



**JOURNAL OF TOURISM,
HOSPITALITY AND
ENVIRONMENT MANAGEMENT
(JTHER)**

www.gaexcellence.com/jthem



PELAKSANAAN RAWATAN DIALISIS MENGGUNAKAN TEKNOLOGI AI MENURUT KAEDAH FIQH TERPILIH

IMPLEMENTATION OF DIALYSIS TREATMENT USING AI TECHNOLOGY ACCORDING TO SELECTED FIQH METHODS

Mohd Huefiros Efizi Husain^{1*}, Nurfarhana Yusof², Mohd Fuad Shukor³, Mohd Amran Hasbullah⁴, Shaffaridzuan Yakub⁵

¹ Akademi Pengajian Islam Kontemporari, Univeristi Teknologi MARA Caw. Johor Kampus Pasir Gudang

 huefirosefizi@uitm.edu.my

 <https://orcid.org/0009-0001-3549-0447>

² Fakulti Kejuruteraan Kimia, Univeristi Teknologi MARA Caw. Johor Kampus Pasir Gudang

 farhanayusof@uitm.edu.my

 <https://orcid.org/0009-0008-3410-4170>

³ Fakulti Kejuruteraan Awam, Univeristi Teknologi MARA Caw. Johor Kampus Pasir Gudang

 fuad9845@uitm.edu.my

 <https://orcid.org/0009-0008-2545-227X>

⁴ Fakulti Kejuruteraan Awam, Univeristi Teknologi MARA Caw. Johor Kampus Pasir Gudang

 mohdamran@uitm.edu.my

 <https://orcid.org/0009-0007-6588-3704>

⁵ Fakulti Pengurusan dan Perniagaan, Univeristi Teknologi MARA Caw. Sarawak Kampus Mukah

 shaffaridzuan@uitm.edu.my

 <https://orcid.org/0009-0007-6604-9033>

*Corresponding Author

Article Info:

Article history:

Received date: 04.08.2026

Revised date: 27.08.2026

Accepted date: 07.09.2026

Published date: 21.09.2026

Abstrak:

Penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam operasi rawatan dialisis merupakan revolusi baharu perkhidmatan klinikal di Malaysia. Penggunaan teknologi tersebut mampu meningkatkan kualiti kepada pesakit apabila ia dikendalikan dengan selamat, sistematik dan mematuhi standard yang telah digariskan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM). Namun, kelemahan sistem keselamatan maklumat boleh meningkatkan risiko pencerobohan data pesakit dialisis dengan mudah. Tambahan pula, apabila dikendalikan tanpa cermat dan pengawasan yang teliti dengan membelakangkan fungsi pakar perubatan dalam menentukan keputusan klinikal. Manakala kaedah fiqh pula adalah garis panduan hukum Islam dalam memelihara kemaslahatan umat Islam agar terhindar dari kerosakan dan kemudarat. Oleh itu, kajian ini meneroka penggunaan AI dalam rawatan dialisis menurut pertimbangan kaedah fiqh terpilih bagi memastikan keselamatan dalam operasi rawatan dialisis dapat

To cite this document:

Husain, M. H. E., Yusof, N., Shukor, M. F., Hasbullah, M. A., & Yakub, S. (2026). Pelaksanaan Rawatan Dialisis Menggunakan Teknologi Ai Menurut Kaedah Fiqh Terpilih. *Journal of Tourism Hospitality and Environment Management*, 11 (45), 794-805.

DOI:10.35631/JTHERM.1145047

dipelihara dengan baik dan menawarkan perkhidmatan yang berkesan kepada pesakit. Metodologi kualitatif diaplikasikan untuk memastikan objektif kajian dapat dicapai, melibatkan data primer hasil sesi temu bual dan rujukan ke atas kajian para sarjana sebagai data sekunder. Hasil kajian mendapati, penggunaan AI dalam sistem operasi rawatan dialisis banyak memberi manfaat supaya rawatan tersebut dapat dijalankan dengan cekap meliputi prestasi rawatan pesakit, pengoptimuman dos dan pengurusan fasiliti di pusat dialisis menurut kaedah fiqh. Kajian ini mencadangkan agar tahap pengawasan menggunakan AI dalam rawatan dialisis ditingkatkan ke tahap maksimum dan pengesahan oleh pakar perubatan ke atas setiap keputusan klinik wajar dilaksanakan secara telus demi memelihara keselamatan pesakit serta pembangunan operasi rawatan dialisis.

