

BAB 1

BUSINESS UNDERSTANDING

1.1 Latar Belakang Proyek

Sepsis adalah disfungsi organ yang mengancam jiwa dan merupakan sindrom heterogen yang menjadi penyebab utama morbiditas dan mortalitas di ICU (Zhang et al., 2024). Selain tingginya angka kematian, sepsis juga menimbulkan beban finansial yang signifikan, dengan biaya perawatan mencapai lebih dari 32.000 dolar AS per pasien (World Health Organization, 2020). Tingginya angka kematian dan biaya ini umumnya disebabkan oleh keterlambatan diagnosis dan terapi yang tidak optimal. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan yang lebih efektif untuk mempercepat diagnosis dan meningkatkan pengelolaan sepsis secara klinis dan ekonomis.

Penanganan sepsis di ICU sangat kompleks dan dinamis, melibatkan banyak variabel yang saling memengaruhi kondisi pasien. Efek pengobatan sering kali tidak terlihat segera, sehingga menyulitkan pengaitan antara tindakan dengan hasil yang efektif (Schuurman et al., 2023). Dalam praktik ICU sehari-hari, tim medis biasanya memberikan cairan intravena (IV) untuk mengatasi hipotensi awal dan menggunakan vasopressor untuk menjaga tekanan arteri agar perfusi organ terpenuhi (Seitz et al., 2022). Namun, penentuan volume cairan dan penyesuaian dosis vasopressor seringkali didasarkan pada kebiasaan atau pedoman umum (Scheeren et al., 2019), bukan pada pemantauan fisiologis individual secara kontinu. Hal ini berpotensi menimbulkan kesalahan pemberian dosis, sehingga diperlukan sistem pendukung keputusan yang lebih terpersonalisasi dan responsif terhadap kondisi pasien untuk mengurangi komplikasi serta mempercepat pemulihan.

Pada beberapa tahun terakhir, kemajuan teknologi khususnya kecerdasan buatan telah meningkat pesat dalam penggunaannya pada bidang medis. Pengumpulan data klinis secara *real-time* membuka peluang bagi perawatan yang lebih personal dan responsif terhadap kondisi pasien. Dalam konteks ini, dikembangkan sistem rekomendasi terapi yang mampu memberi saran dosis cairan intravena dan vasopressor secara kontinu dan terpersonalisasi berdasarkan sinyal fisiologis pasien. Pendekatan ini berpotensi mengurangi variabilitas praktik klinis dengan mengintegrasikan parameter hemodinamik, riwayat respons terapi, dan model prediktif untuk menentukan dosis yang meminimalkan risiko terjadinya *undertreatment* maupun *overtreatment*.

Universitas YARSI telah mengembangkan sistem kecerdasan buatan untuk rekomendasi pengobatan sepsis di ICU secara berkelanjutan sejak tahun 2023. Penelitian ini diawali oleh Ilham Ghifari Putirulan dan Kintan Khairunnisa, yang berfokus pada pengembangan antarmuka web sistem rekomendasi. Dalam tugas akhir mereka, yang berjudul “Sistem *Monitoring Dashboard Real Time* di ICU RS YARSI dengan Berbasis *Web*”, pengembangan diarahkan pada penyempurnaan fitur-fitur sistem dan perancangan dashboard interaktif yang memungkinkan tenaga medis memantau kondisi pasien secara *real-time*, melihat tren klinis, serta meninjau hasil rekomendasi AI secara intuitif. Dashboard ini juga dirancang agar mendukung transparansi rekomendasi dengan menampilkan parameter klinis yang memengaruhi hasil prediksi (Putirulan and Khairunnisa., 2023).

Kemudian riset dilanjutkan oleh Nashuha Insani dan Martha Riskiaty pada tahun 2024, dengan penerapan *Reinforcement Learning* (RL) berbasis *Discrete State and Action Space*, mengacu pada pendekatan (Raghu et al., 2018) melalui model *Q-network*. Dalam tugas akhir mereka yang berjudul “Sistem Rekomendasi Perawatan Terkait Sepsis di ICU”, pengembangan ini berfokus pada proses klusterisasi pasien ke dalam beberapa kelompok untuk merepresentasikan kondisi fisiologis yang serupa. Selain itu, mereka juga mengoptimalkan efisiensi pelatihan model dengan menerapkan komputasi paralel dan terdistribusi, sehingga waktu pelatihan dan pembuatan model dapat berkurang secara signifikan (Insani and Riskiaty., 2024).

