebagai pelengkap, bentuk fisik dari CT dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Seperangkat CT pada *switchyard* gardu induk
Sumber: dokumentasi penulis

Berdasarkan fungsinya, trafo arus dapat dibedakan menjadi dua jenis: trafo arus pengukuran dan trafo arus proteksi. Perbedaan mendasar di antara keduanya terletak pada kemampuan pembacaan. Trafo arus pengukuran harus memiliki ketelitian tinggi pada saat berada dalam kondisi operasi normal karena perangkat ini digunakan untuk melakukan pembacaan arus secara berkala maupun secara kontinu sesuai peruntukannya. Sedangkan trafo arus proteksi harus memiliki ketelitian tinggi pada saat terjadi gangguan yang menyebabkan arus mengalir beberapa kali lebih tinggi dibandingkan kondisi operasi normal. Pembacaan tersebut selanjutnya digunakan sebagai masukan oleh sistem proteksi.

Selain berdasarkan fungsi, trafo arus juga dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis. Hal tersebut dilakukan berdasarkan beberapa hal yang membedakan seperti: tipe konstruksi, tipe pasangan, konstruksi belitan, konstruksi inti, jenis isolasi, serta jumlah inti. Tabel 2.2 memberikan rangkuman mengenai klasifikasi trafo arus secara lebih rinci.

Tabel 2.2 Klasifikasi trafo arus

No	Dasar Klasifikasi	Jenis
1	Tipe Konstruksi	Cincin, cor, tangki minyak, bushing
2	Tipe Pasangan	Indoor, outdoor
3	Konstruksi Belitan	Batang, lilitan
4	Konstruksi Inti	Inti besi, tanpa inti besi
5	Jenis Isolasi	Kering, resin, minyak, SF6
6	Jumlah Inti	Tunggal, banyak

Sumber: PLN, 2014

2.1.2.1.4. Trafo Tegangan

International Electrotechnical Commission menerbitkan standar nomor 60050 tentang kosakata elektroteknik. Berdasarkan standar tersebut, Trafo tegangan didefinisikan sebagai perangkat trafo dengan tegangan sekunder yang pada prinsipnya proporsional terhadap tegangan primer dengan perbedaan sudut fasa mendekati nol pada saat dirangkai dalam koneksi yang sesuai (IEC, 2021).



Gambar 2.8 Proses penggantian CVT pada gardu induk
Sumber: dokumentasi penulis

Menggunakan prinsip yang sama, PLN membuat definisi yang lebih sederhana mengenai trafo tegangan, yaitu peralatan yang dapat mentransformasi tegangan sistem menjadi tegangan sistem lain yang lebih rendah untuk keperluan

indikator, alat ukur, dan proteksi (PT PLN (Persero), 2014). Definisi tersebut diperoleh berdasarkan fungsi penggunaan aktual dari trafo arus yang dipergunakan pada instalasi gardu induk.

Secara lebih rinci, PLN menjelaskan bahwa trafo tegangan, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.8, memiliki prinsip kerja yang sama dengan trafo tenaga. Namun demikian, terdapat beberapa perbedaan rancang bangun trafo tegangan jika dibandingkan dengan trafo tenaga:

1. Memiliki kapasitas yang lebih kecil,
2. Memiliki tingkat ketelitian yang lebih tinggi,
3. Digunakan pada alat dengan konsumsi daya kecil,
4. Salah satu ujung terminal tegangan tinggi selalu ditanahkan.

Selanjutnya, PLN menjelaskan bahwa trafo tegangan memiliki beberapa fungsi, di antaranya:

1. Mengubah besaran tegangan sistem menjadi besaran yang lebih rendah agar dapat digunakan pada peralatan proteksi dan pengukuran secara lebih akurat, teliti, dan aman.
2. Mengisolasi bagian primer yang bertegangan tinggi dari bagian sekunder yang terhubung dengan sistem proteksi dan pengukuran.
3. Menjadi acuan standarisasi besaran tegangan sekunder.

Berdasarkan konstruksinya, trafo tegangan dapat dibedakan menjadi dua jenis: trafo tegangan magnetik, dalam bahasa inggris *Magnetic Voltage Transformer* dan disingkat VT, serta trafo tegangan kapasitif, dalam bahasa inggris *Capacitive Voltage Transformer* dan disingkat CVT. Jenis trafo tegangan pertama bekerja menggunakan prinsip induksi yang terjadi dari belitan primer terhadap belitan sekunder melalui inti besi, sama seperti trafo pada umumnya. Sedangkan jenis trafo tegangan berikutnya bekerja menggunakan prinsip kerja pembagi tegangan dengan memanfaatkan keberadaan dua atau lebih kapasitor seri di dalam rangkaianannya.

2.1.2.1.5. Pemotong Surja

International Electrotechnical Commission menerbitkan standar nomor 60050 tentang kosakata elektroteknik. Berdasarkan standar tersebut, pemotong surja

didefinisikan sebagai sebuah perangkat proteksi surja yang dirancang untuk dapat membatasi durasi dan terkadang amplitudo arus ikutan (IEC, 2021). Sejalan dengan hal tersebut, PLN menjelaskan bahwa pemotong surja adalah peralatan yang berfungsi melindungi peralatan listrik lain dari tegangan surja, baik surja hubung maupun surja petir (PT PLN (Persero), 2014).



Gambar 2.9 Seperangkat LA pada *switchyard* gardu induk
Sumber: dokumentasi penulis

Surja dapat merambat melalui konduktor jaringan transmisi pada beberapa kondisi sebagai berikut:

1. Kegagalan sudut perlindungan petir, sehingga surja petir mengalir di dalam konduktor fasa,
2. Terjadinya *back flashover* akibat tingginya nilai pentanahan pada peralatan gardu induk maupun saluran transmisi.
3. Proses buka/tutup, atau disebut *switching*, peralatan PMT dan PMS.
4. Terjadinya gangguan fasa-fasa atau fasa-tanah pada saluran transmisi maupun pada gardu induk.

Perangkat pemotong surja, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.9, harus memiliki karakteristik sebagai insulator pada saat beroperasi pada kondisi normal. Hal ini penting agar tidak terjadi kebocoran arus atau bahkan arus hubung singkat dari peralatan yang bertegangan menuju tanah. Namun demikian, kebocoran arus dalam

orde tertentu, umumnya miliampere, masih diizinkan untuk terjadi. Selain itu, perangkat ini harus dapat berubah karakteristiknya menjadi bersifat konduktif dengan nilai resistansi serendah mungkin bilamana terjadi surja petir maupun surja hubung. Dengan demikian, arus surja dalam orde kiloampere dapat mengalir menuju tanah. Setelah arus surja berhasil disalurkan, perangkat pemotong surja harus dapat segera kembali menjadi insulator guna mencegah terjadinya arus ikutan.

Berdasarkan lokasi pemasangannya, pemotong surja dapat dibagi menjadi dua: pemotong surja untuk gardu induk dan pemotong surja untuk saluran transmisi. Dari segi material insulasi, perangkat ini dapat pula dibedakan berdasarkan jenis isolatornya: porselin dan polimer. Selain itu, jika dilihat dari segi konstruksi, pemotong surja dapat dibedakan menjadi: pemotong surja dengan jarak dan tanpa jarak.

2.1.2.2. Pola Pemeliharaan

Aset dan peralatan digunakan oleh suatu organisasi untuk diambil nilai manfaatnya. Tak dapat dipungkiri, aset dan peralatan tersebut memiliki keterbatasan secara fisik dan dapat mengalami kerusakan. Berbagai upaya dilakukan dalam bentuk kegiatan pemeliharaan dilakukan guna memperpanjang usia pakai suatu aset. Beberapa pola pemeliharaan yang dapat dilakukan antara lain: pemeliharaan korektif, preventif, dan prediktif.

Pemeliharaan korektif didefinisikan sebagai tindakan yang dilakukan untuk memulihkan kondisi peralatan yang mengalami kerusakan agar dapat kembali menjalankan fungsinya (IEC, 2021). Dengan demikian, tindakan baru dilakukan setelah terjadi kerusakan. Model pemeliharaan seperti ini akan menyebabkan adanya periode dimana peralatan tidak beroperasi akibat kerusakan. Kondisi tersebut dapat menimbulkan kerugian bagi pemilik aset berupa penurunan produktivitas yang dalam kondisi tertentu dapat memberi konsekuensi finansial. PLN menerapkan pola pemeliharaan ini pada kondisi-kondisi khusus utamanya yang berkaitan dengan kerusakan akibat sebab kahar atau hal lain di luar prediksi manusia.

Pemeliharaan preventif didefinisikan sebagai upaya yang dilakukan untuk mencegah penurunan performa peralatan dan mengurangi risiko kegagalan peralatan (IEC, 2021). Pemeliharaan dilakukan secara berkala pada interval waktu tertentu. Pemilihan interval waktu tersebut didasarkan pada prediksi waktu rata-rata antar kegagalan yang terjadi pada peralatan, umumnya diperoleh dari data statistik riwayat

penggunaan. Pemilihan dilakukan sebelum tiba waktu estimasi terjadinya kegagalan guna mencegah agar kegagalan tersebut tidak terjadi. Sebagian besar aset PLN dikelola menggunakan pendekatan ini dengan rentang waktu pemeliharaan tahunan, dua tahunan, maupun lima tahunan bergantung pada jenis aset yang dikelola.

Permeliharaan prediktif dilakukan berdasarkan asesmen kondisi fisik dari peralatan (IEC, 2021). Hal ini melibatkan yang dilakukan secara berkala untuk memantau performa dan kondisi aset. Dengan mengetahui hasil asesmen kondisi aset dan membandingkannya dengan hasil sebelumnya, maka dapat diperkirakan adanya anomali dan degradasi yang terjadi pada aset yang dapat dijadikan sebagai acuan perkiraan terjadinya kegagalan di masa mendatang. Ketika mulai didapati indikasi anomali maupun penurunan performa kerja peralatan, maka saat itulah pemeliharaan harus dilakukan. Oleh karena karakteristik tersebut, pola pemeliharaan ini kerap disebut sebagai pemeliharaan berbasis kondisi atau dalam bahasa Inggris disebut *condition-based maintenance* dan disingkat CBM. Sebagian besar aset PLN yang bersifat kritical dipelihara menggunakan metode ini secara beriringan dengan pemeliharaan preventif.

Dalam mengelola aset, PLN menerapkan ketiga jenis pemeliharaan tersebut dan merangkumnya menjadi inspeksi berjenjang dalam tiga tingkatan. Adapun rincian pekerjaan yang dilakukan pada masing-masing level/tingkatan dijabarkan melalui uraian sebagai berikut.

2.1.2.2.1. Inspeksi Visual (Level 1)

Kegiatan ini dilakukan dengan cara melakukan pemeriksaan terhadap peralatan yang sedang beroperasi menggunakan kelima panca indera yang dimiliki oleh manusia. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi peralatan secara umum melalui pembacaan parameter dan indikator yang ada serta untuk mendeteksi kemungkinan adanya anomali ringan yang terjadi pada peralatan. Inspeksi dilakukan secara berkala sesuai dengan ketentuan pemeliharaan masing-masing peralatan dalam rentang waktu harian, mingguan, bulanan, triwulanan, dan tahunan.

2.1.2.2.2. Monitoring Online (Level 2)

Kegiatan ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran kondisi peralatan dalam keadaan beroperasi menggunakan alat ukur. Secara umum, pemeliharaan

pada level ini diutamakan untuk mendeteksi adanya kenaikan suhu yang tidak diinginkan, atau dikenal sebagai *hotspot*, pada peralatan yang bertegangan. Hal ini dilakukan untuk melakukan deteksi dini terjadinya anomali dan mencegah kerusakan yang lebih serius pada peralatan. Inspeksi dilakukan dalam rentang waktu mingguan dan bulanan menggunakan alat termovisi.

2.1.2.2.3. Pemeliharaan Offline (Level 3)

Kegiatan pemeliharaan secara berkala dilakukan setiap dua tahun sekali dalam kondisi peralatan tidak bertegangan. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui kondisi peralatan dengan menggunakan alat ukur dan alat uji terhadap item pengujian sesuai dengan kaidah FMEA. Pekerjaan ini melibatkan regu pemeliharaan yang dibekali keterampilan untuk melakukan pengujian peralatan tegangan tinggi serta menggunakan bantuan peralatan khusus untuk tiap item uji.

2.1.2.3. Asesmen Hasil Pemeliharaan

Evaluasi yang dilakukan terhadap hasil uji pemeliharaan akan memberikan gambaran mengenai kondisi MTU. Lebih lanjut lagi, data tersebut dapat dianalisa untuk memperkirakan potensi terjadinya kerusakan pada peralatan. Salah satu metode analisa yang dapat digunakan untuk menghasilkan perkiraan tersebut adalah Analisa Modus dan Efek Kegagalan, dalam bahasa inggris *Failure Mode Effect Analysis* dan disingkat FMEA. Analisa ini dilakukan menggunakan metode sistematis guna mengidentifikasi dan mencegah permasalahan yang dapat muncul pada sebuah sistem dan proses sebelum hal tersebut terjadi (McDermott, et al., 2009).

Hasil akhir yang ingin dicapai dari FMEA adalah menemukan semua kemungkinan terkait cara suatu sistem atau proses dapat mengalami kegagalan. Suatu produk dianggap gagal apabila tidak lagi dapat menjalankan fungsi utama sesuai dengan kriteria desain awal. Kegagalan yang dimaksud tidak hanya terikat pada persoalan teknis, melainkan juga turut memperhatikan kegagalan yang disebabkan oleh kelalaian manusia selaku pengguna dan operator peralatan. Cara suatu produk mengalami kegagalan disebut sebagai modus kegagalan (*failure mode*) sedangkan dampak dari kegagalan disebut sebagai efek kegagalan (*failure effect*). Dua hal tersebut merupakan fokus utama dari metode analisa ini.

