

BAB 1

BUSINESS UNDERSTANDING

1.1 Latar Belakang Proyek

Sepsis merupakan salah satu tantangan kesehatan global yang signifikan. Penyakit ini terjadi ketika tubuh mengalami respons imun yang tidak terkontrol terhadap infeksi, yang akhirnya menyebabkan disfungsi organ dan bahkan kematian jika tidak segera ditangani. Sepsis mempengaruhi lebih dari 48 juta orang setiap tahunnya, dengan tingkat kematian mencapai sekitar 11 juta jiwa di seluruh dunia (WHO, 2020). Pada tahun 2016, Fleischmann menemukan bahwa kasus sepsis diperkirakan mencapai 31.5 juta secara global dan 19.4 juta diantaranya masuk kedalam kategori *severe sepsis* dengan 5.3 juta kematian per tahunnya (Fleischmann et al., 2016). Penelitian lain menyebutkan bahwa sekitar 189 dari setiap 100.000 orang per tahun mengalami sepsis yang memerlukan perawatan di rumah sakit, dan sekitar 26,7% dari mereka meninggal (Fleischmann et al., 2020). Selain itu, penanganan sepsis juga dapat merugikan pemerintah dimana sepsis yang dipicu oleh infeksi tertentu, terutama di paru-paru dan luka operasi, memiliki dampak ekonomi yang signifikan, dan biaya pengobatan lebih tinggi untuk pasien dengan infeksi lebih luas atau yang akhirnya meninggal (Purba et al., 2020).

Di antara kondisi kritis, sepsis tetap menjadi salah satu tantangan terbesar dalam perawatan di ICU. Definisi dan kriteria klinis untuk sepsis telah mengalami beberapa revisi, dengan yang terbaru adalah Sepsis-3, yang bertujuan untuk meningkatkan deteksi dini dan intervensi yang tepat waktu (Singer et al., 2016). Penanganan sepsis seringkali didasarkan pada protokol pengobatan yang bersifat umum, seperti pemberian cairan intravena (IV) dan obat vasopressor untuk menjaga tekanan darah (Rhodes et al., 2017). Namun dengan adanya protokol pengobatan yang ada, ternyata masih banyak lagi tantangan yang harus diatasi, salah satunya adalah waktu pengobatan. Setiap jam keterlambatan dalam menangani pasien sepsis mengakibatkan meningkatnya resiko kematian sebesar 1.5% (Cardoso et al., 2011). Dengan sensitif nya waktu penanganan pasien sepsis ini dapat disimpulkan bahwa semakin cepat penanganan yang diberikan maka pasien akan mempunyai harapan hidup yang semakin besar juga.

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi kecerdasan buatan (AI) telah mulai diterapkan di berbagai bidang medis untuk mengatasi sensitivitas waktu dalam treatment yang diberikan, termasuk manajemen sepsis. Komorowski et al. memperkenalkan *Artificial Intelligence Clinician*, sebuah sistem *reinforcement learning* yang dioptimalkan untuk perawatan sepsis di lingkungan ICU. Sistem ini memanfaatkan data pasien untuk memberikan rekomendasi perawatan yang dipersonalisasi, melampaui metode pengambilan keputusan konvensional. (Komorowski et al., 2018). Namun *features* atau *input* dari sistem ini adalah diskrit, artinya kondisi pasien tidak masuk kedalam sistem dalam bentuk nilai aslinya, melainkan nilai yang sudah di diskritisasi. Hal ini memungkinkan adanya detail dari pasien yang terlewatkan oleh sistem.

Pendekatan lainnya yang menjanjikan adalah penggunaan Deep Reinforcement Learning (DRL), yang menggabungkan reinforcement learning dengan jaringan saraf dalam untuk menangani permasalahan berdimensi tinggi. Seperti yang ditunjukkan oleh Mnih et al. melalui Deep Q-Network (DQN), metode ini memungkinkan agen untuk belajar dari data klinis yang kompleks dan membuat keputusan secara adaptif (Mnih et al., 2015).