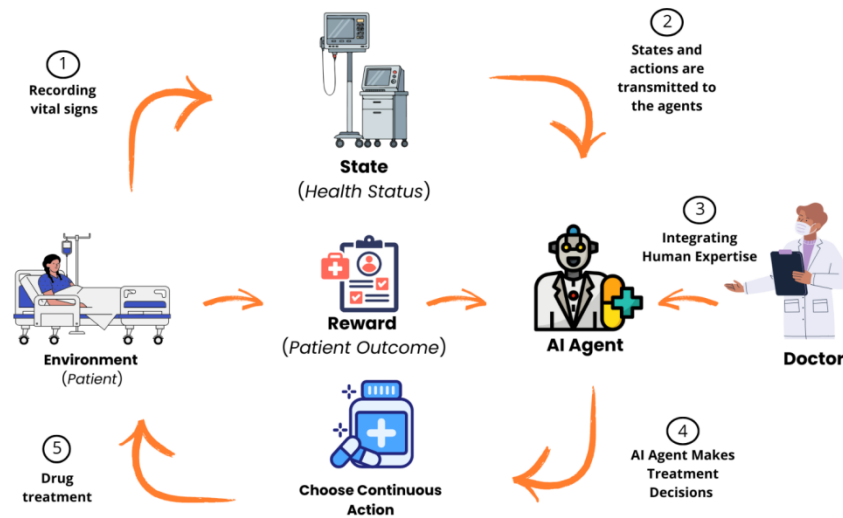
Tahun 2025 menjadi tonggak pengembangan model menuju *Continuous State Space* dan *Discrete Action Space* dengan mengadopsi pendekatan WD3QNE (*Weighted Duelling Double Deep Q-Network with embedded human expertise*) (Wu et al., 2023). Dalam tugas akhir yang berjudul “Rekomendasi Pengobatan ICU dalam *Continuous State Space* Menggunakan *Deep Reinforcement Learning*”, Muhammad Razi Rizzardi melakukan pengelompokan data fisiologis kontinu pasien ke dalam klaster untuk memungkinkan perbandingan performa *Deep Reinforcement Learning* (DRL) dengan DRL model sebelumnya yang dikembangkan oleh Nashuha Insani dan Martha Riskiaty. Implementasi serta penyesuaian metode dilakukan bersama Ian, yang bertanggung jawab atas proses *deployment*, dengan dukungan Fani Muh Ardian Saputra dalam pengembangan antarmuka web berbasis *Flask* dan *Tailwind CSS* (Rizzardi and Saputra., 2025).

Saat ini, pengembangan difokuskan pada perluasan model ke *Continuous Action Space* menggunakan pendekatan *Soft Actor-Critic* (SAC) yang terintegrasi dengan pemantauan

kondisi pasien secara *real-time*, guna menghasilkan sistem rekomendasi dosis yang kontinu, adaptif, dan lebih representatif terhadap praktik klinis di ICU. Melalui kesinambungan riset lintas angkatan ini, pengembangan sistem rekomendasi berbasis AI di Universitas YARSI terus berevolusi dari sisi metodologi, infrastruktur, serta relevansi klinisnya. Tahap pengembangan ini juga menuntut ketersediaan data klinis yang komprehensif dan berkualitas tinggi sebagai dasar pelatihan serta validasi model.

Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah MIMIC-IV versi 3.1, yang dikembangkan oleh Beth Israel Deaconess Medical Center (BIDMC), Boston, Massachusetts pada periode 2008–2019 (Johnson et al., 2023). MIMIC-IV merupakan salah satu basis data medis terbuka terbesar di dunia yang berisi catatan elektronik pasien ICU, mencakup data demografi, hasil laboratorium, tanda vital, intervensi medis, serta informasi terkait obat-obatan dan prosedur. Dataset ini telah banyak dimanfaatkan dalam penelitian medis maupun pengembangan sistem kecerdasan buatan karena cakupannya yang luas, kualitas data yang terstandarisasi, dan relevansinya terhadap kondisi pasien kritis. Seluruh data telah dianonimkan untuk menjaga kerahasiaan dan privasi pasien sesuai standar etika internasional.

