

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah Sakit Bhayangkara TK.II Medan merupakan institusi pelayanan kesehatan di bawah naungan Kepolisian Negara Republik Indonesia yang memiliki status sebagai Badan Layanan Umum (BLU) [1]. Status BLU memberikan fleksibilitas dalam pengelolaan keuangan, namun menuntut tata kelola yang transparan, akuntabel, dan berbasis kinerja [2], [3], [4]. Dalam konteks tersebut, pengelolaan aset menjadi salah satu aspek penting karena berpengaruh langsung terhadap keberlanjutan operasional institusi [5].

Alat kesehatan merupakan aset strategis dalam rumah sakit karena mendukung proses diagnosis, terapi, monitoring, dan pelayanan penunjang medis [6]. Data inventaris menunjukkan adanya keberagaman jenis alat, jumlah unit yang besar, variasi nilai aset, serta kondisi fisik yang berbeda-beda [7]. Kompleksitas ini menimbulkan tantangan dalam menentukan prioritas pemeliharaan, perbaikan, kalibrasi, maupun penggantian alat secara objektif dan sistematis [8].

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengatasi tantangan tersebut, namun masing-masing memiliki keterbatasan yang menjadi celah bagi pengembangan pendekatan yang lebih komprehensif.

Zamzam dkk. (2021) mengembangkan sistem penilaian prioritas dan prediktif untuk manajemen pemeliharaan strategis alat kesehatan yang komprehensif menggunakan kombinasi unsupervised dan supervised machine learning. Penelitian ini menggunakan dataset 13.352 unit alat kesehatan dari 19 kategori yang tersebar di fasilitas kesehatan publik di 10 negara bagian Malaysia. Metode yang digunakan adalah modified k-Means clustering untuk analisis prioritas dan enam algoritma machine learning untuk pengembangan model prediktif. Kelebihan penelitian ini adalah cakupannya yang komprehensif mencakup preventive maintenance, corrective maintenance, dan replacement programme. Namun, penelitian ini menggunakan metode clustering konvensional (K-Means) yang memiliki keterbatasan dalam menangani struktur data non-linear dan kompleks [7]. K-Means mengasumsikan cluster berbentuk bola (spherical clusters) dan terpisah secara linear, sehingga kinerjanya menurun ketika dihadapkan pada data dengan struktur yang tidak diketahui atau memiliki batas antar-cluster yang tidak linear. Data aset alat kesehatan dengan

enam kriteria risiko yang memiliki skala dan distribusi berbeda-beda berpotensi memiliki struktur yang tidak linear, sehingga diperlukan metode clustering yang lebih fleksibel.

Srilekha (2025) melakukan stratifikasi alat kesehatan menggunakan algoritma K-means clustering dengan empat fitur utama (purchase cost, downtime per year, usage per week, dan preventive maintenance cost per year) pada 1.973 unit alat kesehatan di Rumah Sakit X, Chennai, India. Penelitian ini berhasil mengelompokkan alat ke dalam tiga kategori prioritas dengan distribusi hampir merata. Kelebihan penelitian ini adalah penerapan optimized maintenance scheduling berdasarkan hasil clustering yang menghasilkan estimasi penghematan biaya dan pengurangan downtime. Namun, pendekatan ini hanya menggunakan empat kriteria dan belum mengintegrasikan hasil clustering dengan metode perangkingan multi-kriteria untuk menentukan urutan prioritas penanganan secara individual [9]. Dengan kata lain, penelitian ini menghasilkan pengelompokan (clustering) tetapi tidak menghasilkan urutan prioritas yang presisi di dalam setiap kelompok, sehingga manajemen masih kesulitan menentukan alat mana yang harus ditangani terlebih dahulu dalam kelompok prioritas yang sama.

Marciano dkk. (2022) menerapkan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk memilih penyedia jasa kalibrasi alat kesehatan terbaik. Penelitian ini mengidentifikasi 14 kriteria evaluasi yang dinilai oleh sekelompok ahli teknik klinis. Kelebihan penelitian ini adalah penggunaan AHP yang terbukti konsisten dengan indeks konsistensi 7%. Namun, penelitian ini hanya berfokus pada pemilihan penyedia jasa kalibrasi dan belum membahas prioritas penanganan alat kesehatan secara keseluruhan [10]. Selain itu, AHP memerlukan perbandingan berpasangan (pairwise comparison) yang menjadi tidak praktis jika jumlah alternatif sangat banyak—dalam konteks penelitian ini, membandingkan 101 item alat kesehatan secara berpasangan akan menghasilkan 5.050 perbandingan yang tidak efisien.