Lebih lanjut lagi, McDermott menjelaskan bahwa analisa yang dilakukan menggunakan metode FMEA akan melibatkan sepuluh langkah berikut:

1. Melakukan peninjauan terhadap sistem/proses/produk,
2. Melakukan curah pendapat (*brainstorming*) terkait potensi modus kegagalan,
3. Menuliskan potensi dampak kegagalan,
4. Memberikan peringkat keparahan (*severity*) terhadap dampak yang dihasilkan dari masing-masing modus kegagalan,
5. Memberikan peringkat kebolehjadian (*likelihood*) terhadap masing-masing modus kegagalan,
6. Memberikan peringkat keterbacaan (*detection*) dari masing-masing modus dan/atau dampak kegagalan,
7. Menghitung nilai RPN (*Risk Priority Number*) dari masing-masing dampak kegagalan sesuai dengan Persamaan 2.1,
8. Menentukan mode kegagalan prioritas yang akan ditangani,
9. Melakukan tindakan untuk mengurangi mode kegagalan dengan risiko tinggi,
10. Menghitung kembali nilai RPN setelah dilakukan tindakan penanganan.

$$RPN = severity \times occurrence \times detection \quad (2.1)$$

PLN menjadikan analisa FMEA sebagai dasar utama yang digunakan untuk menentukan komponen yang akan diperiksa dan dipelihara. Proses perumusan tersebut dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mendefinisikan sistem/peralatan beserta fungsinya,
2. Menentukan subsistem beserta fungsinya,
3. Menentukan kegagalan yang dapat terjadi pada masing-masing subsistem
4. Menentukan modus kegagalan tiap subsistem.

Analisa tersebut dilakukan terhadap seluruh MTU yang dioperasikan sedemikian rupa sehingga dapat menjadi pedoman yang digunakan dalam kegiatan pemeliharaan rutin bagi seluruh unit pengelola sistem transmisi.

Selanjutnya berdasarkan berdasarkan hasil analisa FMEA, dilakukan langkah operasionalisasi konsep asesmen tersebut ke dalam sebuah model matematis. Pada

kondisi saat ini, terdapat beberapa perbedaan metode yang digunakan oleh masing-masing unit induk di PLN dalam perumusan model matematis tersebut. Perbedaan tersebut berada pada teknik pengambilan keputusan yang dilakukan akibat penyesuaian terhadap profil dan selera risiko dari masing-masing manajemen unit induk yang ada. Adapun beberapa perbedaan tersebut dirangkum dan disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komparasi model asesmen MTU unit induk

No	Unit Induk	Skala Penilaian	Kriteria Keputusan
1	UIT JBB	1, 6, 9 (linear, diskrit)	Kondisi terburuk
2	UIT JBT	1-100 (logaritmik, kontinyu)	Skor total / Penjumlahan
3	UIT JBM		
4	UIP3B Sumatera	1-9 (linear, kontinyu)	Kondisi terburuk + SAW
5	UIP3B Kalimantan		
6	UIP3B Sulawesi	1-9 (linear, kontinyu)	AHP + SAW

Sumber: PLN, 2023

2.1.2.3.2. Pemutus Tenaga

Perangkat PMT terdiri dari beberapa subsistem yang memiliki beberapa komponen. Pembagian tersebut dilakukan berdasar kaidah FMEA dan terdiri dari: subsistem primer, sekunder, dielektrik, dan penggerak. Setiap subsistem memiliki fungsi masing-masing dengan risiko dan potensi penyebab kegagalan yang berbeda.

Subsistem primer berfungsi untuk menyalurkan arus beban dengan kerugian sekecil mungkin pada saat rangkaian ditutup. Dengan kata lain, bagian ini berperan sebagai penghantar untuk mengalirkan arus dari sumber menuju beban. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah manakala arus tidak dapat mengalir atau aliran arus tidak lancar dan menimbulkan kerugian berupa panas.

Subsistem sekunder berfungsi untuk mengirim sinyal kontrol yang akan menggerakkan subsistem mekanik untuk membuka atau menutup rangkaian. Kegagalan yang mungkin terjadi dapat berupa dua kondisi: subsistem mekanik tidak bergerak saat diberi perintah dan subsistem mekanik bergerak tanpa ada perintah. Kedua hal tersebut terjadi dapat disebabkan oleh anomali ataupun kesalahan pada rangkaian kabel kontrol serta perangkat pendukungnya.

Subsistem dielektrik berfungsi sebagai media isolasi peralatan serta memadamkan busur api yang terjadi pada saat ada pergerakan buka/tutup rangkaian. Terdapat dua modus kegagalan utama yang memungkinkan untuk terjadi pada subsistem ini: gagal mengisolasi tegangan dan gagal memadamkan busur api. Konsekuensi yang ditimbulkan dapat berupa terjadinya arus hubung singkat hingga terjadinya loncatan bunga api pada titik kontak yang dapat memicu terjadinya kenaikan temperatur secara ekstrim dan berpotensi merusak peralatan.

Subsistem penggerak berfungsi untuk menggerakkan kontak gerak pada subsistem primer sedemikian rupa sehingga peralatan dapat menghubungkan dan memutus arus dalam sebuah rangkaian elektrik. Modus kegagalan utama pada subsistem ini adalah tidak dapat menggerakkan kontak pada subsistem primer untuk membuka dan menutup. Kegagalan tersebut dapat terjadi oleh karena sistem mekanik yang bermasalah atau akibat gagalnya komponen pegas/hidrolik/pneumatik memberi tenaga yang cukup untuk menggerakkan kontak.

2.1.2.3.3. Pemisah

Perangkat PMS terdiri dari beberapa subsistem yang memiliki beberapa komponen. Pembagian tersebut dilakukan berdasar kaidah FMEA dan terdiri dari: subsistem primer, sekunder, dielektrik, penggerak, dan pentanahan. Setiap subsistem memiliki fungsi masing-masing dengan risiko dan potensi penyebab kegagalan yang berbeda.

Subsistem primer berfungsi untuk menyalurkan arus beban dengan kerugian sekecil mungkin pada saat rangkaian ditutup. Dengan kata lain, bagian ini berperan sebagai penghantar untuk mengalirkan arus dari sumber menuju beban. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah manakala arus tidak dapat mengalir atau aliran arus tidak lancar dan menimbulkan kerugian berupa panas. Subsistem ini terdiri dari dua komponen utama: pisau kontak dan klem.

Subsistem sekunder berfungsi untuk mengirim sinyal kontrol yang akan menggerakkan subsistem mekanik untuk membuka atau menutup rangkaian. Kegagalan yang mungkin terjadi dapat berupa dua kondisi: subsistem mekanik tidak bergerak saat diberi perintah dan subsistem mekanik bergerak tanpa ada perintah. Kedua hal tersebut terjadi dapat disebabkan oleh anomali ataupun kesalahan pada

rangkaian kabel kontrol serta perangkat pendukungnya. Subsistem ini terdiri dari tiga komponen utama: lemari mekanik, terminal, dan kabel kontrol.

Subsistem dielektrik berfungsi untuk memisahkan subsistem primer yang bertegangan dengan bagian lain yang tidak bertegangan. Selain itu, komponen pada subsistem ini secara fisik dan mekanis berperan sebagai tumpuan untuk menahan komponen bertegangan. Insulasi tegangan dapat tercipta dari material isolator yang terbuat dari bahan porselin dan komposit dengan desain sesuai dengan spesifikasi teknis yang diperlukan. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah tidak dapat memberikan insulasi yang cukup sehingga menyebabkan adanya kebocoran arus menuju tanah atau bahkan terjadinya arus hubung singkat yang berbahaya.

Subsistem penggerak berfungsi untuk menggerakkan kontak gerak pada subsistem primer sedemikian rupa sehingga pisau-pisau dapat terhubung dan terpisah. Modus kegagalan utama pada subsistem ini adalah tidak dapat menggerakkan pisau pada subsistem primer untuk membuka dan menutup. Kegagalan tersebut dapat terjadi oleh karena sistem mekanik yang bermasalah atau akibat gagalnya motor untuk memberikan tenaga penggerak bagi pisau.

Subsistem pentanahan berfungsi untuk mentanahkan atau membumikan tegangan induksi dan tegangan sisa setelah jaringan diputus dari sumber. Modus kegagalan utama subsistem ini terjadi manakala tidak dapat menyalurkan arus dari peralatan menuju tanah. Hal tersebut dapat disebabkan oleh tidak baiknya sambungan dan kontak pisau pentanahan serta sistem pentanahan yang tidak baik akibat tingginya tahanan pentanahan. Kondisi tersebut dapat membahayakan pekerja karena fungsi perlindungan dari arus induksi dan kebocoran arus tak diinginkan lain menjadi tidak optimal.

2.1.2.3.4. Trafo Arus

Perangkat trafo arus terdiri dari beberapa subsistem yang memiliki beberapa komponen. Pembagian tersebut dilakukan berdasar kaidah FMEA dan terdiri dari: subsistem pembawa arus, dielektrik, struktur mekanik, dan pentanahan. Setiap subsistem memiliki fungsi masing-masing dengan risiko dan potensi penyebab kegagalan yang berbeda.

Subsistem pembawa arus berfungsi untuk menyalurkan arus beban dengan kerugian sekecil mungkin pada saat rangkaian ditutup. Dengan kata lain, bagian ini

berperan sebagai penghantar untuk mengalirkan arus dari sumber menuju beban. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah manakala arus tidak dapat mengalir atau aliran arus tidak lancar dan menimbulkan kerugian berupa panas. Subsistem ini terdiri dari empat komponen utama: terminal primer, konduktor jumper, belitan, serta terminasi sekunder dan kabel kontrol.

Subsistem dielektrik berfungsi untuk memisahkan subsistem pembawa arus yang bertegangan dengan bagian lain yang tidak bertegangan. Selain itu, komponen pada subsistem ini secara fisik dan mekanis berperan sebagai tumpuan untuk menahan komponen bertegangan. Insulasi tegangan dapat tercipta dari material isolator yang terbuat dari bahan porselin dan komposit dengan desain sesuai dengan spesifikasi teknis yang diperlukan. Selain itu, terdapat minyak dan kertas isolasi yang berada di dalam trafo untuk mengisolasi belitan. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah tidak dapat memberikan insulasi yang cukup sehingga menyebabkan adanya kebocoran arus menuju tanah atau bahkan terjadinya arus hubung singkat yang berbahaya.

Subsistem struktur mekanik berfungsi untuk menyediakan tumpuan bagi keseluruhan bagian trafo arus. Subsistem ini terdiri dari struktur rangka baja dan pondasi. Kegagalan yang dapat terjadi pada subsistem ini adalah ketika struktur tak lagi mampu menahan kedudukan trafo arus untuk tetap berada pada tempatnya. Penyebab kegagalan dapat berupa bengkoknya rangka baja, pergerakan pondasi, keroposnya rangka baja, dan kegagalan struktur lainnya.

Subsistem pentanahan berfungsi untuk mentanahkan atau membumikan tegangan induksi dan tegangan sisa setelah jaringan diputus dari sumber. Modus kegagalan utama subsistem ini terjadi manakala tidak dapat menyalurkan arus dari peralatan menuju tanah. Hal tersebut dapat disebabkan oleh tidak baiknya sambungan dan kontak klem pentanahan serta sistem pentanahan yang tidak baik akibat tingginya tahanan pentanahan. Kondisi tersebut dapat membahayakan pekerja karena fungsi perlindungan dari arus induksi dan kebocoran arus tak diinginkan lain menjadi tidak optimal.

2.1.2.3.5. Trafo Tegangan

Perangkat trafo tegangan terdiri dari beberapa subsistem yang memiliki beberapa komponen. Pembagian tersebut dilakukan berdasar kaidah FMEA dan

terdiri dari: subsistem dielektrik, pembagi tegangan, sirkit elektromagnetik, struktur mekanik, dan pentanahan. Setiap subsistem memiliki fungsi masing-masing dengan risiko dan potensi penyebab kegagalan yang berbeda.

Subsistem dielektrik berfungsi untuk memisahkan bagian yang bertegangan dengan bagian lain yang tidak bertegangan. Selain itu, komponen pada subsistem ini secara fisik dan mekanis berperan sebagai tumpuan untuk menahan komponen bertegangan. Insulasi tegangan dapat tercipta dari material isolator yang terbuat dari bahan porselin dan komposit dengan desain sesuai dengan spesifikasi teknis yang diperlukan. Selain itu, terdapat minyak dan kertas isolasi yang berada di dalam trafo untuk mengisolasi belitan. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah tidak dapat memberikan insulasi yang cukup sehingga menyebabkan adanya kebocoran arus menuju tanah atau bahkan terjadinya arus hubung singkat yang berbahaya.

Subsistem pembagi tegangan berfungsi untuk membagi tegangan primer sehingga diperoleh besaran tegangan yang lebih kecil untuk selanjutnya dapat ditransformasi oleh subsistem sirkit elektromagnetik. Subsistem ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu kapasitor dan konektor. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah tidak dapat menghasilkan tegangan yang dibutuhkan oleh sirkit elektromagnetik. Hal tersebut dapat terjadi akibat penurunan kapasitansi dari kapasitor yang digunakan.

Subsistem sirkit elektromagnetik berfungsi untuk mengubah tegangan sumber menjadi tegangan yang dapat digunakan oleh peralatan proteksi dan pengukuran. Subsistem ini terdiri dari trafo *step down*, *spark gap*, reaktor, dan supresor. Modus kegagalan utama dapat terjadi di adalah tidak dapat menghasilkan luaran tegangan sesuai dengan kebutuhan peralatan proteksi dan pengukuran. Hal ini dapat terjadi akibat kerusakan mekanis seperti deformasi pada belitan trafo.

Subsistem struktur mekanik berfungsi untuk menyediakan tumpuan bagi keseluruhan bagian trafo arus. Subsistem ini terdiri dari struktur rangka baja dan pondasi. Kegagalan yang dapat terjadi pada subsistem ini adalah ketika struktur tak lagi mampu menahan kedudukan trafo arus untuk tetap berada pada tempatnya. Penyebab kegagalan dapat berupa bengkoknya rangka baja, pergerakan pondasi, keroposnya rangka baja, dan kegagalan struktur lainnya.