Melalui pendekatan ini, diharapkan rekomendasi pengobatan dapat lebih sesuai dengan kebutuhan individu sehingga meningkatkan kualitas perawatan pasien sepsis di lingkungan ICU. Klien kami, dr. Astari Arum Sari, SpAn, memiliki keterlibatan yang kuat dalam isu ini dan memberikan masukan terkait kebutuhan klinis. Dengan pengalaman klinisnya dalam menangani pasien kritis, beliau melihat potensi bahwa sistem berbasis *Artificial Intelligence (AI)* ini dapat menjadi pendukung pengambilan keputusan medis, khususnya dalam menentukan dosis cairan intravena dan vasopressor secara lebih tepat dan terpersonalisasi. Dengan demikian, solusi ini bukan untuk menggantikan peran dokter, tetapi untuk membantu tenaga medis dalam membuat keputusan yang lebih cepat, akurat, dan konsisten demi meningkatkan keselamatan serta hasil perawatan pasien sepsis di ICU.



Gambar 1. Proses Pemberian Rekomendasi Perawatan Sepsis di ICU

1.2 Tujuan Proyek

Proyek ini memiliki beberapa tujuan. Berikut ini adalah daftar tujuan proyek beserta parameter kriteria kesuksesannya:

1. Menghasilkan Sistem Rekomendasi Perawatan yang Terpersonalisasi dan Kontinu
Dapat memberikan rekomendasi dosis cairan intravena dan vasopressor dalam bentuk nilai kontinu, sehingga rekomendasi lebih presisi dan selaras dengan praktik klinis ICU.
2. Mengimplementasikan Model Terkini
Menggunakan arsitektur model yang terdiri dari beberapa agen independen untuk meningkatkan rekomendasi perawatan.
3. Meningkatkan Stabilitas Pelatihan dan Kualitas *Policy* melalui Mekanisme Optimasi Lanjutan
Mampu melakukan penanganan regularisasi aksi kontinu dengan menghasilkan *policy* yang stabil dan aman secara klinis.
4. Peningkatan Estimasi Peluang Kelangsungan Hidup
Mengoptimalkan estimasi peluang hidup pasien sepsis di lingkungan ICU.
5. Mengintegrasikan Model Rekomendasi Terbaru ke dalam Sistem yang telah Dikembangkan Sebelumnya

Meningkatkan resolusi aksi, kualitas pengambilan keputusan, serta kemampuan model dalam menghasilkan dosis yang lebih realistis dan kontinu sesuai dengan kebutuhan pasien.

Dengan tercapainya parameter - parameter performa yang ditetapkan, proyek ini akan menunjukkan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas dan ketepatan perawatan pasien sepsis di ICU.

1.3 Ruang Lingkup Proyek

Proyek ini berfokus pada pengembangan sistem rekomendasi perawatan pasien sepsis di ICU. Sistem ini dirancang untuk menghasilkan rekomendasi dosis cairan intravena dan vasopressor dalam bentuk nilai kontinu. Pendekatan ini memberikan representasi yang lebih realistis terhadap praktik klinis dibandingkan model sebelumnya yang masih berbasis aksi diskrit. Sumber data utama proyek ini adalah MIMIC-IV versi 3.1, yang mencakup lebih dari 60 ribu *electronic health record* (EHR) pasien ICU selama periode 2008–2019. Ruang lingkup pengolahan data meliputi *cohort selection* berdasarkan definisi Sepsis-3, ekstraksi *trajectory* pasien dalam bentuk urutan (*state, action, next state, reward*), normalisasi fitur fisiologis, serta penyusunan sequence temporal untuk kebutuhan training model RL. Pengembangan model dilakukan dengan mengimplementasikan beberapa agent independen.

