

MANAJEMEN RISIKO ASET ALAT KESEHATAN PADA INSTANSI BLU MENGGUNAKAN INTEGRASI SPECTRAL CLUSTERING DAN VISUAL PROMETHEE

TESIS

Oleh:

**SIMON FREDY SINAGA
NIM. 231232246**



**PROGRAM STUDI S-2 TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS INFORMATIKA
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2025**

RISK MANAGEMENT OF MEDICAL DEVICE ASSETS IN BLU INSTITUTIONS USING THE INTEGRATION OF SPECTRAL CLUSTERING AND VISUAL PROMETHEE

THESIS

By:

**SIMON FREDY SINAGA
ID NUMBER. 231232246**



**MAJOR OF S-2 INFORMATION TECHNOLOGY
FACULTY OF INFORMATICS
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2025**

LEMBARAN PENGESAHAN

**MANAJEMEN RISIKO ASET ALAT KESEHATAN PADA INSTANSI
BLU MENGGUNAKAN INTEGRASI SPECTRAL CLUSTERING DAN
VISUAL PROMETHEE**

TESIS

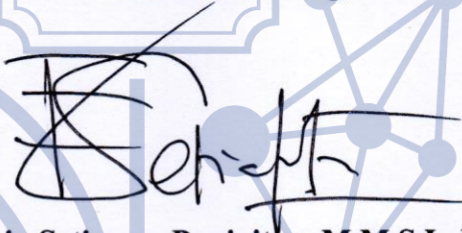
Diajukan untuk Melengkapi Persyaratan Guna
Mendapatkan Gelar Magister
Program Studi S-2 Teknologi Informasi

Oleh:

SIMON FREDY SINAGA
NIM. 231232246

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing,



Ir. Erwin Setiawan Panjaitan, M.M.S.I., Ph.D.

Medan, 20 Agustus 2026
Diketahui dan Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi
S-2 Teknologi Informasi,



Ir. Erwin Setiawan Panjaitan, M.M.S.I., Ph.D.

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-2 Teknologi Informasi Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Simon Fredy Sinaga

NIM : 231232246

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Tesis dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Tesis : Manajemen Risiko Aset Alat Kesehatan pada Instansi BLU Menggunakan Integrasi Spectral Clustering dan Visual PROMETHEE

Tempat Penelitian : Rumah Sakit Bhayangkara TK.II Medan

Alamat Tempat Penelitian : Jl. K. H. Wahid Hasyim No. 1 Medan

No. Telp. Tempat Penelitian : 0895329610043

Sehubungan dengan Tesis tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Tesis tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Tesis saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tesis saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Tesis saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 6 Agustus 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Simon Fredy Sinaga

ABSTRAK

Manajemen risiko aset alat kesehatan di institusi Badan Layanan Umum (BLU) menghadapi tantangan kompleksitas data yang beragam, keterbatasan sumber daya, dan tuntutan akuntabilitas yang tinggi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model integratif manajemen risiko aset alat kesehatan menggunakan Spectral Clustering dan Visual PROMETHEE di Rumah Sakit Bhayangkara TK.II Medan. Data diperoleh dari dokumen Rencana Strategis Bisnis (Renstra) tahun 2021-2025 dan wawancara dengan 15 pemangku kepentingan, menghasilkan 101 item alat kesehatan dengan enam kriteria risiko: kekritisitas (C1), frekuensi (C2), biaya pemeliharaan (C3), suku cadang (C4), nilai aset (C5), dan kondisi fisik (C6). Spectral Clustering dengan $k=3$ mengelompokkan alat menjadi tiga cluster: Cluster 3 (Risiko Tinggi, 22 item) yang berisi alat-alat vital seperti ventilator dan CT scanner, Cluster 1 (Risiko Sedang, 55 item), dan Cluster 2 (Risiko Rendah, 24 item). Bobot kriteria ditentukan melalui agregasi pemangku kepentingan ($C1=0.23$, $C2=0.19$, $C3=0.19$, $C4=0.16$, $C5=0.13$, $C6=0.11$). Visual PROMETHEE menghasilkan peringkat prioritas yang menunjukkan seluruh 10 alat teratas berasal dari Cluster 3, dengan ventilator, anesthesia apparatus, dan CT scanner sebagai prioritas tertinggi (net flow 0.6663). Evaluasi model menunjukkan silhouette coefficient 0.3040 yang mencerminkan kompleksitas data riil, sementara analisis sensitivitas menghasilkan Jaccard Similarity 1.0000 pada hampir seluruh skenario perubahan bobot $\pm 30\%$ yang membuktikan robustitas model integratif. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan metodologi sistem pendukung keputusan melalui integrasi Spectral Clustering dan Visual PROMETHEE dalam konteks manajemen risiko aset alat kesehatan di institusi BLU.