Subsistem pentanahan berfungsi untuk mentanahkan atau membumikan tegangan induksi dan tegangan sisa setelah jaringan diputus dari sumber. Modus kegagalan utama subsistem ini terjadi manakala tidak dapat menyalurkan arus dari peralatan menuju tanah. Hal tersebut dapat disebabkan oleh tidak baiknya sambungan dan kontak klem pentanahan serta sistem pentanahan yang tidak baik akibat tingginya tahanan pentanahan. Kondisi tersebut dapat membahayakan pekerja karena fungsi perlindungan dari arus induksi dan kebocoran arus tak diinginkan lain menjadi tidak optimal.

2.1.2.3.6. Pemotong Surja

Perangkat pemotong surja terdiri dari beberapa subsistem yang memiliki beberapa komponen. Pembagian tersebut dilakukan berdasar kaidah FMEA dan terdiri dari: subsistem komponen aktif, insulasi, struktur mekanik, segel pengaman, sambungan, pentanahan, *grading ring*, dan monitoring. Setiap subsistem memiliki fungsi masing-masing dengan risiko dan potensi penyebab kegagalan yang berbeda.

Subsistem komponen aktif memiliki fungsi penting yang dapat merubah karakteristik pemotong surja dari insulator pada saat berada di tegangan normal menjadi konduktif pada saat terjadi arus surja. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah ketika arus bocor yang terjadi pada kondisi normal melebihi batas yang diizinkan serta menurunnya kemampuan alat untuk mengalirkan arus surja menuju tanah. Kedua hal tersebut terjadi akibat degradasi keeping blok metal oksida yang digunakan di dalamnya.

Subsistem insulasi berfungsi untuk memisahkan bagian peralatan yang bertegangan dengan bagian lain yang tidak bertegangan. Selain itu, komponen pada subsistem ini secara fisik dan mekanis berperan sebagai tumpuan untuk menahan komponen bertegangan. Insulasi tegangan dapat tercipta dari material isolator yang terbuat dari bahan porselin dan komposit dengan desain sesuai dengan spesifikasi teknis yang diperlukan. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah tidak dapat memberikan insulasi yang cukup sehingga menyebabkan adanya kebocoran arus menuju tanah atau bahkan terjadinya arus hubung singkat yang berbahaya.

Subsistem struktur mekanik berfungsi untuk menyediakan tumpuan bagi keseluruhan bagian pemotong surja. Subsistem ini terdiri dari struktur rangka baja dan pondasi. Kegagalan yang dapat terjadi pada subsistem ini adalah ketika struktur tak

lagi mampu menahan kedudukan peralatan untuk tetap berada pada tempatnya. Penyebab kegagalan dapat berupa bengkoknya rangka baja, pergerakan pondasi, keroposnya rangka baja, dan kegagalan struktur lainnya.

Subsistem segel pengaman bertindak sebagai pembatas antara ruang internal pemotong surja dan lingkungan. Subsistem ini harus dapat mengisolasi kelembaban agar tidak masuk ke dalam ruang internal guna menjaga usia harapan hidup peralatan. Selain itu, subsistem ini juga harus dapat untuk terbuka guna melepas kelebihan tekanan yang terjadi di dalam perangkat. Pada saat terjadi sambaran surja, terjadi peningkatan temperatur pada kepek blok pemotong surja sehingga menyebabkan pemuaian udara yang berada di dalam ruang internal. Pemuaian ini harus dapat dikompensasi dengan katup pelepas tekanan. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah rusaknya segel yang menyebabkan ruangan di dalam pemotong surja menjadi lembab serta rusaknya katup pelepas tekanan sehingga kelebihan tekanan tidak dapat dilepas ke lingkungan yang dapat menyebabkan pecahnya struktur pemotong surja.

Subsistem sambungan berfungsi untuk menghubungkan perangkat pemotong surja dengan konduktor sistem yang akan diproteksi. Subsistem ini terdiri dari terminal koneksi dan klem sambungan. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah tidak dapat menyediakan kontak sambungan yang baik sehingga terjadi kenaikan suhu yang tidak diinginkan atau sering disebut sebagai *hotspot*. Hal ini terjadi akibat kontak sambungan tidak baik, baik akibat kendornya baut atau terdapat partikel pengotor.

Subsistem pentanahan berfungsi untuk mentanahkan atau membumikan arus surja setelah jaringan diputus dari sumber. Modus kegagalan utama subsistem ini terjadi manakala tidak dapat menyalurkan arus dari peralatan menuju tanah. Hal tersebut dapat disebabkan oleh tidak baiknya sambungan dan kontak klem pentanahan, menurunnya performa konduktor pentanahan, serta sistem pentanahan yang tidak baik akibat tingginya tahanan pentanahan. Kondisi tersebut dapat membahayakan peralatan karena arus surja tidak dapat tersalurkan secara optimal.

Subsistem *grading ring* berfungsi untuk mengatur distribusi tegangan pada perangkat pemotong surja. Cincin ini dipasang pada perangkat dengan jarak tertentu agar dapat bekerja secara optimal. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah tidak terdistribusinya tegangan secara merata pada struktur pemotong surja. Hal tersebut

dapat disebabkan oleh faktor mekanis seperti deformasi pada cincin atau kesalahan pemasangan yang menyebabkan jarak antarcincin tidak optimal.

Subsistem monitoring berfungsi untuk memantau kondisi peralatan pemotong surja. Besaran yang dipantau meliputi total jumlah kerja perangkat untuk mengalirkan arus surja serta, pada beberapa jenis alat, nilai arus bocor yang terjadi pada saat beroperasi dalam tegangan normal. Modus kegagalan yang dapat terjadi adalah gagalnya sistem pencatatan untuk menghitung pada saat terjadi arus surja maupun kesalahan perhitungan yang bertambah pada saat tidak terjadi arus surja. Selain itu, faktor mekanis seperti tidak terbacanya indikator juga turut menjadi modus kegagalan dalam subsistem ini.

2.1.3. Pengambilan Keputusan

Berbagai keberhasilan dan kegagalan yang terjadi dalam pengalaman hidup seseorang maupun organisasi berawal dari seberapa baik keputusan yang diambil sebelum bertindak. Sebuah keputusan yang terlihat kecil dan sederhana boleh jadi membawa dampak yang begitu besar di kemudian hari akibat keterkaitan peristiwa yang menyertai setelahnya. Oleh karenanya, seorang pengambil kebijakan harus dapat membuat pertimbangan yang matang dan menyeluruh dengan didasari data yang relevan sebelum memutuskan sebuah pilihan.

Teori keputusan adalah sebuah pendekatan analitis dan sistematis terhadap keilmuan pengambilan keputusan. Sebuah keputusan dapat dikatakan baik apabila diambil berdasarkan logika dengan mempertimbangkan seluruh data yang telah tersedia dan diketahui tanpa ada satu pun yang diabaikan. Selain itu, keputusan juga harus dapat mempertimbangkan seluruh kemungkinan solusi alternatif yang dapat dilakukan. Lebih lanjut lagi, keputusan yang baik harus diambil berdasarkan pendekatan kuantitatif melalui metode dan perhitungan matematis yang dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya dan objektivitasnya (Render, et al., 2012).

2.1.3.1. Keputusan dalam Manajemen Aset

Tata kelola aset memegang peranan yang penting bagi organisasi bisnis yang menggantungkan usahanya pada aset (Hastings, 2015). Tata kelola aset yang baik dapat menyediakan data pendukung bagi keputusan-keputusan yang berhubungan

dengan pengelolaan aset. Keputusan tersebut dapat meliputi berbagai perencanaan terkait investasi, pengembangan, maupun operasional aset.

Selanjutnya, Hastings berpendapat bahwa pengambilan keputusan pada ranah perencanaan dan belanja modal/capex dapat meliputi:

1. Rencana pengembangan aset beserta implementasinya,
2. Rencana keberlanjutan aset beserta implementasinya,
3. Pengembangan fasilitas pendukung logistik beserta pengelolaannya,
4. Pengembangan bisnis berkenaan dengan belanja modal.

Dalam sudut pandang lain, pengambilan keputusan pada ranah pemeliharaan dan biaya operasional/opex dapat meliputi:

1. Perencanaan dan realisasi pemeliharaan,
2. Penyediaan fasilitas pemeliharaan baik fisik maupun non-fisik,
3. Perencanaan *shutdown* dan *turnaround* peralatan,
4. Manajemen material habis pakai dan material cadang,
5. Pengembangan dan pengelolaan sumber daya pemeliharaan,
6. Manajemen kepatuhan,
7. Pengembangan bisnis berkenaan dengan biaya operasional.

Dengan memahami cakupan tersebut, pengelola aset harus dapat menyediakan selayang pandang yang berisi garis besar mengenai kondisi aset. Selain itu, pengelola juga harus memiliki kepekaan terhadap faktor-faktor penting berkenaan dengan kondisi aset meliputi: usia dan kondisi teknis, perkembangan peran aset dalam bisnis, serta perkembangan ekspektasi layanan.

Manajemen aset juga seyogyanya dapat memberikan jawaban yang kontinyu atas beberapa pertanyaan fundamental seperti: kinerja aset, keamanan aset, dan kesesuaian terhadap tujuan bisnis. Guna dapat memahami lebih lanjut terkait sesuai tidaknya suatu aset terhadap tujuan bisnis perusahaan, dapat dilakukan dengan identifikasi terhadap: tipe dan lokasi peralatan, fasilitas pendukung, serta jumlah personil yang diperlukan lengkap dengan keterampilan yang dimiliki. Jika hal-hal tersebut ternyata dirasa belum optimal, maka perlu dilakukan langkah strategis untuk meningkatkannya seperti: membangun/memperbaiki/menyewa/menjual fasilitas, melakukan relokasi aset, serta melakukan penambahan dan pengembangan personil.

Hastings juga menjelaskan mengenai bahaya dari buruknya tata kelola aset bagi organisasi. Hal ini terjadi karena kedudukan manajemen aset dalam suatu organisasi kerap berada pada zona abu-abu di antara tingkatan pemeliharaan dan manajemen puncak. Di balik kondisi tersebut, sejatinya manajemen aset memiliki potensi yang begitu besar untuk menjembatani komunikasi dari seluruh tingkatan organisasi mulai dari operasi, pemeliharaan, dan manajemen puncak.

Guna mempertegas penyampaiannya, Hastings menyajikan sebuah contoh mengenai kondisi kekurangan suku cadang roda pada perusahaan yang mengelola armada pengangkut barang. Seorang manajer operasi dan pemeliharaan akan dapat merasakan permasalahan langsung berupa berkurangnya tingkat ketersediaan armada akibat kondisi tersebut. Namun demikian, seorang manajer aset tidak akan serta merta memandang hal tersebut sebagai sebuah permasalahan yang harus segera dicarikan solusi karena boleh jadi kondisi tersebut adalah kondisi paling optimal yang dapat dicapai oleh organisasi yang dikelola. Perbedaan tersebut disebabkan oleh karena seorang manajer aset akan memandang suatu persoalan secara menyeluruh dalam siklus hidup suatu aset, bukan hanya sepenggal pada saat terjadinya permasalahan, dalam hal ini pada fase pengoperasian.

Setelah memahami ruang lingkup dan pentingnya manajemen aset, maka seorang menejer aset dapat mulai menjalankan perannya. Terdapat setidaknya tujuh aktivitas kunci yang perlu dilakukan oleh seorang manajer aset terkait pengambilan keputusan pengelolaan aset (Davis, 2012):

1. Pengembangan kebijakan manajemen aset yang dijadikan sebagai pedoman menjalankan aktivitas tata kelola aset guna mencapai tujuan organisasi sekaligus sebagai penghubung antara rencana strategis organisasi dengan strategi tata kelola aset,
2. Pengembangan strategi tata kelola aset yang akan memberi arahan langsung terhadap aktivitas pengelolaan aset utamanya berkenaan dengan pendekatan teknis yang akan digunakan,
3. Perencanaan tata kelola aset dilakukan dengan cara mempertimbangkan seluruh pilihan aktivitas yang dapat dilakukan dan menetapkan pelaksana serta penanggungjawab kegiatan,

4. Realisasi rencana tata kelola aset meliputi pelaksanaan tindakan, asesmen dan monitoring, pengelolaan dan perbaikan, serta perbaruan dan penggantian,
5. Pengembangan sumber daya manusia dalam bentuk peningkatan keterampilan dan kompetensi bagi para pelaksana aktivitas manajemen aset,
6. Pengelolaan risiko guna memperoleh hasil asesmen terhadap konsekuensi dari dilakukannya atau tidak dilakukannya suatu tindakan, serta
7. Pengelolaan informasi aset secara tepat dan akurat dalam setiap kegiatan manajemen aset guna menyediakan informasi bagi para pengambil kebijakan.

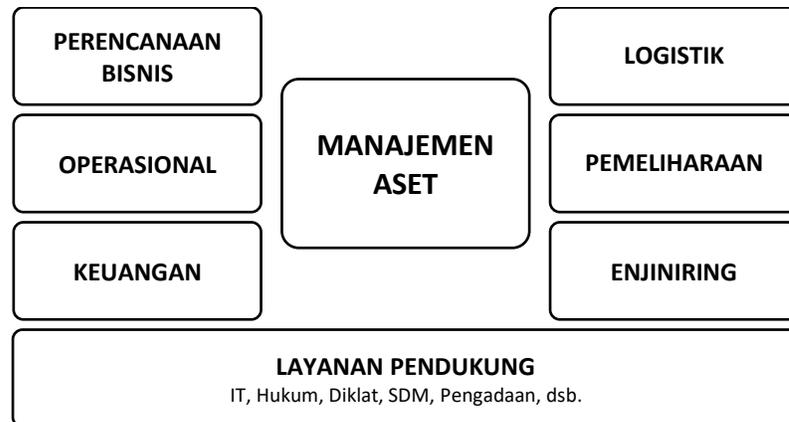
Dalam menjalankan berbagai aktivitas pengelolaan aset, diperlukan adanya suatu acuan yang dapat dijadikan landasan dalam menentukan arah keputusan. Oleh karenanya, ISO 55001 mewajibkan organisasi untuk menyusun kebijakan manajemen aset yang diselaraskan dengan tujuan pengelolaan aset serta menciptakan suatu sistem perbaikan berkelanjutan (ISO, 2014). Beberapa poin umum yang harus dicakup dalam kebijakan manajemen aset di antaranya adalah:

1. Mendukung perkembangan nilai pemegang saham,
2. Menyediakan sumber daya untuk mendukung keberlanjutan kinerja aset,
3. Mengintegrasikan perencanaan dan pengelolaan aset terhadap rencana bisnis, penganggaran, dan pelaporan,
4. Mengadopsi pendekatan siklus hidup aset mulai dari akuisisi hingga penghentian atau penghancuran aset,
5. Selaras dengan peraturan yang berlaku,
6. Bersifat proaktif untuk menggapai performa terbaik,
7. Memastikan seluruh personil yang terlibat telah diseleksi dan mendapatkan pengembangan kompetensi,
8. Mengedepankan prinsip perbaikan berkelanjutan.