Untuk memastikan ketelitian dan kehati-hatian dalam proses pemodelan, pengembangan dilakukan secara bertahap, dengan setiap iterasi memberikan pemahaman baru yang kemudian digunakan untuk menyempurnakan solusi berikutnya. Pendekatan ini memungkinkan sistem berkembang secara progresif menuju bentuk yang lebih akurat, stabil, dan mencerminkan kebutuhan klinis yang sebenarnya. Kompleksitas kondisi pasien sepsis serta variabilitas respons terhadap terapi menjadikan proses pengembangan membutuhkan waktu yang signifikan, khususnya dalam tahap pemahaman data, penyusunan struktur informasi pasien, dan penyempurnaan logika rekomendasi.

Dalam penyusunannya, proyek ini memiliki sejumlah batasan. Definisi sepsis yang terus berkembang dapat memengaruhi konsistensi dalam pemilihan pasien yang masuk ke dalam cakupan penelitian. Selain itu, ketergantungan pada data historis membuat sistem tidak secara langsung diuji pada kondisi klinis nyata, sehingga hasil yang diperoleh masih

perlu divalidasi lebih lanjut sebelum dapat digunakan secara operasional. Terdapat pula keterbatasan teknis yang mungkin mempengaruhi cakupan dan detail rekomendasi yang dapat diberikan sistem. Penting untuk dipahami bahwa sistem ini hanya bertujuan memberikan dukungan rekomendasi, dan keputusan akhir tetap berada sepenuhnya di tangan tenaga medis.

1.4 Stakeholders

Solusi yang dikembangkan dalam proyek ini akan melibatkan beberapa pihak berkepentingan yang terlibat, terpengaruh, dan menjadi pengguna langsung dari hasilnya. Tenaga medis di ICU terutama dokter dan perawat menjadi pihak yang paling berperan, karena mereka akan menggunakan sistem rekomendasi berbasis AI ini dalam proses pemantauan kondisi pasien sepsis serta pengambilan keputusan klinis. Selain itu, manajemen rumah sakit turut berkepentingan sebagai pihak yang menentukan kebijakan implementasi, penggunaan, dan integrasi solusi ini ke dalam alur kerja unit pelayanan.

Pihak lain yang terdampak adalah pasien sepsis sebagai penerima manfaat utama. Diharapkan bahwa solusi ini dapat membantu meningkatkan ketepatan terapi, mengurangi risiko komplikasi, dan memperbaiki peluang kesembuhan. Di sisi teknis, pengembang teknologi, tim data sains, serta peneliti yang mengerjakan model AI berperan penting dalam proses perancangan, pemodelan, evaluasi, hingga pemeliharaan sistem.

Dengan demikian, seluruh pihak berkepentingan tersebut memiliki peran yang saling melengkapi dalam mendukung keberhasilan proyek dan memastikan bahwa solusi yang dikembangkan dapat memberikan dampak positif dalam penanganan sepsis di lingkungan ICU.

1.5 Rencana Pelaksanaan Proyek

Pelaksanaan proyek ini dirancang melalui serangkaian tahapan yang saling terhubung dan disusun secara sistematis agar tujuan akhir dapat dicapai dengan baik. Setiap tahapan memiliki keluaran yang menjadi dasar bagi tahap berikutnya, sehingga keseluruhan proses berjalan secara terstruktur dan terukur. Rencana waktu pelaksanaan disusun dengan mempertimbangkan kompleksitas pekerjaan, kebutuhan kolaborasi lintas tim, serta risiko teknis yang mungkin muncul pada setiap fase.

Berikut rincian tahapan pelaksanaan proyek:

Tabel 1. Tahapan Pelaksanaan Proyek

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

Dalam keseluruhan jadwal ini, terdapat beberapa risiko yang mungkin muncul, seperti keterlambatan penyediaan data, kendala teknis dalam pemodelan, atau ketidaksesuaian hasil model dengan kebutuhan klinis. Untuk mengantisipasi hal tersebut, setiap tahap dilengkapi strategi mitigasi, seperti penjadwalan ulang parsial, penyediaan buffer waktu, kolaborasi intensif dengan tim ahli, serta proses validasi berulang untuk memastikan kualitas keluaran.

Dengan analisis keterhubungan jadwal dan risiko yang telah ditetapkan, rencana pelaksanaan ini diharapkan dapat berjalan secara terarah, terukur, dan siap menghadapi berbagai potensi hambatan. Perencanaan yang matang ini menjadi fondasi penting agar proyek dapat menghasilkan solusi yang efektif, aman, dan bermanfaat bagi pengguna.