Kata Kunci:

Etika, Kaedah Fiqh, Kecerdasan Buatan (AI), Keselamatan Dan Operasi Rawatan Dialisis

Abstract:

The use of artificial intelligence (AI) in dialysis treatment operations is a new revolution in clinical services in Malaysia. The use of such technology can improve the quality of patients when it is handled safely, systematically and in compliance with the standards outlined by the Ministry of Health Malaysia (MOH). However, information security system vulnerabilities can easily increase the risk of data intrusion of dialysis patients. Furthermore, when handled without careful care and supervision by turning the function of physicians in determining clinical results. If you follow God's guidance, you will be saved. Therefore, this study explores the use of AI in dialysis treatment according to the consideration of selected fiqh methods to ensure safety in dialysis treatment operations can be maintained properly and offer effective services to patients. A qualitative methodology is applied to ensure that the objectives of the study can be achieved, involving primary data from interview sessions and references to the studies of scholars as secondary data. The results of the study found that the use of AI in the dialysis treatment operating system has many benefits so that the treatment can be carried out efficiently including patient treatment performance, dose optimization and facility management at the dialysis center according to the fiqh method. This study recommends that the level of control over the use of AI in dialysis treatment be increased to the maximum level and verification by medical experts on each clinical decision should be carried out transparently in order to preserve patient safety and the development of dialysis treatment operations.

Keyword:

Ethics, Fiqh Methods, Artificial Intelligence (AI), Safety And Operation Of Dialysis Treatment.



© The authors (2026). This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits non-commercial re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. For commercial re-use, please contact jthem@gaexcellence.com

Pendahuluan

Penyakit kronik kegagalan fungsi buah pinggang telah menjadi salah satu cabaran utama dalam sektor kesihatan awam di Malaysia. Berdasarkan laporan *Malaysian Dialysis and Transplant Registry* (MDTR), Pesakit perlu bergantung harap kepada rawatan dialisis seumur hidup mengikut jadual dan penentuan tertentu yang telah ditetapkan oleh pusat dialisis masing-masing. Peningkatan jumlah pesakit baharu setiap tahun menyaksikan penyakit kronik ini berada dalam kelompok penyakit yang serius dan menjadi trend di kalangan pesakit belia dan tidak terkecuali kepada kanak-kanak (Aris, 2020; Wong & Goh, 2018). Implikasi daripada perkembangan jumlah pesakit yang menerima rawatan ini membawa kepada peningkatan bebanan fizikal petugas dialisis dan kewangan ke atas fasiliti kesihatan awam, swasta, dan badan bukan kerajaan (NGO). Seiring dengan gelombang Revolusi Perindustrian 4.0 (IR4.0), pemanfaatan teknologi berasaskan kecerdasan buatan (*artificial intelligence* (AI) dalam perubatan moden bergerak secara meluas merangkumi domain pembelajaran mesin (*machine learning*), pemprosesan bahasa semula jadi (*natural language processing*), dan analisis prediktif yang berupaya memproses data berskala besar (*big data*) dengan pantas dan tepat (Topol, 2019). Dalam persekitaran pusat dialisis, AI berpotensi menyelaraskan proses pemantauan parameter fisiologi pesakit, melaraskan dos ubat secara tepat, dan mengesan gejala ketidakstabilan hemodinamik sebelum ia menjejaskan tahap keseimbangan kesihatan pesakit. Integrasi AI dalam sistem operasi rawatan dialisis di Malaysia dilihat bukan sekadar pemodenan alatan klinikal, malah sebagai satu inovasi digital yang berdaya saing. Teknologi ini berupaya memandu penjimatan kos operasi jangka panjang, meningkatkan margin keselamatan pesakit, dan meletakkan Malaysia sebagai perintis penjagaan kesihatan pintar di Asia Tenggara.