2.1.3.2. Tingkatan dalam Pengambilan Keputusan

Seorang manajer aset harus memiliki pengetahuan yang luas serta teknik komunikasi yang baik agar dapat senantiasa terhubung dengan elemen organisasi lain dalam rangka menjalankan tugas pengelolaan aset (Hastings, 2015). Para pengelola aset ini harus menguasai konteks keorganisasian baik dalam sisi internal maupun eksternal organisasi tempat mereka bekerja. Selain itu, salah satu peran

utama yang harus dijalankan adalah memahami kebutuhan dan ekspektasi dari pemangku kepentingan. Oleh karenanya, posisi ini memegang peranan penting dalam mengkomunikasikan kebutuhan pada tingkatan teknis dan operasional dengan personil lain pada area bisnis yang berbeda. Gambar 2.10 menunjukkan relasi antara manajemen aset dengan berbagai bidang lain yang ada dalam organisasi.



Gambar 2.10 Matriks aktivitas manajemen aset menurut Hastings
Sumber: ilustrasi penulis

Dalam menjalankan aktivitasnya, manajer aset yang baik akan menerapkan strategi pengelolaan aset yang sejalan dengan tujuan organisasi. Strategi ini dapat digambarkan sebagai tiga lapisan terpisah yang saling terhubung satu sama lain, yang terdiri dari (Lloyd, 2010):

1. Lapisan luar, tempat terjadinya interaksi antara organisasi dengan dunia luar. Dengan demikian, wilayah ini memegang peran penting sebagai sumber informasi untuk menentukan posisi dan arah gerak organisasi dalam kaitannya dengan visi dan tujuan yang ingin dicapai;
2. Lapisan dalam, tempat terjadinya keputusan strategis. Wilayah ini akan menentukan bentuk dan struktur organisasi yang dirasa paling tepat untuk mencapai tujuan; dan
3. Lapisan inti, tempat organisasi melakukan pengawasan terhadap pencapaian dan kinerja yang telah diperoleh. Wilayah ini penting untuk memperoleh umpan balik yang dapat dipergunakan untuk melakukan evaluasi keberjalanan organisasi.

2.1.3.3. Langkah untuk Mengambil Keputusan

Pengambilan keputusan dalam skala apapun, baik besar maupun kecil, harus senantiasa dilakukan secara sistematis agar mendapatkan hasil yang terbaik. Terdapat enam langkah yang harus dilakukan agar keputusan yang dibuat bersifat logis dan menyeluruh (Render, et al., 2012):

1. Menetapkan permasalahan secara jelas,
2. Menuliskan solusi alternatif yang memungkinkan,
3. Melakukan identifikasi terhadap kemungkinan luaran yang diperoleh,
4. Menuliskan keuntungan/kerugian dari masing-masing solusi dan luaran,
5. Memilih model pengambilan keputusan matematis yang akan digunakan,
6. Menerapkan model dan mengambil keputusan.

Penetapan permasalahan penting untuk ditegaskan pada tahap awal pengambilan keputusan. Hal ini dilakukan untuk membuat ruang lingkup dan batasan yang jelas dalam melakukan analisa dan menyusun pertimbangan. Dengan demikian, proses analisa dan evaluasi yang dilakukan oleh para pengambil kebijakan dapat menjadi lebih fokus terhadap tujuan yang ingin dicapai.

Setelah batasan masalah ditetapkan, pengambil kebijakan harus dapat menuliskan solusi alternatif yang memungkinkan untuk dilakukan. Analisa yang baik akan mempertimbangkan seluruh peluang dan kemungkinan termasuk pada alternatif untuk tidak melakukan apapun. Kesalahan yang sering terjadi pada tahap ini adalah melewatkan alternatif yang terkadang terlihat sepele, namun boleh jadi merupakan solusi terbaik bagi permasalahan yang sedang dihadapi.

Selanjutnya akan dilakukan identifikasi terhadap luaran yang dapat terjadi. Umumnya luaran yang dimaksud berhubungan dengan beberapa kondisi yang memungkinkan untuk terjadi di kemudian hari. Proses identifikasi perlu dilakukan secara cermat untuk mendapatkan solusi realistis dan menghindari keputusan yang terlalu optimis maupun terlalu pesimis.

Kombinasi dari masing-masing solusi alternatif dan luaran akan menghasilkan keuntungan/kerugian yang berbeda. Keuntungan/kerugian tersebut harus dihitung secara cermat untuk tiap kombinasi. Umumnya, perhitungan akan dilakukan dengan membandingkan manfaat finansial yang diperoleh. Namun demikian, perbandingan

dalam bentuk lain tetap diperbolehkan selama sejalan dengan tujuan akhir yang ingin dicapai oleh pengambil kebijakan.

Setelah seluruh informasi tersebut tersedia, pengambil kebijakan dapat melakukan evaluasi dengan cara membandingkan keuntungan/kerugian dari masing-masing kombinasi solusi dan luaran. Pada tahap ini, pemilihan model pengambilan keputusan akan sangat mempengaruhi hasil akhir yang didapatkan. Oleh karenanya, penentuan model harus dilakukan secara cermat berdasarkan kondisi lingkungan dan risiko yang dihadapi.

2.1.3.4. Prioritas Keputusan

Proses pengambilan keputusan yang baik akan berusaha untuk menangkap seluruh informasi yang tersedia agar dapat dijadikan sebagai pertimbangan. Dalam penentuan pertimbangan, boleh jadi pengambil keputusan dihadapkan dengan lebih dari satu solusi alternatif terhadap permasalahannya. Oleh karenanya, diperlukan adanya teknik untuk mengurutkan prioritas dari masing-masing alternatif. Proses pengambilan keputusan yang baik tidak hanya berfokus pada keuntungan yang dapat dicapai namun juga harus mempertimbangkan risiko yang akan muncul di kemudian hari (Lloyd, 2010).

Lebih lanjut lagi, Lloyd menjelaskan bahwa metode penentuan kritikalitas berbasis risiko merupakan perangkat esensial untuk membuat prioritas. Hal tersebut disebabkan oleh karena analisa yang dilakukan melibatkan berbagai aspek seperti biaya, K3, lingkungan, reputasi, kinerja, dan sebagainya. Evaluasi dilakukan dengan mengidentifikasi tantangan dan peluang terbesar yang dihadapi dalam kaitannya dengan *value for money* dan urgensi. Hasil akhir yang diperoleh adalah sebuah pandangan pada tingkat korporasi mengenai derajat kepentingan serta ruang lingkup dari suatu perbaikan.

2.1.3.5. Evaluasi Proses Bisnis Pengambilan Keputusan

Organisasi perlu melakukan asesmen terhadap proses bisnis pengambilan keputusan yang dijalankan. Hal tersebut dapat dilakukan salah satunya menggunakan penetapan kriteria tingkat kedewasaan atau *maturity level* sebagai acuan untuk melakukan evaluasi secara berkala (Lloyd, 2010). Penentuan kriteria ini kerap kali

dikaitkan dengan pemberian bobot pada masing-masing parameter sesuai dengan rantai nilai yang ingin dicapai oleh organisasi.

2.1.4. Ilmu Data

Tata kelola data yang baik akan memandang kualitas data sebagai sebuah aspek penting yang tidak dapat ditinggalkan (Bergdahl, et al., 2007). Data statistik dengan kualitas tinggi sangat bergantung terhadap seberapa baik asesmen yang dilakukan terhadap sumber data. Tanpa adanya prosedur asesmen kualitas data yang sistematis, risiko hilangnya kendali terhadap proses statistik seperti pengumpulan data, penyuntingan, dan pembobotan akan meningkat.

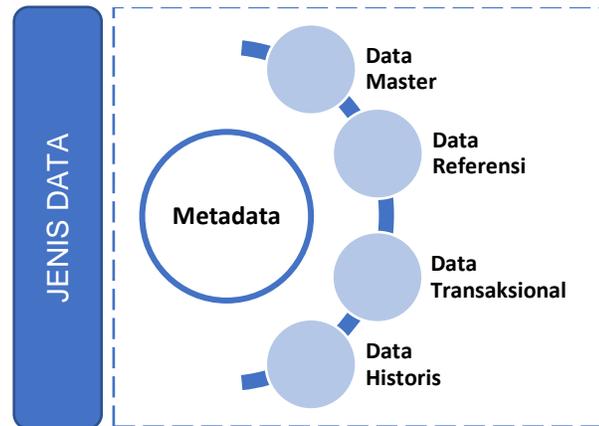
2.1.4.1. Data

Secara formal, data dapat didefinisikan sebagai sekelompok fakta yang telah dikumpulkan (ASQ, 2023). Dalam konteks data numerik, data dapat dibedakan menjadi dua jenis dasar: terukur dan terhitung. Data terukur akan berhubungan dengan proses pengukuran suatu besaran sehingga akan memiliki satuan yang bersifat terukur seperti: 2 kilogram, 5 meter, 1 ampere, dan sebagainya. Sedangkan data terhitung akan berkaitan dengan jumlah atau kuantitas suatu hal seperti: 12 perbaikan, 3 unit mobil, 5 buah usulan, dan sebagainya.

Selain itu, data juga dapat didefinisikan sebagai representasi informasi dalam bentuk formal yang dapat diinterpretasikan ulang untuk digunakan sebagai media komunikasi, interpretasi, atau pemrosesan (ISO, 2015). Dengan demikian, data yang baik akan memiliki susunan yang terstruktur guna memudahkan penyampaian informasi. Hal ini turut berpengaruh untuk menghindari terjadinya penafsiran ganda sehingga informasi dalam data tersebut dapat dijadikan acuan dan tidak menimbulkan bias dalam penafsirannya.

Penggunaan terminologi data pada era modern kerap kali diartikan sebagai fakta yang tersimpan dan dibagikan secara elektronik melalui media basis data maupun aplikasi komputer lainnya (Sebastian-Coleman, 2013). Fakta yang dimaksud dapat berupa hasil pengukuran, informasi yang terkodifikasi, maupun atribut deskriptif suatu objek seperti nama, lokasi, karakteristik, dan sebagainya. Lebih lanjut lagi, Sebastian-Coleman menekankan bahwa kehadiran data tidak hanya sekedar menjadi bagian dari suatu sistem informasi, melainkan turut memberikan wujud bagi informasi

itu sendiri. Artinya, data merupakan representasi abstrak dari suatu karakteristik objek, kejadian, dan konsep dari dunia nyata yang dinyatakan dan ditafsirkan melalui konvensi yang secara jelas terdefiniskan berkenaan dengan makna, pengumpulan, dan penyimpanannya.



Gambar 2.11 Klasifikasi data berdasarkan karakteristik menurut Mahanti
Sumber: ilustrasi penulis

Dalam era bisnis modern, organisasi akan berusaha untuk mengelola data sebaik mungkin guna mendapatkan keunggulan pasar serta menghindari kerugian dalam persaingan (Mahanti, 2018). Secara ekstrim, data yang buruk dapat diibaratkan sebagai penyakit kanker yang dapat melemahkan dan bahkan membunuh sebuah organisasi. Oleh karenanya dibutuhkan pemahaman yang baik terhadap jenis data agar dapat ditentukan langkah yang tepat dalam pengelolaannya. Mahanti menjelaskan bahwa data dapat diklasifikasikan menjadi lima kategori sebagaimana dijabarkan dalam Gambar 2.11.

Data master didefinisikan sebagai karakteristik dasar suatu entitas bisnis yang berisi informasi kunci mengenai deskripsi intisari organisasi. Jenis data ini memegang peran penting dalam kegiatan operasional serta mendukung transaksi yang terjadi di dalam proses bisnis organisasi. Umumnya, data master cenderung bersifat statis atau hanya mengalami sedikit perubahan yang bersifat non-rutin. Kesalahan yang terjadi dalam pencatatan data ini dapat memberikan konsekuensi finansial serta dapat berakibat fatal. Contoh data master antara lain: data pelanggan, data kepegawaian, data rekening, data aset, data material, dan lain sebagainya.

Data referensi merupakan data pendamping yang dijadikan sebagai rujukan terhadap data lain seperti data master dan data transaksi guna menciptakan keterhubungan antar-basis data. Tujuan dari pembuatan data jenis ini adalah untuk menyediakan terminologi standar dan terstruktur yang dapat menghubungkan suatu sistem dengan berbagai aplikasi maupun dengan sistem lain. Data ini memiliki sifat yang hampir sama seperti data master yaitu cenderung jarang mengalami perubahan. Data referensi dapat bersifat lokal dan berlaku dalam ruang lingkup suatu organisasi maupun berlaku secara umum dalam konteks global. Contoh data referensi yang bersifat global antara lain: kode negara, kode pos, kode saham, kode bandara, bendera, dan sebagainya.