Huang dkk. (2024) mengembangkan model pengambilan keputusan multi-kriteria untuk prioritas penggantian alat kesehatan besar menggunakan integrasi COWA, PCA, dan GRA-TOPSIS. Kelebihan penelitian ini adalah penggabungan bobot subjektif (COWA) dan objektif (PCA) menggunakan game theory, serta validasi pada data 4 unit MRI di rumah sakit tersier dengan nilai R^2 sebesar 0,9667 dan koefisien Kendall W sebesar 0,812. Namun, penelitian ini hanya berfokus pada penggantian alat dan belum mengintegrasikan tahapan segmentasi risiko berbasis struktur data dengan proses perangkingan multi-kriteria dalam satu kerangka model yang terpadu [11].

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa terdapat dua kebutuhan analitis yang belum terpenuhi secara simultan dalam literatur manajemen risiko aset alat

kesehatan. Pertama, kebutuhan untuk mengidentifikasi struktur risiko aset secara objektif berdasarkan karakteristik data tanpa intervensi subjektif—yang membutuhkan metode clustering yang mampu menangani struktur data non-linear dan kompleks. Kedua, kebutuhan untuk menghasilkan urutan prioritas penanganan yang presisi dan dapat dipertanggungjawabkan berdasarkan preferensi pemangku kepentingan—yang membutuhkan metode multi-kriteria yang fleksibel dan mudah diinterpretasikan. Kedua kebutuhan ini saling melengkapi: clustering menjawab pertanyaan "alat mana yang memiliki karakteristik risiko serupa?", sementara perankingan menjawab pertanyaan "di antara alat-alat tersebut, mana yang harus ditangani terlebih dahulu?"

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan model integratif manajemen risiko aset alat kesehatan dengan menggabungkan Spectral Clustering dan Visual PROMETHEE [12]. Spectral Clustering digunakan untuk mengelompokkan alat kesehatan berdasarkan kemiripan karakteristik risiko melalui pendekatan berbasis matriks kemiripan dan dekomposisi eigen, sehingga mampu mengidentifikasi struktur data yang kompleks [13], [14]. Selanjutnya, Visual PROMETHEE digunakan untuk melakukan perankingan prioritas penanganan berdasarkan berbagai kriteria risiko secara simultan [15], [16].

Kebaruan dan justifikasi integrasi kedua metode ini terletak pada pembagian peran yang saling melengkapi, bukan sekadar penggabungan dua metode. Spectral Clustering dipilih karena kemampuannya menangani struktur data non-linear dan kompleks yang menjadi kelemahan utama K-Means yang digunakan pada penelitian terdahulu [8], [9], [17]. Metode ini bekerja secara objektif berdasarkan struktur data tanpa intervensi subjektif, sehingga mampu mengidentifikasi pola-pola risiko yang mungkin tidak terlihat secara kasat mata—misalnya, alat dengan kondisi fisik baik namun tetap berisiko tinggi karena kekritisannya dan nilai asetnya. Sementara itu, Visual PROMETHEE dipilih karena kebutuhan manajemen rumah sakit akan urutan prioritas tindakan yang presisi (ranking), bukan sekadar pengelompokan besar. Berbeda dengan AHP yang memerlukan perbandingan berpasangan yang menjadi tidak praktis jika jumlah alternatif sangat banyak [10], PROMETHEE mampu menangani kriteria kuantitatif dan kualitatif secara simultan tanpa memerlukan normalisasi data yang berisiko kehilangan informasi [18], serta menyediakan visualisasi GAIA plane yang memudahkan interpretasi hasil bagi pengambil keputusan [19]. Integrasi keduanya memungkinkan proses dua-tahap: Spectral Clustering mengidentifikasi pola struktur data secara objektif (menjawab "apa struktur risiko aset kita?"), dan Visual PROMETHEE memproses preferensi pemangku kepentingan secara fleksibel untuk menghasilkan

peringkat yang dapat dipertanggungjawabkan (menjawab "alat mana yang harus ditangani terlebih dahulu?"). Keunggulan integratif ini tidak dapat diperoleh jika kedua metode dijalankan secara terpisah: clustering tanpa ranking hanya memberikan pengelompokan tanpa prioritas internal, sementara ranking tanpa clustering tidak memiliki landasan pemahaman struktur risiko secara holistik.

Penelitian ini berfokus pada perancangan dan formulasi model komputasional manajemen risiko aset, dengan studi kasus sebagai media validasi model. Penelitian ini tidak mengevaluasi implementasi kebijakan maupun dampak operasional secara langsung, melainkan menitikberatkan pada pengembangan kerangka analitis dan sistematis dalam pengambilan keputusan berbasis risiko.