Dalam perawatan intensif, metode berbasis DRL telah diterapkan untuk mengoptimalkan strategi pengobatan. Raghu et al. menunjukkan potensi pendekatan ini dalam manajemen sepsis di ICU dengan meningkatkan eksplorasi, mengurangi overestimasi nilai Q, dan meningkatkan hasil perawatan pasien. Model berbasis deep reinforcement learning mampu menangkap dinamika dan perubahan keadaan fisiologis pasien secara real-time, yang mungkin terlewatkan oleh pendekatan berbasis aturan atau pedoman klinis konvensional dan juga *discretized features* (Raghu et al., 2016). Setelah itu, pendekatan dengan mengkombinasikan antara pendekatan deep reinforcement learning dengan keputusan clinician dilakukan, dengan memperhatikan *Sequential Organ Failure Assessment* (SOFA) *score* yang terjadi pada pasien (Wu et al., 2023).

Tidak cukup sampai disitu, algoritma *personalized treatment* semakin mendapat perhatian karena kemampuannya dalam mempertimbangkan variabilitas setiap pasien. Suo et al. mengusulkan kerangka kerja deep similarity learning yang memanfaatkan convolutional neural networks (CNNs) untuk mengenali pola dari rekam medis elektronik (EHR) (Suo et al., 2018). Dalam *intensive care*, Utomo et al. mengembangkan konsep ini dengan menggabungkan klasterisasi *state* dan pasien, menggunakan K-Means dan PCA untuk mengelompokkan pasien serta menyediakan kebijakan perawatan yang dipersonalisasi dan *scalable*.

Dataset klinis seperti MIMIC IV, yang mencakup catatan kesehatan komprehensif dari pasien di ICU, menjadi landasan penting dalam pengembangan model AI ini (Johnson et al., 2016). Dengan memanfaatkan data ini, model dapat dilatih untuk mengidentifikasi strategi pengobatan yang lebih tepat berdasarkan kondisi spesifik pasien, khususnya dalam hal pemberian cairan intravena dan vasopressor yang sangat penting dalam manajemen sepsis.

Melalui pendekatan ini, diharapkan rekomendasi pengobatan yang dihasilkan lebih sesuai dengan kebutuhan individu, dan pada akhirnya meningkatkan hasil perawatan pasien sepsis. Namun, untuk memastikan efektivitasnya, model ini perlu divalidasi lebih lanjut dalam pengaturan klinis nyata dan diuji kemampuannya untuk digunakan secara real-time dalam pengambilan keputusan medis.

1.2 Tujuan Proyek

Proyek ini memiliki beberapa tujuan antara lain:

1. Personalisasi Rekomendasi Perawatan

Mengembangkan sistem yang mampu memberikan rekomendasi perawatan yang dipersonalisasi bagi pasien sepsis di ICU, dengan mempertimbangkan kondisi unik setiap pasien.

2. Mengimplementasi Model Terbaru

Menggunakan model deep reinforcement learning terbaru yang mengintegrasikan klasterisasi pasien berbasis time series untuk meningkatkan kualitas rekomendasi perawatan.

3. Meningkatkan Akurasi Model

Mencapai nilai akurasi yang lebih baik dalam membandingkan rekomendasi model dengan tindakan klinis dokter, sehingga dapat menjadi indikator keberhasilan sistem.

4. Membuat Prototipe Dashboard ICU

Menghasilkan prototipe dashboard ICU yang intuitif untuk memvisualisasikan rekomendasi perawatan secara real-time, guna mendukung pengambilan keputusan klinis oleh tenaga medis.