Walaupun begitu, pengurusan operasi rawatan dialisis konvensional di Malaysia berdepan dengan pelbagai kekangan struktur dan pragmatik. Pertambahan pesakit dialisis baharu setiap tahun tidak seimbang dengan pertambahan jururawat dialisis dan pakar nefrologi. Perkara ini membawa kepada peningkatan kadar kelesuan kerja dalam kalangan petugas kesihatan yang berpotensi menyumbang kepada ralat manusia (*human error*) semasa pemantauan pesakit. Kemudian, pendekatan pemantauan tanda vital pesakit secara manual dengan selang masa (contohnya setiap 30 minit) bersifat reaktif. Komplikasi akut seperti hipotensi intradialisis (*intradialytic hypotension*) sering kali hanya disedari selepas gejala klinikal timbul kerana bersifat ‘senyap’ pada peringkat awal. Apabila gejala klinikal seperti mual, pening, kekejangan otot, atau pengsan mula kelihatan, tekanan darah sebenarnya telah pun jatuh ke tahap kritikal. Kelewatan ini boleh mengakibatkan iskemia organ sekunder yang serius, terutamanya kecederaan miokardium (*myocardial stunning*), iskemia serebral (otak), dan kerosakan kekal pada fungsi buah pinggang yang berbaki. Bahkan, penyelenggaraan mesin dialisis yang dijalankan mengikut jadual berkala atau secara reaktif apabila berlaku kerosakan boleh mengganggu kelancaran syif rawatan pesakit serta mengurangkan kecekapan kos (Mohd Fadzli et al., 2021). Oleh itu, kajian ini memfokuskan kepada sejauh mana integrasi AI mampu menyelesaikan ketidakcekan operasi tersebut dan mewujudkan sistem operasi dialisis yang berdaya saing di Malaysia. Bagi mencapai matlamat utama kajian, objektif khas kajian ini merangkumi mengenal pasti bentuk aplikasi dan teknologi AI yang boleh diintegrasikan dalam ekosistem operasi rawatan dialisis di Malaysia, menganalisis kecekapan operasi dan manfaat klinikal penggunaan AI terhadap keselamatan pesakit serta pengurusan pusat dialisis, dan mengemukakan cadangan strategik bagi memperkasa perkhidmatan dialisis berasaskan digital di Malaysia bersandarkan permasalahan yang dikenal pasti.

Sorotan Literatur Penggunaan Teknologi Ai Dalam Arwatan Dialisis

Kajian rawatan dialisis banyak dikemukakan oleh para sarjana yang melibatkan keberkesanan rawatan klinikal kepada pesakit dialisis, kesan yang diperoleh ke atas rawatan dialisis dan pandangan hukum Islam terhadap penjagaan dan pelaksanaan ibadat bagi pesakit dialisis yang sedang dirawat. Namun, kajian penggunaan teknologi AI pada sistem operasi rawatan dialisis masih terhad dalam kalangan pengkaji Aanuoluwapo (2026) dan Abdillaeva Nazira (2025). Kajian mereka memfokuskan pada penggunaan teknologi AI dalam rawatan dialisis tanpa merujuk kepada panduan hukum Islam dalam memastikan maklumat yang dikemukakan kepada pesakit masih terdapat keraguan apabila tidak menyerupai dengan pandangan pakar nefrologi. Namun, kajian oleh Ahmad Safwan Yunos (2025) menghampiri objektif kajian apabila tinjauan dilakukan terhadap pelaksanaan rawatan kesihatan menggunakan teknologi AI dari perspektif Islam. Kajian ini meneroka tujuh aspek penilaian yang boleh dijadikan sebagai panduan dalam penggunaan teknologi AI kepada rawatan kesihatan. Namun, kajian tersebut tidak menumpukan kepada rawatan dialisis, malah secara umum. Walaupun begitu, setiap kajian di atas amat penting kepada pengkaji untuk menghubungkan penggunaan teknologi AI dalam rawatan dialisis yang semakin menjadi pilihan kebanyakan pusat dialisis di Malaysia. Fungsi teknologi AI dalam rawatan nefrologi telah berkembang daripada sekadar analisis diagnostik kepada pengurusan rawatan secara peribadi (*personalized medicine*). Topol (2019) menjelaskan bahawa keupayaan kognitif AI dalam mengenal pasti corak tersirat (*hidden patterns*) dalam data klinikal yang kompleks meletakkan teknologi ini sebagai pelengkap (*augmentative tool*) kepada keputusan doktor. Dalam konteks rawatan dialisis, sistem berasaskan AI mampu memantau tindak balas biologi pesakit secara berterusan, mengatasi keterbatasan pemantauan manual oleh petugas di pusat dialisis.