Data transaksional pada prinsipnya merupakan pendukung kegiatan operasional dalam keseharian organisasi. Oleh karenanya, data ini pada umumnya merupakan data dengan volume terbanyak yang ada dalam suatu perusahaan. Data ini menggambarkan kejadian internal dan eksternal yang terjadi pada organisasi seperti: pembayaran, tagihan, klaim asuransi, pengiriman, penyimpanan material, mutasi pegawai, dan sebagainya. Penyimpanan data jenis ini harus disertai dengan waktu terjadinya peristiwa yang digambarkan. Dengan kata lain, data transaksi merupakan representasi dari peristiwa yang dialami oleh data master pada kurun waktu tertentu.

Data historis secara sederhana merupakan data transaksional yang diarsipkan setelah transaksi selesai. Data ini tidak boleh diubah kecuali dengan tujuan untuk membenarkan pencatatan. Oleh karena hal tersebut, data historis menjadi penting jika dilihat dari sudut pandang keamanan, prakiraan, perencanaan, dan kepatuhan. Contoh data historis adalah ketika seorang pelanggan mengganti alamat tempat tinggal, maka akan terjadi perbaruan pada data master yang disertai dengan pencatatan transaksi penggantian data master ke dalam data historis. Artinya, dengan adanya data historis, data alamat tempat tinggal lama dari pengguna tersebut tetap tersimpan dan tidak hilang.

Metadata adalah data yang mendefinisikan data lain, atau dalam kata lain: data mengenai suatu data. Secara formal, metadata dapat didefinisikan sebagai label informasi terstruktur yang mendeskripsikan karakter dari data lain guna memudahkan

perolehan, interpretasi, pengelolaan, dan penggunaan data. Metadata dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori:

1. Metadata teknis, digunakan untuk mendeskripsikan aspek teknis dalam tata kelola dan penyimpanan sistem basis data. Data ini meliputi keterangan seputar nama tabel, nama kolom, aturan validasi data, kunci data (*primary* dan *foreign key*), tipe data, relasi antar tabel, indeks, dan lain sebagainya;
2. Metadata bisnis, berkenaan dengan deskripsi aspek non-teknis dari suatu data serta bagaimana data itu digunakan dalam organisasi. Contoh dari kelompok data ini meliputi: aturan bisnis, tingkat privasi, level keamanan, penanggung jawab data, pemilik data, aplikasi yang terkait, dan lain sebagainya;
3. Metadata proses, berkenaan dengan pencatatan terkait segala proses pengolahan data dan operasi yang dilakukan di dalam sistem (*system log*). Data ini akan menjadi berguna pada saat melakukan investigasi kegagalan yang terjadi pada sistem.

Selain ketiga kategori tersebut, terdapat satu jenis metadata khusus yang disebut sebagai metadata audit. Data ini pada prinsipnya merupakan catatan terhadap segala macam perubahan yang terjadi pada basis data berkenaan dengan proses pengelolaan data: buat, baca, sunting, dan hapus. Informasi yang ada pada metadata audit umumnya berisi tentang apa perubahan yang dilakukan, siapa yang melakukan perubahan, serta kapan perubahan dilakukan. Metadata audit umumnya diproteksi sedemikian rupa sehingga data ini tidak dapat diubah apabila telah dicatatkan. Hal tersebut bertujuan agar data ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk melakukan investigasi terhadap pembobolan keamanan dan isu kepatuhan.

2.1.4.2. Kualitas Data

Secara umum, kualitas suatu produk dan jasa dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk memuaskan pelanggan serta pihak lain yang terkait, baik secara sengaja maupun tidak (ISO, 2015). Oleh karenanya, kualitas suatu produk dan jasa tidak hanya berhubungan dengan fungsi dan performa yang diharapkan melainkan mencakup nilai dan manfaat yang bisa didapat oleh penggunaannya. Jika data dipandang sebagai sebuah produk yang dapat diambil nilai manfaatnya maka,

berdasarkan definisi tersebut, data dengan kualitas tinggi akan mampu memenuhi kebutuhan dan memuaskan para penggunanya.

Sebuah data dapat ditinjau tingkat kualitasnya melalui tiga aspek: karakteristik data, karakteristik proses, dan persepsi pengguna data (Bergdahl, et al., 2007). Meskipun dibedakan, sejatinya ketiga aspek ini memiliki keterkaitan satu sama lain. Karakteristik dari sebuah data akan dipengaruhi oleh karakteristik proses pengumpulan dan pengolahan data tersebut. Selanjutnya, karakteristik dari keduanya akan sangat berpengaruh terhadap sudut pandang pengguna. Namun demikian, terdapat catatan yang perlu diperhatikan berkenaan dengan poin terakhir. Pengguna kadang kala memiliki pandangan yang bersifat subjektif dalam menilai sebuah data yang disebabkan oleh karena perbedaan preferensi dan prioritas, baik pribadi maupun kelompok. Oleh karenanya, persepsi dari calon pengguna data turut serta menjadi poin kunci guna menentukan kualitas data.

Kualitas data statistik dapat dinilai berdasarkan enam komponen yang dijadikan sebagai acuan dasar dalam melakukan asesmen (Eurostat, 2003):

1. Relevansi, didefinisikan sebagai derajat kemampuan data untuk memenuhi kebutuhan pengguna saat ini maupun potensi kebutuhan di masa mendatang;
2. Akurasi, didefinisikan sebagai derajat kedekatan nilai yang disajikan terhadap nilai asli atau nilai aktual yang ingin digambarkan;
3. Ketepatan waktu, meliputi dua aspek: *timeliness* sebagai representasi jeda waktu antara ketersediaan data terhadap kejadian yang digambarkan; serta *punctuality* yang menggambarkan jeda waktu ketersediaan data terhadap target waktu penyediaan data;
4. Aksesibilitas dan kejelasan, yang menggambarkan tingkat ketersediaan data untuk bisa diperoleh secara fisik serta menggambarkan derajat ketersampaian informasi dari data itu yang mana dapat didukung oleh informasi tambahan seperti ilustrasi, grafik, peta, dan sebagainya;
5. Keterbandingan, digunakan untuk mengukur perbedaan dampak yang ditimbulkan dalam membandingkan dua buah data berbeda yang meliputi perbedaan sebagai berikut:
 - a. Waktu, membandingkan perlakuan yang sama dalam kurun waktu berbeda;

- b. Aspek geografis, membandingkan kondisi berdasarkan lokasi/wilayah pengambilan data;
 - c. Aspek non-geografis, membandingkan kondisi berdasarkan perbedaan sifat tertentu seperti: sektor industri, jenis kelamin, usia, dan sebagainya.
6. Koherensi, menggambarkan keselarasan data satu dengan data lainnya. Umumnya, data yang berasal dari satu sumber akan bersifat koheren, sedangkan data dari sumber berbeda dapat menjadi tidak koheren oleh karena perbedaan pendekatan, klasifikasi, serta metodologi yang digunakan.

Tabel 2.4 Standar kualitas data menurut USAID

No	Standar	Keterangan
1	Validitas	Data harus sesuai, jelas dan mampu menggambarkan peristiwa yang dimaksud serta tidak menimbulkan bias. Penggunaan data proksi masih dapat dilakukan selama dapat memberikan gambaran yang sesuai dengan kebutuhan.
2	Integritas	Data harus dapat dipertanggungjawabkan keasliannya sehingga dapat dipastikan terbebas dari manipulasi.
3	Presisi	Derajat ketepatan data dalam menggambarkan suatu peristiwa harus sesuai dengan kebutuhan analisa terhadap data tersebut. Hal ini dapat mencakup batasan galat yang diizinkan terhadap suatu kelompok data.
4	Reliabilitas	Metode dalam proses pengumpulan dan analisa data harus stabil sehingga dapat menghasilkan data yang konsisten dari waktu ke waktu. Hal ini dilakukan guna memastikan bahwa perubahan data merupakan representasi dari perubahan aktual objek yang diamati dan bukan merupakan efek dari variasi metode pengumpulan dan analisa data.
5	Ketepatan Waktu	Data harus memiliki ketepatan waktu (<i>timeliness</i>) yang baik agar menjadi cukup relevan untuk digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan selanjutnya.

Sumber: Mumbere & Kopi, 2012

USAID menetapkan standar penilaian terhadap kualitas data meliputi lima aspek yaitu: validitas, integritas, presisi, reliabilitas, dan ketepatan waktu yang kemudian disingkat menjadi VIPRT (Mumbere & Kopi, 2012). Kriteria ini dikembangkan guna memenuhi kebutuhan asesmen terhadap sistem manajemen

data yang digunakan oleh rekanan USAID. Tabel 2.4 menyajikan penjelasan lebih rinci mengenai kelima kriteria tersebut.

Penentuan kualitas data membutuhkan definisi yang tegas terkait dimensi-dimensi yang dijadikan sebagai sudut pandang penilaian. Namun demikian, sampai dengan saat ini, belum ada definisi formal yang membakukan dimensi dalam penilaian kualitas data (Mahanti, 2018). Berbagai pendekatan dilakukan oleh beberapa peneliti berbeda dalam kasus berbeda guna melakukan penilaian terhadap kualitas data. Adapun Mahanti memberikan penjelasan 25 dimensi yang dapat digunakan dalam penentuan kualitas data sebagaimana tertera pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Dimensi kualitas data

No	Dimensi	Keterangan
1	Spesifikasi Data <i>Data Specification</i>	Suatu ukuran terhadap keberadaan, kelengkapan, kualitas, dan pendokumentasian standar data, model data, definisi data, dan metadata. Dimensi ini menjadi penting karena dapat dijadikan acuan dalam pengukuran dimensi kualitas data yang lain.
2	Kelengkapan <i>Completeness</i>	Suatu ukuran terhadap ada tidaknya elemen data. Terdapat lima kondisi yang menyebabkan data menjadi tidak lengkap: <ol style="list-style-type: none"> 1. Data seharusnya ada tapi tidak diketahui, 2. Data tidak ada, 3. Keberadaan data tidak diketahui, 4. Atribut data tidak sesuai (<i>not applicable</i>), 5. Data hanya ada pada kondisi tertentu.
3	Validitas <i>Validity / Conformity</i>	Suatu ukuran terhadap pemenuhan ketentuan dalam penulisan dan penyimpanan data. Dalam kata lain, dapat diartikan sebagai derajat kesesuaian format data.
4	Keunikan <i>Uniqueness</i>	Suatu ukuran terhadap derajat keunikan data. Penilaian dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip kardinalitas yang terbagi menjadi tiga kategori: tinggi, sedang, rendah. Data dalam kategori kardinalitas tinggi bermakna bahwa data tersebut sepenuhnya unik dan tidak memiliki duplikasi, seperti nomor identitas kependudukan.
5	Duplikasi <i>Duplication</i>	Suatu ukuran terhadap tingkat duplikasi data. Dimensi ini merupakan kebalikan dari dimensi keunikan (<i>uniqueness</i>). Pengulangan terhadap entitas data yang sama dapat menimbulkan kerancuan apabila memiliki rincian data yang berbeda.

No	Dimensi	Keterangan
6	Redundansi <i>Redundancy</i>	Suatu ukuran terhadap keberadaan penyimpanan data cadangan dalam sistem berbeda. Umumnya digunakan sebagai pencegahan terhadap kondisi tidak diinginkan yang dapat menimbulkan risiko kehilangan data.
7	Konsistensi <i>Concistency</i>	Suatu ukuran terhadap kesesuaian sebuah data terhadap data lain yang ada seluruh sistem pada tingkatan organisasi. Perbedaan format penulisan yang merujuk pada entitas data yang sama dalam tabel berbeda dapat dikategorikan sebagai inkonsistensi. Beberapa jenis permasalahan terkait konsistensi yang dapat terjadi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Inkonsistensi antarkolom data yang terjadi dalam satu baris pada sebuah tabel, 2. Inkonsistensi antartabel baik dalam basis data yang sama ataupun berbeda, 3. Inkonsistensi temporal akibat perubahan data pada waktu tertentu.
8	Integritas <i>Integrity</i>	Suatu ukuran terhadap hubungan/keterkaitan entitas data. Hal ini memiliki kaitan erat terhadap relasi kunci antartabel yang melibatkan <i>primary</i> dan <i>foreign key</i> . Penilaian dapat dilakukan menggunakan prinsip kardinalitas dengan kategori sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Relasi satu-ke-satu, seorang warga hanya bisa memiliki satu nomor kependudukan begitu pula sebaliknya; 2. Relasi satu-ke-banyak, sebuah kode pos dapat dimiliki oleh banyak rumah namun suatu rumah hanya bisa memiliki satu kode pos; 3. Relasi banyak-ke-banyak, seorang dosen dapat mengajar beberapa matakuliah begitu pula sebuah matakuliah dapat diampu oleh beberapa dosen.
9	Akurasi <i>Accuracy</i>	Suatu ukuran terhadap derajat kemampuan data untuk menggambarkan suatu fakta dengan sebenar-benarnya. Data yang akurat tidak hanya harus memiliki kebenaran nilai, melainkan juga harus memiliki validitas dan konsistensi dalam pencatatannya.
10	Kebenaran <i>Correctness</i>	Suatu ukuran terhadap kondisi data yang terbebas dari galat dan kesalahan. Penilaian pada dimensi ini bersifat biner: benar dan tidak benar. Sebuah data yang benar dapat memiliki derajat akurasi yang berbeda. Sebagai contoh: seseorang berkata bahwa Tugu Monas berada di Jakarta, orang kedua berkata bahwa monumen tersebut berada di