Kata Kunci: manajemen risiko aset, alat kesehatan, Spectral Clustering, Visual PROMETHEE, Badan Layanan Umum

ABSTRACT

Medical device asset risk management in Public Service Agency (BLU) institutions faces challenges of diverse data complexity, limited resources, and high accountability demands. This study aims to develop an integrative model for medical device asset risk management using Spectral Clustering and Visual PROMETHEE at Bhayangkara TK.II Hospital Medan. Data were obtained from the Strategic Business Plan (Renstra) documents for 2021-2025 and interviews with 15 stakeholders, yielding 101 medical device items with six risk criteria: criticality (C1), frequency (C2), maintenance cost (C3), spare parts (C4), asset value (C5), and physical condition (C6). Spectral Clustering with $k=3$ grouped the devices into three clusters: Cluster 3 (High Risk, 22 items) containing vital devices such as ventilators and CT scanners, Cluster 1 (Moderate Risk, 55 items), and Cluster 2 (Low Risk, 24 items). Criteria weights were determined through stakeholder aggregation ($C1=0.23$, $C2=0.19$, $C3=0.19$, $C4=0.16$, $C5=0.13$, $C6=0.11$). Visual PROMETHEE generated priority rankings showing that all top 10 devices originated from Cluster 3, with ventilators, anesthesia apparatus, and CT scanners as the highest priorities (net flow 0.6663). Model evaluation showed a silhouette coefficient of 0.3040, reflecting the complexity of real-world data, while sensitivity analysis yielded a Jaccard Similarity of 1.0000 across almost all $\pm 30\%$ weight change scenarios, demonstrating the robustness of the integrative model. This study contributes to the development of decision support system methodology through the integration of Spectral Clustering and Visual PROMETHEE in the context of medical device asset risk management in BLU institutions.

Keywords: asset risk management, medical devices, Spectral Clustering, Visual PROMETHEE, Public Service Agency

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmatNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “**Manajemen Risiko Aset Alat Kesehatan pada Instansi BLU Menggunakan Integrasi Spectral Clustering dan Visual PROMETHEE**” dengan baik. Penelitian ini dilakukan sebagai syarat kelulusan untuk memperoleh Gelar Magister Komputer (M.Kom) tahap Pendidikan Strata II di Program Studi Teknologi Informasi Universitas Mikroskil Medan.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Erwin Setiawan Panjaitan, M.M.S.I., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Hardy, S.Kom., M.SC., Ph.D, selaku Rektor Universitas Mikroskil Medan.
3. Bapak Sunaryo Winardi, S.Kom., M.T.I, selaku Dekan Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
4. Bapak Ir. Erwin Setiawan Panjaitan, M.M.S.I., Ph.D, selaku Ketua Program Studi S-2 Teknologi Informasi Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
5. Pihak Terkait di RS Bhayangkara Medan
6. Orang tua, keluarga, teman dan semua pihak yang mendukung selama penulisan tesis ini

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna dan tentu terdapat banyak kekurangan dalam proses dan hasil penelitian ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan demi perbaikan dan pengembangan lebih lanjut di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap tesis ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat, bangsa dan negara. Terima kasih