Penggunaan teknologi AI dalam rawatan dialisis mampu memberi isyarat awal 15 hingga 30 minit sebelum pesakit mengalami penurunan bacaan tekanan darah semasa operasi dialisis sedang berlangsung. Pantauan terhadap bacaan tekanan darah pesakit yang sedang menjalani rawatan merupakan elemen penting yang dijalankan setiap jam bagi memastikan pesakit berada dalam keadaan stabil. Antara simptom yang kerap berlaku ialah seperti kekejangan otot, pening kepala dan mual. Oleh yang demikian, kecanggihan teknologi AI mampu memberi persediaan kepada jururawat atau petugas dialisis untuk menyusun tindakan yang sewajarnya dengan menyelaraskan kadar ultrafiltrasi (*ultrafiltration rate*) secara automatik atau intervensi awal bagi mengatasi berlakunya simptom yang dinyatakan di atas (Bellocchio, 2019). Selain itu, pemberian dos ubat seperti suntikan erythropoietin (EPO) dan suplemen zat besi (*iron intravena*) kepada pesakit dapat diuruskan dengan pemantauan yang cermat. Penggunaan *decision-support system* berasaskan AI dalam mengawal dos ubat tersebut berjaya mengekalkan aras hemoglobin pesakit dalam julat sasaran dengan lebih stabil berbanding kaedah manual (Barbieri, 2015). Di samping itu, mampu mengurangkan dos keseluruhan ubat yang digunakan kepada pesakit. Manakala kos rawatan pesakit dialisis di Malaysia berada pada tahap yang tinggi dan amat membebankan kerajaan dan pesakit untuk menampung jumlah keseluruhan kos rawatan (Mohd Fadzli, 2021). Maka, usaha mengoptimumkan penggunaan ubat dan keselarasan operasi menggunakan teknologi AI merupakan tindakan terbaik bagi mengawal ekonomi dan perbelanjaan aspek kesihatan.

Menerusi Pelan Strategik Pendigitalan Sektor Kesihatan 2021-2025, Kementerian Kesihatan Malaysia telah merangka langkah transformasi digital untuk meningkatkan integrasi data dan penggunaan teknologi pintar. Walau bagaimanapun, pelaksanaan teknologi Ai secara meluas dalam rawatan penyakit kronik seperti rawatan dialisis masih berada pada peringkat awal dan

berdepan dengan pelbagai cabaran seperti penguasaan sistem, pemetaan maklumat dan fasiliti semasa. Perancangan yang bijak di antara kerajaan dan kemahiran petugas di pusat dialisis perlu ditambah baik dari semasa ke semasa bagi memastikan penggunaan teknologi tersebut berjaya mencapai matlamat dan manfaat kepada masyarakat. Selain itu, pengawasan risiko termasuk kerahsiaan data maklumat pesakit adalah kewajipan untuk dilindungi dalam kalangan pihak yang terlibat. Pelbagai kesan sampingan boleh berlaku sekiranya aspek pengawasan diabaikan (Yunos, 2025). Berdasarkan sorotan kajian, pengkaji mengesan terdapat kelompongan dalam usaha mengenal pasti penggunaan teknologi AI dalam rawatan dialisis dari perspektif hukum Islam. Oleh yang demikian, kajian ini akan meneroka kelompongan tersebut merangkumi aspek rekod klinikal, penyimpanan data dan keberkesanan sistem operasi.

Metodologi Kajian

Kajian ini menggunakan pendekatan kualitatif menerusi hasil temu bual bersama responden terpilih yang terdiri daripada 12 pesakit dialisis dan 5 juru rawat di pusat dialisis sekitar daerah Johor Bahru, Johor sebagai data primer. Responden bersetuju untuk ditemu bual yang dilakukan secara semi-struktur berdasarkan soalan yang dikemukakan bertemakan tiga aspek utama kajian iaitu rekod klinikal, penyimpanan data dan sistem operasi rawatan dialisis. Sesi temu bual dijalankan bermula 12 Januari hingga 30 Mei 2026. Persepsi, pandangan dan tafsiran responden diambil kira bagi menjawab setiap persoalan dalam kajian ini. Kemudian, data sekunder pula terdiri daripada kajian perpustakaan yang terdiri daripada kajian para sarjana, buku, laporan dan rencana yang telah ditapis mengikut kesesuaian objektif kajian. Himpunan kitab turath dan buku terbitan semasa yang dikarang oleh para cendekiawan Islam menjadi teras kepada penilaian penggunaan teknologi AI dalam rawatan dialisis dari pertimbangan hukum Islam. Setelah dikumpulkan, data dianalisis secara tematik (*thematic analysis*) mengikut objektif kajian yang ditetapkan berpandukan hukum Islam.