1.6 Sudut Pandang Agama Islam dan Etika

Penanganan sepsis di ICU merupakan salah satu tantangan medis paling kompleks yang dihadapi tenaga kesehatan saat ini. Sebagai sindrom yang mengancam jiwa dengan tingkat mortalitas dan biaya yang sangat tinggi, sepsis menuntut tindakan yang sangat

cepat dan presisi. Namun, keterbatasan kognitif manusia dalam memproses variabel fisiologis yang dinamis secara terus-menerus sering kali menyebabkan variabilitas dalam praktik klinis. Ketidaktepatan dosis cairan intravena atau vasopressor dapat berakibat fatal, baik berupa kegagalan organ akibat kekurangan dosis (*undertreatment*) maupun komplikasi akibat kelebihan dosis (*overtreatment*).

Oleh karena itu, dikembangkanlah *Personalized Recommendations and Intelligent Streaming Monitoring* (PRISM) berbasis kecerdasan buatan dengan pendekatan *Soft Actor-Critic* (SAC). Kehadiran sistem ini sama sekali bukan bertujuan untuk menggantikan otoritas dokter, melainkan sebagai bentuk ikhtiar ilmiah untuk menutupi celah keterbatasan kognitif manusia dalam memproses data kompleks secara simultan.

Pengembangan sistem pendukung keputusan ini tidak hanya memiliki relevansi teknis, tetapi juga berpijak pada landasan filosofis hukum Islam yang kuat. Para ulama *Ushul Fiqh* merumuskan bahwa seluruh syariat Islam diturunkan untuk mewujudkan kemaslahatan manusia melalui lima prinsip utama yang dikenal sebagai *Maqāṣid al-Syarī'ah* atau *Ad-Dharuriyyat Al-Khamsah*. Kelima prinsip tersebut adalah:

1. *Ḥifẓ al-Dīn* (Menjaga Agama): Memastikan kebebasan dan kebenaran dalam beribadah serta memegang teguh keyakinan.
2. *Ḥifẓ al-Nafs* (Menjaga Jiwa): Melindungi hak hidup manusia serta menjaga keselamatan fisik dari bahaya dan penyakit.
3. *Ḥifẓ al-'Aql* (Menjaga Akal): Memelihara kesehatan mental dan intelektual, serta menghindarkan dari hal-hal yang merusak kesadaran.
4. *Ḥifẓ al-Nasl* (Menjaga Keturunan): Melindungi kelangsungan generasi dan kehormatan keluarga.
5. *Ḥifẓ al-Māl* (Menjaga Harta): Mengelola kepemilikan dan sumber daya ekonomi dengan cara yang halal dan produktif.

Meskipun kelima prinsip ini merupakan satu kesatuan, penelitian ini secara spesifik merupakan manifestasi dari prinsip kedua, yaitu *Ḥifẓ al-Nafs*. Upaya membangun sistem cerdas yang dapat memberikan rekomendasi dosis akurat bertujuan langsung untuk mencegah kematian dan komplikasi pada pasien kritis.

Untuk mewujudkan *Ḥifẓ al-Nafs* tersebut, Islam menuntut agar setiap pengambilan keputusan medis didasarkan pada landasan ilmu yang valid, menjauhkan tindakan dari

sekadar dugaan atau spekulasi. Islam mengajarkan bahwa ketika menghadapi persoalan rumit untuk menyelamatkan nyawa, solusinya adalah merujuk kepada otoritas keilmuan yang terpercaya. Allah ﷻ berfirman:

فَاسْأَلُوا أَهْلَ الذِّكْرِ إِنْ كُنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ

“Maka bertanyalah kepada orang yang mempunyai pengetahuan, jika kamu tidak mengetahui.” (QS. An-Nahl [16]: 43)