Medan, 6 Agustus 2026

Penulis,



Simon Fredy Sinaga

DAFTAR ISI

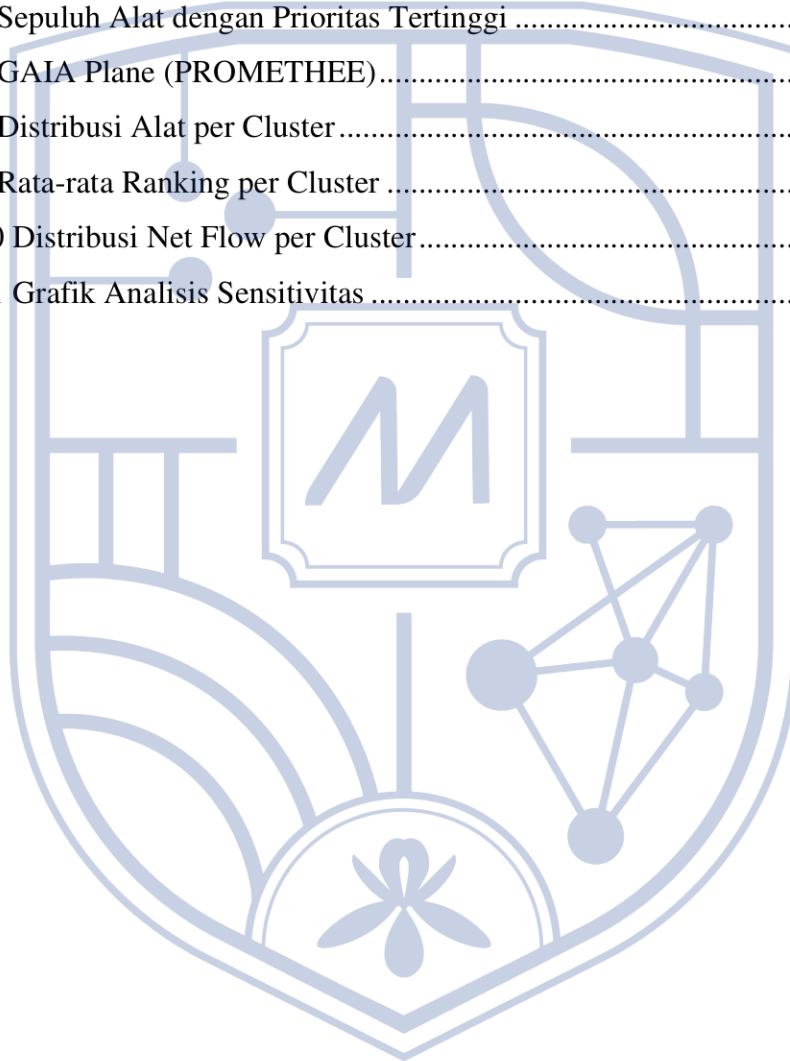
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	6
1.5 Ruang Lingkup	7
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	9
2.1 Badan Layanan Umum (BLU)	9
2.1.1 Definisi BLU Berdasarkan Peraturan Pemerintah.....	9
2.1.2 Karakteristik Utama BLU.....	9
2.1.3 Implikasi Status BLU	10
2.1.4 Tantangan Pengelolaan Aset di Era BLU.....	11
2.2 Manajemen Aset.....	12
2.2.1 Definisi Aset dan Klasifikasi Aset.....	12
2.2.2 Siklus Manajemen Aset.....	12
2.2.3 Prinsip-Prinsip Manajemen Aset yang Efektif dan Efisien	13
2.2.4 Manajemen Aset di Sektor Publik Vs Swasta	14
2.2.5 Tantangan Manajemen Aset di Rumah Sakit	15
2.3 Manajemen Risiko Aset	17
2.3.1 Definisi Risiko dalam Konteks Manajemen Aset.....	17
2.3.2 Komponen Risiko	17
2.3.3 Proses Manajemen Risiko	18
2.3.4 <i>Risk-Based Asset Management</i>	19
2.3.5 Matriks Risiko dan <i>Risk Ranking</i>	20
2.3.6 Kriteria Risiko untuk Alat Kesehatan.....	21

2.4	Spectral Clustering	23
2.4.1	Konsep Dasar Spectral Clustering	23
2.4.2	Matriks Similaritas dan Pembobotan Graf	23
2.4.3	Laplacian Matrix dan Dekomposisi Eigen	24
2.4.4	Algoritma Spectral Clustering	25
2.4.5	Keunggulan Spectral Clustering Dibanding Metode Konvensional.....	26
2.4.6	Parameter dalam Spectral Clustering	27
2.4.7	Aplikasi Spectral Clustering dalam Berbagai Domain.....	28
2.5	PROMETHEE	29
2.5.1	Sejarah dan perkembangan PROMETHEE	29
2.5.2	Konsep Dasar.....	30
2.5.3	Jenis-Jenis Fungsi Preferensi.....	30
2.5.4	Alur PROMETHEE	31
2.5.5	Visualisasi dalam PROMETHEE	33
2.5.6	Keunggulan PROMETHEE dibanding Metode MCDM Lain	33
2.6	Penelitian Terdahulu.....	35
2.6.1	Penelitian tentang Manajemen Risiko Aset di Rumah Sakit.....	35
2.6.2	Penelitian tentang Penerapan Metode Clustering pada Aset Kesehatan	36
2.6.3	Penelitian tentang Penerapan Metode MCDM di Sektor Kesehatan.....	38
2.6.4	Penelitian tentang Integrasi Clustering dan MCDM	41
2.6.5	Sintesis dan Posisi Penelitian	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		47
3.1	Desain Penelitian	47
3.1.1	Jenis Penelitian	47
3.1.2	Pendekatan Penelitian.....	47
3.1.3	Tahapan Penelitian Makro.....	48
3.1.4	Diagram Alir Penelitian.....	50
3.2	Data Penelitian.....	53
3.2.1	Sumber dan Pengumpulan Data	54
3.2.2	Kriteria dan Definisi Operasional.....	58
3.2.3	Praproses Data	64
3.3	Implementasi Model	72
3.3.1	Spectral Clustering	72
3.3.2	Penentuan Bobot Kriteria	78