Dengan demikian, kebaruan penelitian ini terletak pada: (1) integrasi Spectral Clustering dan Visual PROMETHEE yang mengeksplorasi sinergi antara identifikasi struktur risiko objektif dan prioritasasi multi-kriteria berbasis preferensi dalam konteks manajemen risiko aset alat kesehatan di institusi BLU, (2) penerapan Spectral Clustering pada data alat kesehatan yang selama ini didominasi oleh K-Means konvensional untuk mengatasi keterbatasan dalam menangani struktur data non-linear, (3) pemanfaatan Visual PROMETHEE dengan enam kriteria risiko yang komprehensif untuk menghasilkan peringkat prioritas penanganan yang presisi, dan (4) penerapan model pada Rumah Sakit Bhayangkara TK.II Medan sebagai institusi BLU di Indonesia yang memberikan kontribusi pada pemahaman manajemen risiko aset dalam konteks tata kelola keuangan yang menuntut fleksibilitas, akuntabilitas, dan transparansi [2], [3], [4]. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model integratif yang mampu mengolah kompleksitas data aset menjadi informasi prioritas yang terstruktur, objektif, dan dapat dipertanggungjawabkan secara metodologis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana struktur risiko aset alat kesehatan dapat diidentifikasi secara objektif berdasarkan karakteristik data, bagaimana prioritas penanganan dapat ditentukan secara presisi dengan mempertimbangkan berbagai kriteria risiko dan perspektif pemangku kepentingan, serta bagaimana kestabilan hasil keputusan dapat dievaluasi untuk mendukung pengelolaan aset yang akuntabel di institusi Badan Layanan Umum (BLU). Dari permasalahan utama tersebut, dirumuskan lima pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik dan profil risiko aset alat kesehatan di Rumah Sakit Bhayangkara TK.II Medan dapat diidentifikasi dan dideskripsikan berdasarkan data inventaris yang tersedia pada dokumen Rencana Strategis Bisnis (Renstra) tahun 2021-2025, serta kriteria risiko apa saja yang relevan dengan konteks pengelolaan BLU?
2. Bagaimana struktur risiko aset alat kesehatan dapat dipetakan melalui penerapan metode Spectral Clustering untuk mengelompokkan alat kesehatan ke dalam kluster-kluster berdasarkan kemiripan karakteristik risiko, dan bagaimana profil setiap kluster yang terbentuk dapat diinterpretasikan secara multidimensional?
3. Bagaimana prioritas penanganan alat kesehatan dapat ditentukan secara presisi melalui penerapan metode Visual PROMETHEE dengan mempertimbangkan bobot kriteria dari perspektif pemangku kepentingan, serta bagaimana hasil perankingan dapat divisualisasikan untuk memudahkan interpretasi?
4. Bagaimana konsistensi antara pemetaan struktur risiko (clustering) dan prioritas penanganan (ranking) dapat dianalisis untuk memahami hubungan antara karakteristik risiko alat dan tingkat prioritas penanganannya?
5. Bagaimana kestabilan hasil perankingan dapat dievaluasi terhadap perubahan bobot kriteria, dan bagaimana kualitas pengelompokan yang dihasilkan dapat diukur untuk menilai keandalan model dalam mendukung pengambilan keputusan manajemen risiko aset?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi dan mendeskripsikan karakteristik serta profil risiko aset alat kesehatan di Rumah Sakit Bhayangkara TK.II Medan berdasarkan data inventaris pada dokumen Rencana Strategis Bisnis (Renstra) tahun 2021-2025, serta menetapkan kriteria risiko yang relevan dengan konteks pengelolaan BLU.
2. Memetakan struktur risiko aset alat kesehatan melalui penerapan metode Spectral Clustering untuk mengelompokkan alat kesehatan ke dalam kluster-kluster berdasarkan kemiripan karakteristik risiko, serta menginterpretasikan profil setiap kluster secara multidimensional.
3. Menentukan prioritas penanganan alat kesehatan secara presisi melalui penerapan metode Visual PROMETHEE dengan mempertimbangkan bobot kriteria dari

perspektif pemangku kepentingan, serta menyajikan hasil perangkingan dalam bentuk visualisasi yang memudahkan interpretasi.

4. Menganalisis konsistensi antara pemetaan struktur risiko dan prioritas penanganan untuk memahami hubungan antara karakteristik risiko alat dan tingkat prioritas penanganannya.
5. Mengevaluasi kestabilan hasil perangkingan terhadap perubahan bobot kriteria melalui analisis sensitivitas, serta mengukur kualitas pengelompokan menggunakan silhouette coefficient untuk menilai keandalan model dalam mendukung pengambilan keputusan manajemen risiko aset.