Dalam Tafsir Al-Jalalayn dijelaskan bahwa ayat ini adalah perintah tegas bagi mereka yang tidak mengetahui hakikat suatu perkara untuk kembali bertanya kepada pakar di bidangnya. Meskipun konteks turunnya ayat ini berkaitan dengan kenabian dan hukum agama, Syaikh Abdurrahman As-Sa’di dalam tafsirnya memperluas kaidah ini: *“Ayat ini adalah prinsip umum (qaidah ‘ammah) untuk merujuk kepada ahli ilmu dalam setiap disiplin, baik urusan agama maupun urusan dunia (seperti kedokteran dan teknologi).”*

Dengan demikian, pembangunan PRISM sendiri adalah bentuk nyata dari pelaksanaan ayat ini. Prosesnya menuntut kolaborasi yang erat antara dokter ICU, peneliti data, dan ahli kecerdasan buatan. Setiap komponen sistem mulai dari definisi variabel klinis, struktur data, hingga model pengambilan keputusan harus dikembangkan dengan menggabungkan keahlian masing-masing disiplin agar tidak menyimpang dari kaidah ilmiah dan etik kedokteran.

Dalam pandangan Islam, pengembangan PRISM ini merupakan bentuk ikhtiar ilmiah yang selaras dengan prinsip *Maqāṣid al-Syarī‘ah* dalam menjaga kehidupan *ḥifẓ al-naḥs*. Setiap upaya yang bertujuan menjaga keselamatan jiwa, meningkatkan kualitas perawatan, dan memberikan manfaat bagi umat manusia adalah amal yang bernilai ibadah. Allah ﷻ berfirman:

الَّذِي خَلَقَ الْمَوْتَ وَالْحَيَاةَ لِيَبْلُوَكُمْ أَيُّكُمْ أَحْسَنُ عَمَلًا ۚ وَهُوَ الْعَزِيزُ الْغَفُورُ

“Yang menciptakan mati dan hidup untuk menguji kamu, siapa di antara kamu yang lebih baik amalnya. Dan Dia Maha Perkasa lagi Maha Pengampun.” (QS. Al-Mulk [67]: 2)

Dalam Tafsir Ibnu Katsir dijelaskan mengenai makna penggalan ayat ayyukum ahsanu ‘amala (siapa di antara kamu yang lebih baik amalnya) dengan mengutip perkataan Fudhail bin Iyadh. Beliau menafsirkan: *“Yaitu amal yang paling ikhlas dan paling benar*

(ashwab). Sesungguhnya amal itu jika ikhlas tetapi tidak benar, maka tidak diterima. Dan jika benar tetapi tidak ikhlas, juga tidak diterima, hingga amal itu ikhlas dan benar. Ikhlas itu jika diperuntukkan bagi Allah, dan benar (ashwab) itu jika sesuai dengan tuntunan (sunnah/ilmu)". Dalam konteks PRISM, ini berarti upaya membangun sistem harus didasarkan pada metodologi ilmiah yang paling akurat dan data yang valid untuk menghasilkan rekomendasi yang *ashwab* demi keselamatan pasien.

Salah satu prinsip agung dalam Islam adalah penjagaan terhadap nyawa manusia. Allah ﷻ berfirman:

مِنْ أَجْلِ ذَلِكَ كَتَبْنَا عَلَىٰ بَنِي إِسْرَءِيلَ أَنَّهُ مَنْ قَتَلَ نَفْسًا بِغَيْرِ نَفْسٍ أَوْ فَسَادٍ فِي الْأَرْضِ فَكَأَنَّمَا قَتَلَ النَّاسَ جَمِيعًا ۚ وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا أَحْيَا النَّاسَ جَمِيعًا

“Karena itu Kami tetapkan (suatu hukum) bagi Bani Israil, bahwa: barang siapa membunuh seorang manusia bukan karena (orang itu membunuh) orang lain, atau bukan karena membuat kerusakan di muka bumi, maka seakan-akan dia telah membunuh manusia semuanya. Dan barang siapa memelihara kehidupan seorang manusia, maka seakan-akan dia telah memelihara kehidupan manusia semuanya.” (QS. Al-Māidah [5]: 32)

Dalam Tafsir Ibnu Katsir dijelaskan mengenai penggalan ayat "*maka seolah-olah dia telah memelihara kehidupan manusia semuanya*", beliau menukil perkataan Mujahid bahwa maknanya adalah: "*Barang siapa yang menahan dirinya dari membunuh satu jiwa padahal ia mampu melakukannya, maka hal itu bernilai seperti menyelamatkan seluruh manusia karena keselamatan manusia lain dari kejahatannya.*" Dalam konteks medis, "*menahan diri dari membunuh*" dapat dimaknai sebagai upaya maksimal (seperti membangun sistem PRISM) untuk mencegah kematian akibat *medical error* atau keterlambatan penanganan. Menyelamatkan satu pasien sepsis melalui rekomendasi AI yang akurat, pada hakikatnya adalah upaya memelihara kehidupan semesta.