3.3.3	Visual PROMETHEE.....	81
3.4	Evaluasi dan Analisis	88
3.4.1	Evaluasi Hasil Clustering	89
3.4.2	Evaluasi Hasil Perangkingan	90
3.4.3	Analisis dan Interpretasi Hasil.....	91
3.5	Alat Bantu dan Lingkungan Penelitian.....	91
3.5.1	Perangkat Keras.....	91
3.5.2	Perangkat Lunak.....	92
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	93
4.1	Hasil.....	93
4.1.1	Penentuan Jumlah Cluster Optimal	93
4.1.2	Profil dan Interpretasi Cluster.....	96
4.1.3	Perbandingan dengan Metode Baseline (K-Means)	104
4.1.4	Hasil Analisis Visual PROMETHEE	105
4.1.5	Penentuan Bobot Kriteria	105
4.1.6	Hasil Perangkingan Prioritas	107
4.1.7	Visualisasi GAIA dan Interpretasi.....	110
4.1.8	Integrasi Hasil Spectral Clustering dan Visual PROMETHEE.....	112
4.1.9	Pemetaan Prioritas ke dalam Cluster	112
4.1.10	Analisis Konsistensi dan Diskusi	117
4.1.11	Implikasi Manajerial.....	120
4.2	Pembahasan	123
4.2.1	Perubahan Bobot dan Stabilitas Peringkat	124
4.2.2	Diskusi Hasil Analisis Sensitivitas.....	127
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	132
5.1	Kesimpulan.....	132
5.2	Saran	133
DAFTAR PUSTAKA		135
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	51
Gambar 4.1 Grafik Eigengap dan Silhouette Coefficient.....	94
Gambar 4.3 Radar Chart Profil Cluster	98
Gambar 4.4 Perbandingan Profil Cluster per Kriteria	99
Gambar 4.5 Visualisasi Bobot Kriteria.....	107
Gambar 4.6 Sepuluh Alat dengan Prioritas Tertinggi	110
Gambar 4.7 GAIA Plane (PROMETHEE).....	111
Gambar 4.8 Distribusi Alat per Cluster	113
Gambar 4.9 Rata-rata Ranking per Cluster	114
Gambar 4.10 Distribusi Net Flow per Cluster	115
Gambar 4.11 Grafik Analisis Sensitivitas	126



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Proses Seleksi Data dan Kriteria Eksklusi	57
Tabel 3.2 Skala Pengukuran Kriteria Kekritisian terhadap Layanan	59
Tabel 3.3 Skala Pengukuran Kriteria Frekuensi Penggunaan	60
Tabel 3.4 Skala Pengukuran Kriteria Biaya Pemeliharaan.....	60
Tabel 3.5 Skala Pengukuran Kriteria Ketersediaan Suku Cadang	61
Tabel 3.6 Skala Pengukuran Kriteria Nilai Aset	61
Tabel 3.7 Skala Pengukuran Kriteria Kondisi Fisik	62
Tabel 3.8 Informasi Data Dari Dokumen Renstra.....	64
Tabel 3.9 Informasi Data Dari Hasil Wawancara.....	65
Tabel 3.10 Struktur Dataset Hasil Penggabungan	67
Tabel 3.11 Distribusi Data Berdasarkan Kategori.....	68
Tabel 3.12 Sumber Data dan Aturan Penentuan Nilai Akhir Setiap Kriteria.....	70
Tabel 3.13 Parameter Implementasi Spectral Clustering	74
Tabel 3.14 Komposisi Pemangku Kepentingan	78
Tabel 3.15 Nilai Validasi Bobot.....	80
Tabel 3.16 Justifikasi Arah Preferensi.....	84
Tabel 3.17 Library Python untuk Spectral Clustering	92
Tabel 4.1 Nilai Eigengap dan Silhouette Coefficient untuk Setiap Jumlah Cluster	93
Tabel 4.2 Distribusi Alat per Cluster	96
Tabel 4.3 Profil Cluster (Rata-rata Kriteria).....	96
Tabel 4.4 Perbandingan Spectral Clustering vs K-Means (k=3)	104
Tabel 4.5 Bobot Kriteria Hasil Agregasi Pemangku Kepentingan.....	106
Tabel 4.6 Sepuluh Alat dengan Prioritas Tertinggi	108
Tabel 4.7 Distribusi Prioritas per Cluster	116
Tabel 4.8 Statistik Net Flow per Cluster	117
Tabel 4.9 Statistik Ranking per Cluster	117
Tabel 4.10 Rekomendasi Penanganan Berdasarkan Cluster	120
Tabel 4.11 Hasil Analisis Sensitivitas	125