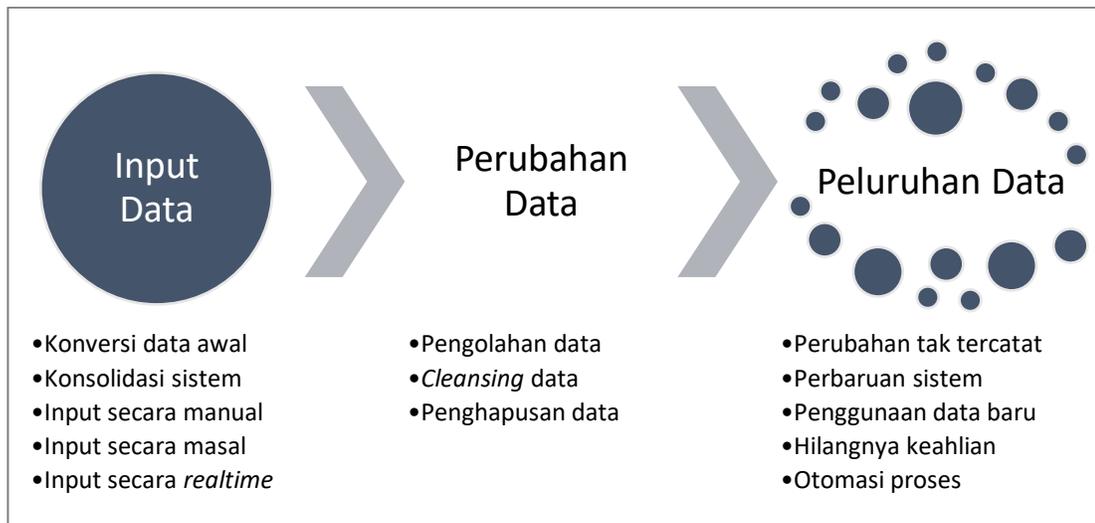
No	Dimensi	Keterangan
		Indonesia, dan orang ketiga mengatakannya di Asia Tenggara. Ketiganya merupakan data yang benar namun memiliki derajat akurasi berbeda.
11	Tingkat Kerincian <i>Granularity</i>	Suatu ukuran terhadap kemampuan data untuk dibagi menjadi bagian yang lebih kecil. Hal ini penting untuk diperhatikan dalam perancangan tabel basis data. Sebagai contoh: sebuah alamat dapat dituliskan dalam sebuah kolom teks yang panjang ataupun dibagi menjadi beberapa kolom seperti nama jalan, nama kota, provinsi, kode pos, dsb.
12	Presisi <i>Precision</i>	Suatu ukuran terhadap derajat kehalusan pengukuran suatu data. Contoh paling umum adalah penentuan jumlah digit desimal di belakang koma.
13	Ketermanipulasian <i>Ease of Manipulation</i>	Suatu ukuran terhadap kemampuan data untuk dimanipulasi dalam pengolahan data untuk menghasilkan informasi yang bermakna.
14	Keringkasan <i>Conciseness</i>	Suatu ukuran terhadap kemampuan data untuk menyampaikan informasi secara jelas, tidak ambigu, ringkas dan tidak bertele-tele.
15	Objektivitas <i>Objectivity</i>	Suatu ukuran terhadap isi informasi yang lugas, tidak berprasangka, tidak memihak, serta tidak dipengaruhi oleh perasaan atau hal lain yang bersifat subjektif.
16	Cakupan Data <i>Data Coverage</i>	Suatu ukuran terhadap ruang lingkup penggunaan data. Data master memiliki cakupan paling besar karena digunakan pada seluruh lini organisasi.
17	Relevansi <i>Relevance</i>	Suatu ukuran terhadap kesesuaian isi dan cakupan data terhadap tujuan penggunaan data serta potensi penggunaan data di masa depan.
18	Derajat Interpretasi <i>Interpretability</i>	Suatu ukuran terhadap kemampuan data untuk dapat dipahami oleh pengguna dalam proses analisa.
19	Tingkat Kepercayaan <i>Believability</i>	Suatu ukuran terhadap seberapa percaya pengguna terhadap isi data tanpa melakukan verifikasi. Tingkat kepercayaan dapat ditinjau dari dua aspek: <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Credibility</i>, menggambarkan seberapa bisa dipercaya suatu data untuk menggambarkan kondisi riil tanpa adanya tendensi misrepresentasi. 2. <i>Trustworthiness</i>, menggambarkan seberapa bisa dipercaya pihak yang mengeluarkan data / sumber data.

No	Dimensi	Keterangan
20	Reputasi <i>Reputation</i>	Suatu ukuran terhadap bagaimana opini dan pandangan publik terhadap isi dan sumber data.
21	Waktu <i>Time</i>	Pengukuran kualitas data berkenaan dengan dimensi waktu meliputi tiga hal berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Timeliness</i>, menggambarkan jeda antara waktu penyajian data dengan waktu terjadinya peristiwa yang ingin digambarkan. 2. <i>Currency</i>, menggambarkan derajat kebaruan data untuk digunakan dalam pengambilan keputusan. 3. <i>Volatility</i>, menggambarkan derajat perubahan data seiring berjalannya waktu. Secara umum, semakin tinggi volatilitas suatu data, maka semakin rendah <i>currency</i> data tersebut.
22	Aksesibilitas <i>Accessibility</i>	Suatu ukuran terhadap derajat kemudahan untuk mengakses suatu data.
23	Keamanan <i>Security</i>	Suatu ukuran terhadap tingkat keamanan data berkenaan dengan regulasi untuk mencegah akses yang tidak diinginkan.
24	Ketertelusuran <i>Traceability</i>	Suatu ukuran terhadap kemampuan suatu data untuk ditelusuri riwayat perubahannya sampai dengan awal mula data tersebut dibuat.
25	Keandalan <i>Reliability</i>	Keandalan data dapat dinilai berdasarkan kelengkapan, relevansi, akurasi, keunikan dan konsistensi. Selain itu, data juga harus memiliki ketelusuran yang berasal dari sumber yang <i>trustworthy</i> .

Sumber: Mahanti, 2018

2.1.4.3. Penyebab Penurunan Kualitas Data

Sebuah data yang berhasil dihimpun akan memiliki kualitas awal yang melekat padanya. Kualitas ini dapat mengalami penurunan oleh karena mendapat perlakuan atau pun karena tidak mendapat perlakuan. Penyebab turunnya kualitas data dapat diklasifikasikan dalam tiga kategori utama: pemasukan data ke dalam database, perubahan data, serta peluruhan data (Maydanchik, 2007). Gambar 2.12 menunjukkan rincian dari masing-masing kategori klasifikasi penyebab turunnya kualitas data.



Gambar 2.12 Klasifikasi penyebab turunnya kualitas data menurut Maydanchik
Sumber: ilustrasi penulis

Permasalahan terkait kualitas data dapat muncul pada setiap fasa dalam siklus hidup data, mulai dari tahap pembuatan, pengumpulan, pengolahan, pengelolaan, penyimpanan, pengarsipan, serta penghapusan data (Mahanti, 2018). Adapun berbagai permasalahan tersebut dijelaskan oleh Mahanti dan dirangkum dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Permasalahan dalam kualitas data

No	Penyebab	Keterangan
1	Input data manual	Proses entri data yang dilakukan secara manual oleh manusia akan menimbulkan potensi kesalahan yang terjadi dalam pengisian formulir.
2	Kurangnya validasi	Formulir yang tidak mengalami proses validasi memiliki risiko penurunan kualitas data utamanya dalam dimensi <i>conformity</i> atau kesesuaian format.
3	Penuaan data	Seiring berjalannya waktu, suatu data dapat menjadi kadaluarsa apabila data tersebut tidak diperbarui berdasarkan perubahan yang terjadi.
4	Proses bisnis tidak efisien	Kurangnya standarisasi prosedur serta desain proses bisnis yang buruk dapat menyebabkan petugas entri data tidak memahami urgensi dari data yang mereka tangani sehingga cenderung asal-asalan ketika mengisi formulir.

No	Penyebab	Keterangan
5	Migrasi data	Pemindahan data dari suatu sistem ke sistem lain dapat menimbulkan masalah utamanya jika terdapat perbedaan skema basis data yang digunakan.
6	Integrasi data	Penggabungan data dari beberapa sumber umumnya dilakukan untuk menciptakan sistem yang lebih besar. Namun demikian, apabila tidak ditangani dengan hati-hati, hal ini dapat menimbulkan permasalahan akibat perbedaan skema basis data antar sistem.
7	<i>Cleansing data</i>	Perbaikan yang dilakukan terhadap data berpotensi menimbulkan kesalahan seiring dengan bertambahnya jumlah data. Selain itu, penggunaan program otomatis untuk membersihkan data berpotensi memiliki kesalahan dalam algoritma yang dapat menurunkan kualitas data.
8	Perubahan organisasi	Reorganisasi, globalisasi, dan penggabungan perusahaan membawa implikasi terhadap penyesuaian sistem pengelolaan data. Setiap tindakan penyesuaian terhadap sistem yang sudah berjalan berpotensi menimbulkan penurunan kualitas data yang dikelola.
9	Perbaruan sistem	Data yang sama dikelola menggunakan sistem berbeda dapat menimbulkan permasalahan yang berbeda. Oleh karenanya segala macam perubahan pada sistem harus dilakukan secara cermat.
10	Penghapusan data	Kesalahan dalam penghapusan data dapat berdampak pada hilangnya informasi penting atau tersisanya informasi kadaluarsa.
11	Kurang nya pemahaman data	Sebuah data dibuat umumnya untuk memenuhi suatu kebutuhan. Apabila data tersebut digunakan untuk kebutuhan lain di luar tujuan awal, maka apabila terdapat ketidaksesuaian, tidak dapat dikatakan sebagai penurunan kualitas data. Maka pengolahan data harus selalu selaras dengan pemahaman para penggunanya terhadap konteks penggunaan data.
12	Hilangnya keahlian	Perginya orang yang memahami rancang bangun sistem pengelolaan data dari sebuah organisasi dapat menyebabkan kebingungan bagi petugas lain apabila tidak ada dokumentasi yang jelas terkait desain dan anomali yang mungkin terjadi di dalamnya.

No	Penyebab	Keterangan
13	Kekurangan acuan	Tidak adanya acuan standar yang berlaku di seluruh lini organisasi pengelola data dapat menimbulkan kerancuan seperti penulisan tanggal 04 Februari 2023 apakah ditulis "04/02/2023" atau "02/04/2023".
14	Tata kelola tidak baik	Rendahnya transparansi serta tidak jelasnya penanggung jawab data dapat menimbulkan kualitas data yang rendah dan cenderung asal-asalan.
15	Peretasan data	Para peretas dapat melakukan manipulasi, pencurian, dan penghapusan terhadap data yang dapat merusak kualitas data serta merugikan organisasi pengelola.

Sumber: Mahanti, 2018

2.1.4.4. Asesmen Kualitas Data

Evaluasi terhadap pekerjaan analitik dapat dilakukan menggunakan kerangka kerja kualitas informasi (*Information Quality Framework*, disingkat InfoQ). Metode ini menawarkan pendekatan yang lebih terstruktur untuk menilai kualitas suatu pekerjaan analitik berdasarkan nilai manfaat, U , yang diperoleh dari pelaksanaan suatu kegiatan analisa, f , terhadap sekumpulan data, X , untuk mencapai tujuan tertentu, g (Kenett & Redman, 2019). Definisi tersebut dituliskan secara matematis dalam Persamaan 2.2.

$$InfoQ(U, f, X, g) = U(f(X|g)) \quad (2.2)$$

Selanjutnya, InfoQ menentukan delapan dimensi asesmen yang dapat dinilai secara terpisah dalam konteks permasalahan dengan tujuan yang spesifik:

1. Resolusi data, untuk mengetahui kesesuaian skala pengukuran, tingkatan agregasi, serta derajat ketidakpastian data terhadap tujuan akhir yang ingin dicapai;
2. Struktur data, untuk mengetahui seberapa komprehensif data yang tersedia dan dapat digunakan, baik yang terstruktur maupun tidak;
3. Kesenambungan data, untuk mengetahui tingkat kemungkinan untuk mengintegrasikan beberapa data dari sumber berbeda;
4. Relevansi, untuk memastikan bahwa waktu pengambilan data telah sesuai dengan rentang yang diharapkan untuk mencapai tujuan;

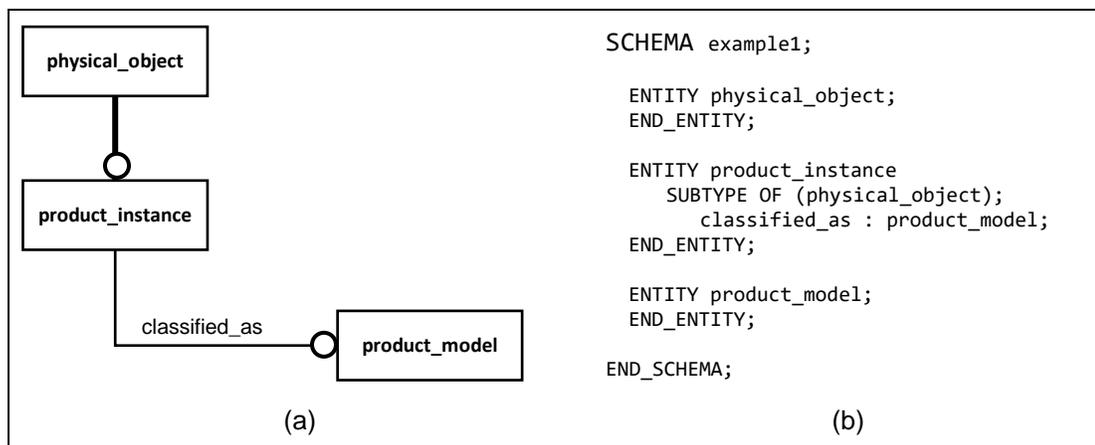
5. Kemampuan untuk digeneralisir, untuk mengetahui apakah hasil kajian masih relevan bilamana digunakan dalam konteks yang lebih luas;
6. Kronologi dan tujuan, untuk mengetahui apakah analisa dan kebutuhan para pengambil kebijakan telah selaras dalam waktu yang tepat;
7. Operasionalisasi, untuk memastikan hasil kajian dapat dilaksanakan;
8. Komunikasi, untuk memastikan bahwa hasil kajian dapat dipresentasikan kepada pengambil kebijakan dalam waktu dan cara yang tepat.

Kenett dan Redman merekomendasikan penggunaan skala 1-5 dalam melakukan penilaian masing-masing dimensi dengan 1 adalah skor terendah dan 5 adalah skor tertinggi. Selanjutnya, penarikan kesimpulan secara umum dapat dilakukan menggunakan rata-rata geometrik dari delapan dimensi tersebut.