1.3 Ruang Lingkup Proyek

Proyek ini berfokus pada pengembangan model rekomendasi perawatan berbasis deep reinforcement learning untuk pasien ICU, dengan prioritas utama pada pasien yang didiagnosis dengan sepsis. Menggunakan dataset MIMIC-IV yang mencakup lebih dari 40.000 rekaman pasien ICU, proyek ini menganalisis data melalui klasterisasi untuk mengidentifikasi pola perilaku pasien dan merekomendasikan tindakan pengobatan yang sesuai. Ruang lingkup proyek mencakup pengolahan data, yang melibatkan ekstraksi, normalisasi fitur, dan seleksi variabel relevan dari dataset. Setelah itu dilakukan pengembangan model, dengan implementasi Q-Network yang mengintegrasikan klasterisasi pasien untuk mengevaluasi nilai Q sebagai dasar rekomendasi tindakan. Setelah pemodelan dilanjutkan dengan evaluasi dan validasi model dengan membandingkan rekomendasi model terhadap tindakan klinis dokter dan juga baseline dari model sebelumnya yang tidak melakukan klasterisasi.

Batasan studi meliputi fokus pada pasien sepsis di ICU, dengan keterbatasan dalam hal definisi dari sepsis yang terus berkembang. Selain itu, evaluasi proyek hanya berdasarkan data historis tanpa pengujian langsung di lingkungan klinis nyata. Hasil dari proyek ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi aksi yang dapat mendukung keputusan medis, namun tidak dimaksudkan untuk menggantikan penilaian klinis sepenuhnya.

1.4 Stakeholders

Proyek ini melibatkan berbagai pihak yang memiliki peran signifikan dalam pengembangan, implementasi, dan pemanfaatan solusi, baik secara langsung maupun tidak langsung. Tenaga kesehatan di ICU, seperti perawat dan staf pendukung lainnya, akan menjadi pengguna utama sistem, memanfaatkan rekomendasi yang diberikan untuk mendukung pengelolaan pasien secara lebih efisien dan responsif. Dokter, sebagai pengambil keputusan utama dalam perawatan pasien, akan menggunakan sistem ini sebagai alat bantu untuk menilai berbagai opsi perawatan dan mengambil keputusan klinis yang lebih terinformasi, khususnya dalam menangani pasien dengan kondisi kritis seperti sepsis.

Selain itu, pengembang AI memainkan peran penting dalam membangun dan mengoptimalkan model deep reinforcement learning yang menjadi inti dari sistem ini. Mereka bertanggung jawab atas desain, pelatihan, dan pengujian model, termasuk penerapan klasterisasi berbasis time series untuk memastikan sistem dapat memberikan

rekomendasi yang akurat dan relevan. Di sisi lain, pengembang web akan merancang dan mengembangkan dashboard ICU yang tidak hanya intuitif tetapi juga mampu menyajikan rekomendasi perawatan secara real-time, memungkinkan tenaga medis untuk dengan mudah mengakses informasi yang diperlukan untuk pengambilan keputusan. Sinergi antara semua pihak ini menjadi kunci keberhasilan implementasi proyek, sehingga solusi yang dihasilkan dapat memberikan manfaat optimal bagi lingkungan klinis.

1.5 Rencana Pelaksanaan Proyek

Proyek ini memiliki beberapa tahapan untuk mencapai tujuan. Adapun tahapannya sebagai berikut:

Tabel 1. Tahapan Pelaksanaan Proyek

Waktu	Kegiatan
Agustus 2024	Analisis kebutuhan dan design aplikasi
Agustus 2024 – September 2024	Bussiness understanding
September 2024	Data understanding
September 2024 – Oktober 2024	Data preparation
November 2024	Modeling
November 2024 – Desember 2024	Model evaluation and deployment
Desember 2024	Evaluasi tim dan hasil
Desember 2024 – Januari 2025	Dokumentasi

Dengan tahapan dan strategi mitigasi risiko yang dirancang, proyek ini diharapkan dapat berjalan lancar dan menghasilkan solusi yang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

1.6 Sudut Pandang Agama Islam dan Etika

Proyek ini memiliki landasan yang kuat dari sudut pandang Islam, dengan berpedoman pada prinsip masalah (kesejahteraan umat), yang bertujuan untuk melindungi dan menjaga kehidupan manusia (hifzh an-nafs). Hal ini tercermin dari pengembangan teknologi yang berkontribusi di bidang kesehatan, khususnya bagi pasien sepsis di ICU. Proyek ini tidak hanya memberikan manfaat duniawi tetapi juga bernilai ibadah karena berorientasi pada kemaslahatan umum.