1.4 Manfaat

Berdasarkan permasalahan dan tujuan yang dikaji, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi pada pengembangan metodologi sistem pendukung keputusan melalui integrasi Spectral Clustering dan Visual PROMETHEE yang belum pernah diterapkan sebelumnya dalam konteks manajemen risiko aset alat kesehatan. Penelitian ini juga memperkaya khazanah keilmuan di bidang manajemen aset dengan menyediakan studi kasus penerapan model komputasional pada institusi pelayanan kesehatan yang bertransformasi menuju BLU di Indonesia.
2. Menyediakan model manajemen risiko aset yang terstruktur, peta risiko alat kesehatan yang komprehensif, serta prioritas penanganan yang objektif dan berbasis data, sehingga dapat mendukung peningkatan efisiensi dan akuntabilitas pengelolaan aset di Rumah Sakit Bhayangkara TK.II Medan.
3. Membantu manajemen rumah sakit dalam mengoptimalkan alokasi anggaran pemeliharaan dan pengadaan alat kesehatan, sehingga investasi menjadi lebih terarah, tepat sasaran, dan selaras dengan visi rumah sakit serta prinsip efisiensi pengelolaan BLU.
4. Menjadi acuan dan referensi bagi rumah sakit pemerintah maupun swasta lainnya di Indonesia yang memiliki karakteristik operasional serupa dalam menyusun sistem manajemen risiko aset yang mendukung tata kelola keuangan yang sehat dan akuntabel di era BLU.
5. Menyediakan kerangka analitis dan formulasi model komputasional yang dapat diadaptasi, dikembangkan, atau direplikasi pada konteks institusi pelayanan

kesehatan lain dengan karakteristik aset dan tantangan manajemen risiko yang serupa.

1.5 Ruang Lingkup

Untuk menjaga fokus penelitian tetap terarah dan dapat dikelola dengan baik, penelitian ini dibatasi pada ruang lingkup sebagai berikut:

1. **Cakupan Organisasi:** Penelitian dilakukan di lingkungan Rumah Sakit Bhayangkara TK.II Medan, dengan fokus pada seluruh unit yang menggunakan dan mengelola alat kesehatan, termasuk unit rawat jalan, rawat inap, gawat darurat, kamar operasi, instalasi radiologi, instalasi laboratorium, instalasi farmasi, dan instalasi penunjang medis lainnya.
2. **Cakupan Aset:** Penelitian berfokus pada aset alat kesehatan yang tercatat dalam dokumen inventaris pada Rencana Strategis Bisnis (Renstra) Rumah Sakit Bhayangkara TK.II Medan Tahun 2021-2025. Berdasarkan hasil praproses data, terdapat 101 item alat kesehatan yang memenuhi kriteria kelengkapan data dan digunakan sebagai unit analisis dalam penelitian ini. Aset non-medis tidak termasuk dalam analisis.
3. **Cakupan Kriteria:** Penelitian menggunakan enam kriteria risiko yang diidentifikasi berdasarkan kajian literatur, yaitu kekritisian terhadap layanan, frekuensi penggunaan, biaya pemeliharaan, ketersediaan suku cadang, nilai aset, dan kondisi fisik. Kriteria-kriteria ini dinilai menggunakan skala ordinal 1-5 yang didefinisikan secara operasional.
4. **Domain Analisis:** Analisis dan pemodelan mencakup:
 - a. Karakteristik alat: jenis alat, jumlah unit, nilai aset, dan kondisi fisik.
 - b. Kriteria risiko: tingkat kekritisian alat, frekuensi penggunaan, biaya pemeliharaan, dan ketersediaan suku cadang.
 - c. Prioritas penanganan: rekomendasi tindakan beserta urutan prioritasnya.
5. **Metodologi:** Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan mengintegrasikan dua metode utama yaitu Spectral Clustering dan Visual PROMETHEE. Evaluasi model mencakup pengujian kualitas clustering menggunakan silhouette coefficient serta analisis sensitivitas untuk menguji robustitas hasil perankingan terhadap perubahan bobot kriteria.

6. **Sumber Data:** Data penelitian dikumpulkan melalui tiga teknik yaitu studi dokumen (data sekunder dari Renstra), wawancara semi-terstruktur dengan para pemangku kepentingan kunci (manajemen, unit teknis, pengguna alat, dan unit penunjang), serta observasi langsung ke unit-unit terkait.
7. **Batasan Sistem:** Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan validasi internal model integratif yang dirancang. Penelitian tidak mencakup audit teknis mendalam pada level spesifikasi teknis alat, analisis terhadap sistem informasi manajemen rumah sakit yang sudah berjalan, implementasi fisik dari rekomendasi yang dihasilkan, serta evaluasi pasca-implementasi.