Dari sisi spiritual, seluruh aktivitas penelitian dan rekayasa sistem ini juga harus diletakkan di atas fondasi niat yang benar. Rasulullah ﷺ bersabda:

إِنَّمَا الْأَعْمَالُ بِالنِّيَّاتِ، وَإِنَّمَا لِغُلَامٍ أَمْرٍ مَا نَوَىٰ

“Sesungguhnya amal-amal itu tergantung niatnya, dan sesungguhnya setiap orang akan mendapatkan sesuai dengan apa yang ia niatkan.” (HR. Bukhari dan Muslim)

Dalam Syarh Riyadhus Shalihin dan Syarh Al-Arba'in An-Nawawiyyah, para ulama menjelaskan bahwa hadits ini adalah *“kaidah besar yang menata nilai seluruh amal. Penelitian, pengembangan algoritma, dan pembangunan sistem klinis yang pada lahirnya adalah kerja ilmiah dan teknis, dapat bernilai ibadah apabila diniatkan untuk mencari ridha Allah, menolong hamba-hamba-Nya, dan menjaga kehidupan manusia.”* Dengan demikian, pekerjaan analisis data, penulisan kode, dan validasi model bukan sekadar aktivitas akademik, tetapi bagian dari pengabdian kepada Allah ﷻ dan pelayanan kepada manusia.

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ، فَإِذَا أُصِيبَ دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ

“Setiap penyakit ada obatnya. Apabila obat itu tepat untuk suatu penyakit, maka penyakit itu akan sembuh dengan izin Allah ‘Azza wa Jalla.” (HR. Muslim, no. 2204)

Dalam Syarah Shahih Muslim, Imam An-Nawawi menjelaskan bahwa hadits ini *“mengandung isyarat disyariatkannya berobat dan dorongan bagi para dokter serta peneliti untuk terus berusaha menggali metode penyembuhan.”* Kata *ushiba* (tepat/sesuai) dalam hadits tersebut menunjukkan bahwa kesembuhan sangat bergantung pada *“ketepatan”* dosis dan metode. Pengembangan model AI untuk merekomendasikan dosis secara kontinu dan terpersonalisasi adalah perwujudan dari pencarian *“ketepatan”* (*ishabah*) dalam terapi sebagaimana dianjurkan oleh Rasulullah ﷺ.

Masalah utama dalam sepsis adalah hilangnya keseimbangan fisiologis tubuh. PRISM bekerja dengan cara memantau sinyal kontinu pasien untuk menentukan tindakan yang menghindari pemberian dosis yang berlebihan (*overdose/israf*) atau kekurangan (*undertreatment/tafrit*). Islam memandang bahwa segala sesuatu di alam semesta ini diciptakan dalam keteraturan dan keseimbangan yang sempurna. Allah ﷻ berfirman:

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا ۚ مَا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوتٍ ۚ فَارْجِعِ الْبَصَرَ هَلْ تَرَىٰ مِن فُتُورٍ

“Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis; kamu tidak akan melihat sesuatu yang tidak seimbang dalam ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah. Maka lihatlah sekali lagi, adakah kamu melihat sesuatu yang cacat?” (QS. Al-Mulk [67]: 3)

Tafsir Al-Jalalayn menjelaskan bahwa *“kata tafawut (pertentangan/ketidakseimbangan) dan futūr (cacat/retak) menunjuk pada kesempurnaan dan harmoni ciptaan Allah.”* Ayat ini menginspirasi bahwa dalam mengobati manusia, kita harus berupaya mengembalikan

tubuh ke titik keseimbangan. PRISM dengan fitur rekomendasi dosis yang adaptif merupakan alat untuk meminimalkan kecacatan dalam pengambilan keputusan klinis.