Salah satu luaran yang diharapkan dari proyek ini adalah dapat membantu dokter dalam mengambil keputusan dalam memberikan perawatan kepada pasien di ruang ICU. Hal ini sejalan dengan prinsip islam yang selalu menuntut umatnya untuk saling tolong menolong dalam kebajikan. Allah ﷻ berfirman dalam QS Al-Maidah Ayat 2:

... وَتَعَاوَنُوا عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوَىٰ

Artinya: “... Tolong-menolonglah kamu dalam (mengerjakan) kebajikan dan takwa” (QS: Al-Maidah (5):2)

Dalam kitab tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bahwa “maknanya Allah ﷻ memerintahkan hamba-hamba-Nya yang beriman untuk senantiasa tolong menolong dalam berbuat kebaikan, itulah yang disebut dengan al-birru [kebajikan]; serta meninggalkan segala bentuk kemungkaran, dan itulah dinamakan dengan at-taqwa. Allah ﷻ melarang mereka tolong menolong dalam hal kebatilan, berbuat dosa dan mengerjakan hal-hal yang haram.”

Dalam hal membantu tidak terlepas dari meringankan beban dokter dari sisi psikologis dan pikirannya. Dalam hadistnya nabi Muhammad ﷺ bersabda:

وَمَنْ يَسِّرْ عَلَى مُعْسِرٍ يَسِّرَ اللَّهُ عَلَيْهِ فِي الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ...

"Barangsiapa yang meringankan orang yang kesusahan (dalam hutangnya), niscaya Allah akan meringankan baginya (urusannya) di dunia dan akhirat. ..." (Hadits Riwayat muslim dengan lafadz ini, Al-Arba'in An-Nawawiyah, Hadist ke-36)

Syaikh Ibnu 'Utsaimin dalam kitab Syarh Al-Arba'in An-Nawawiyah mengatakan bahwasannya kalimat “niscaya Allah ﷻ akan meringankan baginya (urusannya) di dunia dan akhirat.” ini mencakup kemudahan dalam rezeki, kemudahan dalam berbuat kebaikan, kemudahan dalam belajar dan mengajar, serta berbagai kemudahan lainnya. Balasan yang diberikan adalah kemudahan dalam segala aspek kehidupan.

Dengan proyek ini juga diharapkan dapat menurunkan tingkat kematian pasien di ruang ICU. Namun, perlu diperhatikan bahwasannya yang dapat menyembuhkan hanyalah Allah ﷻ. Hal ini sesuai dengan firman Allah ﷻ:

وَإِذَا مَرِضْتُ فَهُوَ يَشْفِينِ

Artinya: “Apabila aku sakit, Dialah yang menyembuhkanku.” (QS: Asy-Syu'ara' (26):80)

Dalam kitab tafsir Ibnu Katsir, ayat diatas menerangkan bahwa seseorang yang berpikir penyakit yang dialaminya dianggap sebagai bagian dari takdir, qadla, dan ciptaan Allah ﷻ. Namun, menganggap penyakit tersebut sebagai sesuatu yang datang dari dirinya adalah

bentuk perilaku yang beradab. Ini berarti, jika aku merasa sakit, tidak ada seorang pun di antara manusia yang mampu menyembuhkanku selain Allah ﷻ, sesuai dengan takdir yang ada, yang disebabkan oleh hal yang menyebabkannya. Allah ﷻ memiliki kuasa untuk menyembuhkan segala jenis penyakit yang dialami seseorang. Namun, manusia tetap dianjurkan untuk berusaha mencari jalan menuju kesembuhan tersebut. Seperti yang disabdakan oleh nabi Muhammad ﷺ:

مَا أَنزَلَ اللَّهُ دَاءً إِلَّا أَنزَلَ لَهُ شِفَاءً

Artinya: “Tidaklah Allah menurunkan suatu penyakit, melainkan Allah juga menurunkan obatnya.” (HR. Bukhari, no. 5354)

Hadits diatas menegaskan bahwasannya setiap penyakit yang ada di dunia ini pasti mempunyai penawarnya ataupun obatnya. Dengan demikian sebagai seorang muslim sangat dianjurkan untuk menuntut ilmu dan berusaha untuk menemukan suatu obat dari penyakit tertentu. Tidak hanya sebatas menemukan obat saja, seorang muslim yang baik juga harus berlaku adil dalam hal mengambil keputusan. Terlebih lagi keputusan yang mempengaruhi kelangsungan hidup seorang muslim lainnya seperti pasien di ruang ICU. Hal ini terdapat dalam Al-Quran surat An-Nahl ayat 90 yang berbunyi:

إِنَّ اللَّهَ يَأْمُرُ بِالْعَدْلِ وَالْإِحْسَانِ وَإِيتَائِ ذِي الْقُرْبَىٰ وَيَنْهَىٰ عَنِ الْفَحْشَاءِ
وَالْمُنْكَرِ وَالْبَغْيِ يَعِظُكُمْ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ

Artinya: “Sesungguhnya Allah menyuruh berlaku adil, berbuat kebajikan, dan memberikan bantuan kepada kerabat. Dia (juga) melarang perbuatan keji, kemungkaran, dan permusuhan. Dia memberi pelajaran kepadamu agar kamu selalu ingat.” (QS: An-Nahl (16):90)

Ibnu Athiyyah dalam salah satu karyanya yang berjudul Al-Muharrar al-Wajiz berkata bahwasanya “Petunjuk pertama adalah perintah untuk berlaku adil dan berbuat kebajikan. Allah ﷻ menyatakan, Sesungguhnya Allah ﷻ selalu menyuruh semua hamba-Nya untuk berlaku adil dalam ucapan, sikap, tindakan, dan perbuatan mereka, baik kepada diri sendiri maupun orang lain, ...”. Berlaku adil dalam tindakan tidak terlepas dari *personalized treatment* untuk pasien ICU. Seorang dokter akan selalu dituntut untuk menemukan pengobatan yang sesuai dengan keadaan pasien saat itu. Maka sangat penting

bagi seorang dokter untuk memberikan pengobatan yang cocok. Hal ini sesuai dengan hadits nabi yang berbunyi:

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ فَإِذَا أُصِيبَ دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ

Artinya: “Setiap penyakit ada obatnya. Apabila obat tersebut sesuai dengan penyakitnya, maka ia akan sembuh dengan izin Allah.” (HR. Muslim, no. 2204)

Hadis yang disebutkan mengandung arti penting bahwa setiap penyakit memiliki cara pengobatan, dan jika pengobatan tersebut sesuai dengan jenis serta keadaan penyakitnya, maka kesembuhan bisa dicapai dengan izin Tuhan. Pesan ini menekankan perlunya pengobatan yang spesifik dan tepat, bukan hanya sebatas generalisasi. Dalam bidang medis, khususnya di ruang perawatan intensif, pendekatan pengobatan yang dipersonalisasi sangatlah relevan. Setiap pasien memiliki keadaan yang berbeda-beda yang memerlukan perhatian khusus untuk menemukan terapi yang paling efisien. Dengan pendekatan pengobatan yang dipersonalisasi, diharapkan terapi dapat dimaksimalkan sehingga meningkatkan kemungkinan kesembuhan bagi pasien. Oleh karena itu, proyek ini dirancang untuk menghasilkan rekomendasi pengobatan yang didasarkan pada data serta disesuaikan dengan kondisi masing-masing pasien, memanfaatkan teknologi terkini seperti pembelajaran mesin. Usaha ini tidak hanya sejalan dengan prinsip-prinsip medis, tetapi juga merupakan bentuk usaha yang sesuai dengan ajaran Islam untuk mencapai hasil terbaik dalam merawat pasien dengan izin Tuhan.