2.1.4.5. Model Data

Pengelolaan data yang baik akan memperhatikan desain model data yang digunakan pada awal mula penyusunan sistem basis data. Pada mulanya, model data merupakan abstraksi dari struktur kolom dalam sebuah tabel serta bagaimana tabel satu berhubungan dengan tabel lainnya. Namun demikian, definisi ini kemudian berkembang seiring dengan perkembangan sistem digital yang menyebabkan pengelolaan data menjadi berbasis komputer. Dalam era modern, data model dapat didefinisikan sebagai struktur penentu makna data. Dengan kata lain, model data berisikan aturan-aturan yang bersifat restriktif. Artinya, segala sesuatu tidak boleh dilakukan kecuali ada aturan yang memperbolehkan (West, 2011).

Selanjutnya, West menjelaskan bahwa kebanyakan perusahaan mengimplementasikan model data dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas informasi yang akan digunakan dalam pengambilan keputusan. Satu hal yang perlu digarisbawahi adalah bahwa peningkatan kualitas tidak selamanya bermakna peningkatan akurasi dari sebuah data. Peningkatan kualitas tersebut sejatinya bermakna kesesuaian terhadap tujuan penggunaan.



Gambar 2.13 Contoh notasi model data
Sumber: West, 2011

Perwujudan dari model data dapat berupa naskah tekstual maupun diagram. Kedua metode tersebut dapat digunakan selama mampu menyediakan alur komunikasi yang dapat dimengerti oleh orang lain secara efektif dan efisien. Boleh jadi penggunaan diagram yang terlalu rumit dan melibatkan banyak symbol justru akan membingungkan pembaca dibanding menuliskannya secara lugas dalam bentuk naskah narasi atau kode program. Oleh karenanya, seorang desainer model data harus mampu menyeimbangkan aspek kompleksitas, kemudahan dipahami, serta kapabilitas suatu dokumen dalam menyajikan desain model data. Dengan kata lain, penulisan harus memenuhi tiga kaidah berikut: sederhana, mudah diingat dan mumpuni. Gambar 2.13 menunjukkan contoh notasi sebuah model data sederhana: dalam bentuk diagram (a) dan dalam bentuk tekstual (b).

2.1.4.6. Prinsip dalam Model Data

Perancangan dan pengembangan model data dapat dilakukan melalui dua pendekatan: normalisasi dan ontologi (West, 2011). Pendekatan normalisasi dilakukan dengan cara mencari pola dan anomali berulang yang ada pada sekelompok data kemudian menghilangkannya dengan cara membuat tipe entitas baru. Sedangkan pendekatan ontologi lebih menekankan pada penentuan data apa yang akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan struktur data.

Tabel 2.7 Contoh tabel penghasilan pegawai

No	Nama Pegawai	Bagian	Masa Kerja	Gaji
1	Adinda	SDM	3 Tahun	Rp 5.000.000,-
2	Bagus	Enjiniring	3 Tahun	Rp 6.000.000,-
3	Candra	Enjiniring	8 Tahun	Rp 9.000.000,-
4	Dimas	Keuangan	5 Tahun	Rp 6.500.000,-
5	Erina	Pemasaran	4 Tahun	Rp 6.500.000,-

Sumber: West, 2011

Berdasarkan informasi yang tersedia pada Tabel 2.7, pendekatan normalisasi akan menghasilkan model data yang memiliki sebuah entitas yang terdiri dari empat atribut: nama pegawai, bagian, masa kerja, dan gaji. Namun demikian, pendekatan ontologi akan mempertanyakan mengenai apa yang sebenarnya direpresentasikan oleh masing-masing atribut dalam entitas tersebut. Dengan analisa lebih lanjut, pendekatan ontologi akan menghasilkan model data yang terdiri dari dua entitas: data pegawai dan data gaji sebagaimana dijabarkan dalam Tabel 2.8 dan Tabel 2.9. Kedua tabel tersebut dihubungkan dengan relasi kolom nomor pegawai yang berfungsi sebagai *primary key* pada tabel kepegawaian dan sebagai *foreign key* pada tabel daftar gaji pegawai.

Tabel 2.8 Contoh tabel kepegawaian

Nomor Pegawai	Nama Pegawai	Bagian	Tanggal Masuk
A12003	Adinda	SDM	2012-05-01
B12008	Bagus	Enjiniring	2012-05-01
B07021	Candra	Enjiniring	2007-03-01
C10013	Dimas	Keuangan	2010-01-01
D11005	Erina	Pemasaran	2011-02-01

Sumber: West, 2011

Tabel 2.9 Contoh tabel gaji pegawai dengan relasi

No	Nomor Pegawai	Gaji
1	A12003	Rp 5.000.000,-
2	B12008	Rp 6.000.000,-
3	B07021	Rp 9.000.000,-
4	C10013	Rp 6.500.000,-
5	D11005	Rp 6.500.000,-

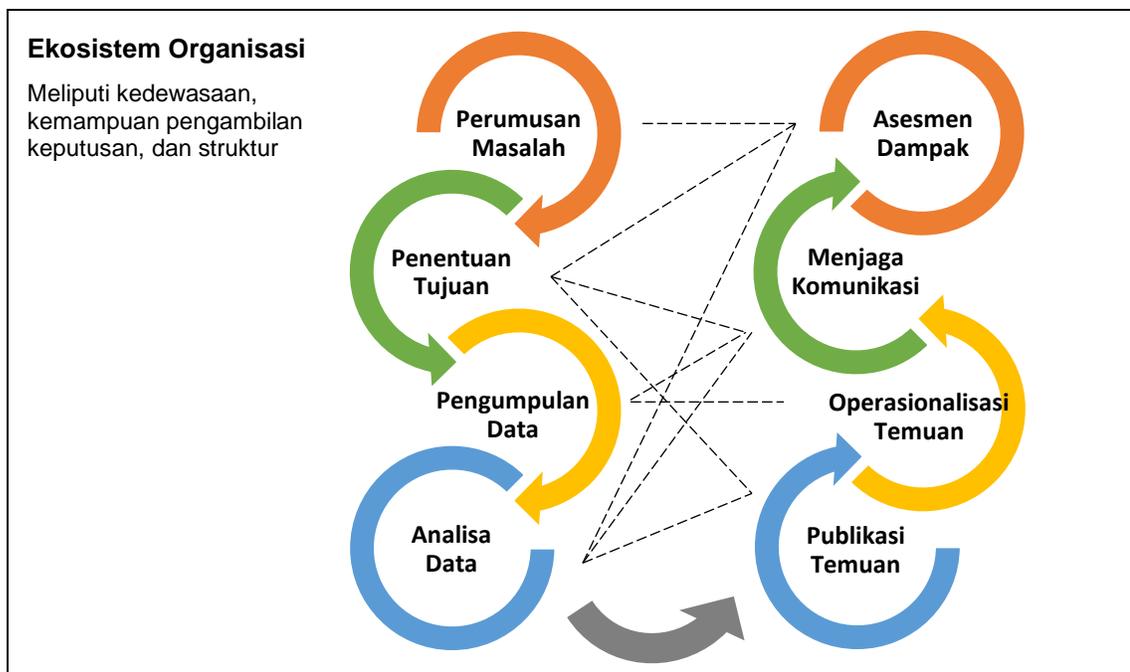
Sumber: West, 2011

Selanjutnya, West menjelaskan bahwa dalam perancangan model data, desainer harus memperhatikan beberapa kaidah sebagai berikut:

1. Memastikan aturan yang dibuat dapat berlaku dalam semua kondisi, artinya desainer harus memikirkan semua kemungkinan yang dapat terjadi dalam pengolahan dan pengelolaan data untuk memastikan tidak ada kerancuan aturan di belakang hari;
2. Memastikan seluruh entitas dan elemen dalam model data memiliki definisi yang jelas yang menggambarkan objek/kondisi/peristiwa di dunia nyata;
3. Mampu membedakan model teori dan model yang dimaksud (*intended model*). Model teori merupakan sekelompok aturan yang dapat dijalankan dan menyusun struktur basis data, sedangkan *intended model* merupakan pemetaan relasi antareleman yang ada di dalam model teori berdasarkan makna dan tujuan riil data itu dibuat;
4. Menyadari bahwa tidak semua aturan dapat dijadikan sebagai bagian dari model data. Aturan cenderung bersifat dinamis dan dapat berubah seiring dengan pergantian kebijakan manajemen organisasi. Jika hal tersebut terjadi, maka biaya yang timbul untuk menyesuaikan ulang model data akan menjadi tinggi;
5. Memahami pentingnya standarisasi penamaan entitas beserta seluruh elemen di dalamnya untuk memudahkan pembacaan, pengembangan, dan pemecahan masalah di kemudian hari.

2.1.4.7. Ilmu Data dalam Pengambilan Keputusan

Proses pengambilan keputusan yang baik akan melibatkan penggunaan data guna mendapatkan hasil akhir yang bersifat objektif dan menyeluruh. Oleh karenanya, para pengambil kebijakan membutuhkan dukungan data yang bermakna dari para analis mereka. Namun demikian, sebagian besar perusahaan hanya dapat memanfaatkan sebagian nilai yang terkandung dalam data yang dimiliki (Kenett & Redman, 2019). Oleh karenanya, peningkatan kompetensi setiap individu yang ada dalam suatu organisasi menjadi penting untuk dilakukan agar semua orang dapat memahami urgensi dari data yang selama ini lalu-lalang di atas meja kerja mereka.



Gambar 2.14 Siklus hidup data dalam organisasi menurut Kenett & Redman
Sumber: ilustrasi penulis

Kenett dan Redman menjabarkan bagaimana seorang ilmuwan data dapat membantu para pengambil kebijakan melalui siklus hidup data sebagaimana terlihat pada Gambar 2.14. Adapun penjelasan masing-masing tahapan dalam siklus tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Perumusan masalah, dilakukan dengan cara mencari data awal dan melempar pertanyaan kepada para pengguna, dalam hal ini pengambil kebijakan. Inti dari tahapan ini adalah mencari tahu apa yang diinginkan oleh pengguna;
2. Penentuan tujuan, dilakukan dengan cara memahami permasalahan secara keseluruhan dalam konteks yang dihadapi. Pengguna kerap kali berhadapan dengan permasalahan namun tidak benar-benar dapat mengerti apa yang menjadi tujuan akhir sehingga tak mampu menyadari posisi mereka;
3. Pengumpulan data, penting bagi seorang analis untuk memahami konteks data yang mereka hadapi. Hal tersebut disebabkan oleh karena data bukan hanya sekedar angka, melainkan angka disertai konteks;
4. Analisa data, merupakan kegiatan untuk memunculkan makna dari sebuah data, memisahkan sinyal dari pengotor, serta mengubah data menjadi informasi. Namun demikian, dalam banyak kesempatan, seorang analis cenderung lebih sering berkuat dengan perbaikan kualitas data dibanding dengan melakukan analisa itu sendiri;
5. Publikasi temuan, dilakukan dengan cara menjelaskan hasil analisa beserta rekomendasi yang diusulkan. Inti dari tahapan ini adalah membuat menerjemahkan hasil analisa yang bersifat teknis menjadi laporan yang dapat dimengerti oleh para pengambil kebijakan;
6. Operasionalisasi temuan, dilakukan dengan cara memberi rekomendasi terkait siapa, apa, kapan, dan bagaimana teknis pelaksanaan dari solusi yang diusulkan. Artinya, analis harus turut serta melakukan evaluasi terhadap efektivitas rekomendasi yang ia buat;
7. Menjaga komunikasi, penting dilakukan untuk memastikan kesepahaman antarpemangku kepentingan mengenai temuan, keputusan, serta konsekuensi yang ditimbulkan dari pengambilan keputusan tersebut;
8. Asesmen dampak, dilakukan untuk menilai seberapa baik kinerja yang dilakukan oleh analis dalam merumuskan data dan kendala menjadi solusi.

2.2. Tinjauan Empiris

Dalam penyusunan penelitian ini, Penulis melakukan kajian terhadap penelitian terdahulu yang dirasa berkaitan dengan topik bahasan utama penelitian. Hasil penelusuran tersebut dirangkum dan disajikan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Risalah penelitian terdahulu

No	Penulis/Judul	Tujuan	Desain	Hasil
1	Afshari et al. (2010) <i>Simple Additive Weighting Approach to Personnel Selection Problem</i>	Melakukan seleksi personil berdasarkan opini ahli menggunakan model pengambilan keputusan multikriteria.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode kombinasi SAW-AHP berhasil mempercepat proses seleksi personil perusahaan telekomunikasi di Iran. 2. Penggunaan metode tersebut dapat mengurangi ketidakpastian penilaian dalam proses seleksi personil.
2	Bernasconi et al. (2010) <i>The Analytic Hierarchy Process and The Theory of Measurement</i>	Membuktikan bahwa AHP merupakan metode pengambilan keputusan yang andal berdasarkan teori pengukuran subjektif modern.	Eksperimen	<ol style="list-style-type: none"> 1. AHP dapat digunakan untuk keperluan pengukuran dan perkiraan. 2. AHP memberikan distorsi persepsi akibat pembobotan subjektif terhadap hal yang mudah diukur, seperti jarak antara dua kota. 3. Metode AHP klasik memiliki performa lebih baik dalam menilai hal yang sulit diukur, seperti preferensi. 4. Distorsi persepsi dapat dikurangi dengan menggunakan data statistik sebagai faktor pembobotan untuk meningkatkan konsistensi penilaian.
3	Guo & Guo (2022) <i>Health Index for Power Transformer Condition Assessment based on Operation History & Test Data</i>	Menentukan kondisi kesehatan trafo tenaga berdasarkan aspek HI_1 (usia dan riwayat operasi) serta aspek HI_2 (hasil uji) dari 55 unit trafo tenaga.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hasil akhir dari HI trafo tenaga dapat digunakan sebagai dasar penyusunan kebijakan pemeliharaan. 2. Nilai HI teoritis digunakan untuk menggambarkan deteriorasi komponen mekanik akibat penuaan termal jangka panjang dari kertas isolasi. 3. Nilai HI aktual diperoleh berdasarkan hasil uji sebagai parameter tambahan untuk dikombinasikan dengan nilai HI teoritis. 4. Metode asesmen menggunakan parameter HI teoritis dan HI aktual dapat menghasilkan penilaian kondisi trafo tenaga yang lebih realistik dan komprehensif.