Prinsip keseimbangan ini juga secara spesifik melarang tindakan yang berlebih-lebihan (*israf*), yang dalam ICU sering bermanifestasi sebagai pemberian cairan berlebih. Allah ﷻ berfirman:

يَا بَنِي آدَمَ خُذُوا زِينَتَكُمْ عِنْدَ كُلِّ مَسْجِدٍ وَكُلُوا وَاشْرَبُوا وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ

“Wahai anak cucu Adam! Pakailah pakaianmu yang indah di setiap (memasuki) masjid, makan dan minumlah, tetapi jangan berlebih-lebihan. Sungguh, Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan.” (QS. Al-A‘rāf [7]: 31)

Dalam tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bahwa “larangan *israf* mencakup segala hal yang melampaui batas kewajaran, baik dalam makanan, minuman, maupun penggunaan harta.” Dalam terapi sepsis, dosis yang melampaui kebutuhan dapat merusak jaringan (*iskemia*), sementara dosis yang kurang tidak akan mencapai target tekanan darah. PRISM membantu dokter untuk tetap berada dalam koridor "tidak berlebih-lebihan" tersebut.

Ketelitian dalam membangun sistem ini juga merupakan amanat dari Rasulullah ﷺ agar setiap Muslim bekerja secara profesional:

إِنَّ اللَّهَ تَعَالَى يُحِبُّ إِذَا عَمِلَ أَحَدُكُمْ عَمَلًا أَنْ يُتَّقِنَهُ

“Sesungguhnya Allah mencintai apabila salah seorang dari kalian bekerja, ia melakukan pekerjaannya dengan itqan (profesional/sempurna).” (HR. Al-Baihaqi)

Dalam kitab Faidhul Qadir, Al-Munawi menjelaskan bahwa itqan berarti "menyusun sesuatu dengan rapi, kokoh, dan teliti, sehingga terhindar dari cacat dan kekurangan." Pengembangan model AI untuk *Continuous Action Space* adalah wujud itqan dalam bidang teknologi, yang menuntut akurasi, validitas, dan keandalan tertinggi dalam mendukung nyawa pasien.

Prinsip dasar pengembangan PRISM adalah memberikan manfaat (*manfa'ah*) kepada pasien dan tenaga medis, sekaligus mencegah bahaya (*dar' al-mafāsīd*) yang timbul dari keterlambatan atau kesalahan terapi.

Hal ini bermuara pada nilai kemanusiaan tertinggi dalam Islam, yaitu kebermanfaatan. Rasulullah ﷺ bersabda:

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia.” (HR. Ahmad)

Syarah Hadits ini menunjukkan bahwa kebermanfaatan (*al-manfa'ah*) merupakan salah satu ukuran utama kebaikan seorang Muslim. Pengembangan sistem AI untuk meningkatkan keselamatan dan hasil perawatan pasien sepsis adalah wujud nyata implementasi hadits ini dalam bidang kesehatan.

Terakhir, segala keputusan sistem harus tunduk pada kaidah dasar pencegahan bahaya:

لَا ضَرَرَ وَلَا ضِرَارَ

“Tidak boleh ada bahaya dan tidak boleh membahayakan orang lain.” (HR. Ibnu Majah)

Ibnu Rajab Al-Hanbali dalam Jami'ul 'Ulum wal Hikam menjelaskan perbedaan lafadz hadits ini: "*Dharar adalah tindakan memasukkan bahaya kepada orang lain tanpa sengaja, sedangkan dhirar adalah tindakan membahayakan orang lain dengan sengaja.*"

Penentuan *Continuous Action Space* dalam penelitian ini adalah upaya teknis untuk memastikan transisi dosis obat yang halus dan aman, sehingga tidak menimbulkan guncangan fisiologis (*dharar*) bagi pasien kritis.

Dengan demikian, pengembangan PRISM berbasis RL ini tidak hanya relevan secara teknis dan klinis, tetapi juga memiliki landasan etis, moral, dan spiritual yang kuat dalam perspektif Islam, sejalan dengan prinsip utama syariat dalam menjaga kehidupan (*hifz al-nafs*).