No	Penulis/Judul	Tujuan	Desain	Hasil
4	Ibrahim & Surya (2019) <i>The Implementation of SAW Method in Decision Support System for the Best School Selection in Jambi</i>	Menentukan sekolah terbaik di Kota Jambi menggunakan analisa pengambilan keputusan multikriteria.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penggunaan metode SAW dapat memudahkan dan mempercepat proses penentuan sekolah terbaik di Kota Jambi. 2. Hasil analisa dapat digunakan untuk mengevaluasi kekurangan yang dimiliki oleh masing-masing sekolah.
5	Jaya et al. (2020) <i>Implementasi MCDM pada Agroindustri: Suatu Telaah Literatur</i>	Melakukan telaah literatur terhadap implementasi MCDM pada sektor agroindustri.	Studi Literatur	<ol style="list-style-type: none"> 1. AHP dan ANP adalah metode pengambilan keputusan yang paling banyak digunakan dalam sektor agroindustri. 2. Analisa MCDM telah diterapkan mulai dari penentuan kebijakan skala operasional hingga strategis. 3. Metode hybrid/gabungan dapat diterapkan sebagai optimasi terhadap kekurangan yang dimiliki oleh masing-masing metode klasik/konvensional.
6	Jihadi et al. (2021) <i>Best Sharia Bank in Indonesia: an AHP Approach</i>	Menentukan bank syariah terbaik di Indonesia berdasarkan kriteria: modal, kualitas aset, efisiensi, likuiditas, SCnP, dan Indeks Maqashid.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode AHP dapat digunakan untuk menentukan bank syariah dengan kinerja terbaik di Indonesia. 2. Analisa AHP dapat menunjukkan bahwa Indeks Maqashid merupakan kriteria paling penting (memiliki bobot paling besar) untuk menentukan kinerja bank syariah.
7	Jurgensen et al. (2017) <i>HI as Condition Estimator for Power System Equipment: a Critical Discussion & Case Study</i>	Mengulas kelebihan dan kekurangan <i>Health Index</i> sebagai indikator kondisi peralatan sistem ketenagalistrikan.	Studi Literatur	<ol style="list-style-type: none"> 1. Model <i>Health Index</i> harus memiliki definisi yang jelas dengan metode perhitungan yang transparan. 2. Definisi dan metode perhitungan dari model tersebut harus tersampaikan pada pihak pengambil keputusan. 3. Skala nilai linguistik dapat menyembunyikan <i>trend</i> perubahan nilai <i>Health Index</i>.
8	Leal (2019) <i>AHP-Express: Simplified Version of AHP Method</i>	Menyederhanakan metode AHP untuk penentuan prioritas alternatif dengan mengurangi jumlah penilaian yang harus diberikan.	R&D	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jumlah penilaian yang harus diberikan oleh pakar berkurang dari $(n^2 - 1)/2$ menjadi hanya $n - 1$ kali. 2. Permasalahan inkonsistensi dalam penilaian pada metode AHP klasik dapat dihilangkan.

No	Penulis/Judul	Tujuan	Desain	Hasil
9	Li et al. (2023) <i>Review of Transformer HI form the Perspective of Survivability and Condition Assessment</i>	Mengulas dan membandingkan berbagai metode penilaian <i>Health Index</i> trafo tenaga.	Studi Literatur	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Health Index</i> merupakan sebuah alat yang komprehensif dan praktis dalam implementasi manajemen aset dan pemeliharaan. 2. Metode berbasis pembobotan banyak diterima dan digunakan di lingkungan perusahaan utilitas sedangkan metode berbasis AI lebih banyak diterima oleh akademisi. 3. Penentuan bobot penilaian memegang peran kunci terhadap keandalan <i>Health Index</i>.
10	Liun et al. (2022) <i>Indonesia's Energy Demand Projection until 2060</i>	Membuat proyeksi kebutuhan energi di Indonesia pada tahun 2060.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kebutuhan energi di Indonesia diperkirakan meningkat dari 195,0 Mtoe pada tahun 2020 menjadi 556,5 Mtoe pada tahun 2060. 2. Kenaikan kebutuhan energi didominasi oleh energi listrik dan bahan bakar minyak pada sektor industri, jasa layanan, dan transportasi. 3. Penyediaan energi hijau dan ramah lingkungan menjadi tantangan Indonesia dalam pemenuhan kebutuhan energi di tahun 2060.
11	Mardiana et al. (2018) <i>Estimation of Indonesia's Energy Demand to 2030 and Alternatives Scenario to Reduce Oil Dependence</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengulas faktor kebutuhan minyak di Indonesia. 2. Memperkirakan kebutuhan energi Indonesia pada 2030. 	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kebutuhan energi Indonesia diperkirakan meningkat dari 1.648 juta BOE pada 2016 menjadi 3.221 juta BOE pada 2030. 2. Ketergantungan minyak bumi pada sektor transportasi dapat dikurangi dengan beralih menggunakan gas alam.
12	McNeil et al. (2019) <i>Forecasting Indonesia's Electricity Load through 2030 and Peak Demand Reductions from Appliance & Lighting Efficiency</i>	Menghitung proyeksi beban listrik Indonesia pada 2030 serta mengulas potensi penghematan yang dapat diperoleh dari efisiensi penggunaan listrik.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Beban puncak energi listrik Indonesia pada 2030 diperkirakan mencapai 77,3 GW didominasi oleh penggunaan pendingin udara, lampu, dan kulkas. 2. Efisiensi penggunaan peralatan rumah tangga dan lampu diproyeksikan dapat menurunkan beban puncak di tahun 2030 sebesar 26,5 GW. 3. Standarisasi dalam implementasi efisiensi peralatan rumah tangga memiliki potensi penghematan biaya kapital senilai sepuluh miliar USD bagi Indonesia.

No	Penulis/Judul	Tujuan	Desain	Hasil
13	Pachemska et al. (2014) <i>AHP Method Application in The Process of Selection and Evaluation</i>	Melakukan evaluasi dan memilih penawaran terbaik dalam proses lelang pengadaan perangkat komputer.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. AHP dapat digunakan untuk menentukan penawaran terbaik dalam sebuah lelang. 2. AHP dapat meminimalisir interdependensi antar kriteria dalam pengambilan keputusan.
14	Panjaitan (2019) <i>SAW Method in Determining Beneficiaries of Foundation Benefits</i>	Menentukan kandidat beswan yang berhak menerima beasiswa dari Yayasan MDTA Nurul Ikhwan menggunakan analisa keputusan multikriteria.	Terapan	Metode SAW dapat digunakan untuk menentukan penerima beasiswa dari Yayasan MDTA Nurul Ikhwan.
15	Pramudhita et al. (2015) <i>Penggunaan Algoritma MCDM dengan Metode TOPSIS dalam Penempatan Karyawan</i>	Membangun DSS untuk membantu proses penempatan karyawan.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode TOPSIS dapat digunakan untuk menentukan peringkat calon karyawan yang layak diterima dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 85%. 2. Akurasi metode TOPSIS mengalami kenaikan seiring bertambahnya jumlah data yang diolah.
16	Prasetyo et al. (2016) <i>Fuzzy SAW in The Decision Making of HR Recruitment</i>	Menerapkan Fuzzy SAW dalam proses rekrutmen pegawai untuk menentukan kandidat terbaik yang akan diterima.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penentuan kandidat terbaik dalam proses rekrutmen pegawai dapat dilakukan menggunakan metode SAW. 2. Hasil akhir dari asesmen sangat dipengaruhi oleh pembobotan yang ditentukan secara subjektif oleh penyelenggara seleksi.
17	Saaty (1987) <i>The Analytic Hierarchy Process: What It is and How It is Used</i>	Memperkenalkan AHP sebagai metode pengukuran berskala untuk memberikan urutan prioritas berdasarkan penilaian tertentu.	R&D	AHP dapat digunakan untuk melakukan pengukuran absolut maupun relatif dengan tetap memperhatikan tingkat konsistensi penilaian yang diberikan agar berada dalam rentang yang diperbolehkan.
18	Saaty (2008) <i>Decision Making with The Analytic Hierarchy Process</i>	Menjelaskan kegunaan AHP dalam pengambilan keputusan.	Eksplanatori	<ol style="list-style-type: none"> 1. AHP mampu menyediakan metode yang terorganisir dalam pengumpulan informasi dan pengambilan keputusan. 2. AHP telah diterapkan pada berbagai sektor untuk mengambil keputusan baik pada tingkatan operasional maupun strategis.

No	Penulis/Judul	Tujuan	Desain	Hasil
19	Santika et al. (2023) <i>Model Asesmen Berbasis Indeks dalam Pengelolaan MTU pada PT PLN (Persero) UIKL Sulawesi: Mini Review</i>	Mengulas keterkaitan ilmu manajemen aset, pengambilan keputusan, serta ilmu data dalam perumusan kebijakan strategis perusahaan.	Studi Literatur	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tata kelola aset yang baik akan memperhatikan aspek teknis, ekonomis, dan risiko yang ada di sepanjang siklus hidup aset. 2. Pengambilan keputusan multikriteria harus dapat dipertanggungjawabkan menggunakan model matematis melalui pendekatan kuantitatif yang objektif. 3. Kualitas kesimpulan akhir dari keputusan multikriteria dipengaruhi oleh kualitas data masukan yang digunakan. 4. Manajemen aset dalam organisasi bersifat menyeluruh dan tidak dapat dipisahkan antara satu bagian dengan lainnya.
20	Santos et al. (2021) <i>MCDM in The Selection of Warships: A New Approach to The AHP Method</i>	Menentukan kapal perang yang akan diproduksi oleh Angkatan Laut Brazil berdasarkan sembilan kriteria ekonomis dan operasional.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode AHP dapat digunakan secara efisien untuk menentukan bobot kriteria penilaian serta membuat urutan prioritas alternatif model kapal yang dievaluasi. 2. Analisa sensitivitas dilakukan untuk meningkatkan akurasi dan keandalan dari skala prioritas yang dihasilkan. 3. Faktor Gaussian dapat digunakan untuk mengubah bobot kriteria guna mendapatkan urutan prioritas alternatif pembandingan tanpa perlu mengulang komparasi berpasangan.
21	Somboonchaiwong et al. (2019) <i>Health Index Determination of Aged HV Substation in Distribution System</i>	Menentukan nilai HI dari 15 gardu induk yang diperoleh dari kondisi MTU berdasarkan pembobotan hasil uji dan inspeksi visual.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asesmen dapat dilakukan terhadap peralatan MTU berdasarkan hasil uji dan inspeksi visual pada 15 gardu induk yang ada di Thailand. 2. Faktor pembobotan yang objektif dapat diperoleh menggunakan metode AHP. 3. Hasil asesmen dapat digunakan secara efektif dalam perencanaan pemeliharaan.
22	Sunarti et al. (2018) <i>Comparison TOPSIS and SAW Method in The Selection of Tourism Destination in Indonesia</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menentukan peringkat objek wisata di Indonesia berdasar analisa multikriteria. 2. Membandingkan hasil analisa TOPSIS dan SAW. 	Komparasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penilaian objek wisata dapat dilakukan dengan menggunakan metode TOPSIS dan SAW. 2. Kedua analisa tersebut memberikan hasil akhir urutan peringkat yang berbeda. 3. Penentuan bobot kriteria memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap hasil akhir analisa.

No	Penulis/Judul	Tujuan	Desain	Hasil
23	Thakur et al. (2022) <i>Health Index Analysis of Transmission System Components</i>	Melakukan analisa kondisi sistem transmisi berdasarkan HI dari komponen dan subkomponen yang ada di dalamnya.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penilaian HI pada saluran udara dan kabel tanah berhasil dilakukan menggunakan metode penjumlahan berbobot pada tiga tingkatan: sistem, komponen, & subkomponen. 2. Nilai HI pada tingkatan komponen memiliki intepretasi yang lebih tajam untuk melihat adanya degradasi performa peralatan. 3. Nilai HI pada tingkatan subkomponen berperan untuk mengetahui letak terjadinya kegagalan pada peralatan.
24	Vafei et al. (2018) <i>Selection of Normalization Technique for Weighted Average MCDM</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membandingkan metode normalisasi pada analisa SAW. 2. Merekomendasikan metode normalisasi yang paling cocok untuk digunakan pada SAW. 	Komparasi	<p>Terdapat tiga metode normalisasi yang direkomendasikan untuk analisa SAW:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Linear Sum Normalization, 2. Vector Normalization, 3. Linear Max Normalization.
25	Widianta et al. (2018) <i>Comparison of Multi-Criteria Decision Support Method (AHP, TOPSIS, SAW, & Promethee) for Employee Placement</i>	Membandingkan akurasi empat metode MCDM terhadap keputusan pakar pada kasus penempatan pegawai.	Komparasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Akurasi dari keempat metode tersebut: <ol style="list-style-type: none"> a. TOPSIS = 95.00% b. Promethee = 93.34% c. SAW = 81.67% d. AHP = 50.00% 2. Akurasi metode AHP mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah alternatif yang dibandingkan.
26	Yulianto & Prasojo (2023) <i>Implementation of CL to CAF Index on HVCB in Sulmapana Region</i>	Menerapkan <i>Certainty Level</i> sebagai nilai pendamping terhadap nilai <i>Condition Assessment Factor</i> yang terkendala tidak lengkapnya data hasil pengujian.	Terapan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Asesmen berhasil dilakukan pada 185 PMT dengan hasil: <ol style="list-style-type: none"> a. >80% PMT dalam kondisi CAF sangat baik dan <10% berada dalam kondisi buruk. b. >50% PMT memiliki CL >75% dan <10% populasi memiliki nilai CL <50%. 2. Nilai CL dapat memberi gambaran terkait seberapa representatif nilai CAF yang diperoleh terhadap kondisi riil peralatan.

Sumber: data penulis