Analisis Dan Dapatan Kajian

Bahagian ini akan menghuraikan seluruh hasil dapatan kajian dan dianalisis secara berpandukan tema tertentu seperti yang berikut:

Aplikasi AI dalam Sistem Operasi Rawatan Dialisis

Aplikasi AI dalam operasi rawatan dialisis dapat dikategorikan kepada tiga komponen utama, iaitu a) pemantauan hemodinamik dan sistem prediktif, b) pengoptimuman dos serta preskripsi rawatan, dan c) pengurusan fasiliti dan aset melalui penyelenggaraan prediktif. Ketiga-tiga komponen ini memperlihatkan bagaimana teknologi AI boleh mengintegrasikan data pesakit, parameter mesin dialisis, rekod rawatan, keputusan makmal dan maklumat operasi secara lebih sistematik. Kajian semakan terkini turut menunjukkan bahawa aplikasi AI dalam dialisis merangkumi ramalan komplikasi, sokongan keputusan klinikal bagi pengurusan anemia, pemantauan akses vaskular dan analisis data klinikal yang kompleks.

Pemantauan Hemodinamik dan Sistem Prediktif

Dapatan pertama menunjukkan bahawa pemantauan hemodinamik dan sistem prediktif merupakan antara aplikasi AI yang paling signifikan dalam operasi rawatan dialisis. Teknologi *machine learning* (ML), termasuk *Random Forest*, *Neural Networks*, *Gradient Boosting* dan pelbagai model pembelajaran lain, boleh digunakan untuk menganalisis data pesakit yang

berubah secara dinamik sepanjang sesi hemodialisis. Data tersebut boleh merangkumi tekanan darah, kadar denyutan jantung, kadar ultrafiltrasi, berat badan, status cecair, parameter mesin dialisis serta sejarah rawatan pesakit. Keupayaan teknologi AI untuk menganalisis data secara berterusan membolehkan sistem mengenal pasti corak tertentu yang mungkin sukar dikesan melalui pemantauan konvensional. Secara khusus, teknologi ini berpotensi memberikan amaran awal terhadap risiko *intradialytic hypotension* (IDH), iaitu keadaan penurunan tekanan darah yang berlaku semasa rawatan dialisis.

Kecanggihan teknologi AI berjaya meramalkan situasi melibatkan IDH pesakit dengan menggunakan model *light gradient boosting machine* (Light GBM) dengan bacaan nilai C-statistik di antara 0.77 hingga 0.89 mengikut keupayaan pesakit dialisis. Ramalan tersebut terhasil daripada data sejarah sesi rawatan sebelum ini dan parameter klinikal yang telah ditetapkan. Dapatan kajian ini turut disokong oleh kajian oleh Dong (2023) yang telah membuat ramalan terhadap 62,000 jumlah pesakit dan menemui hasil positif terhadap fungsi teknologi AI dalam membuat pemantauan rawatan dialisis. Selain itu, teknologi AI mempunyai nilai terkumpul *area under the curve* (AUC) untuk meramalkan IDH pesakit sebelum dan semasa rawatan. Teknologi ini juga mempunyai keupayaan mengenalpasti tahap simptom hipotensi pesakit. Walaupun begitu, kebenaran secara total masih boleh dipertikaikan apabila terdapat hasil laporan yang tidak seragam sepanjang rawatan dialisis beroperasi. Hasil temu bual, responden percaya bahawa penggunaan teknologi AI dalam pemantauan tahap kestabilan hipotensi dan tekanan darah pesakit hanya boleh dijadikan hipotesis atau jangkaan awal sahaja. Rawatan dialisis masih memerlukan pemerhatian secara telus dari individu yang terlatih kerana laporan kesihatan amat penting untuk penentuan dos ubat dan saranan bentuk rawatan yang dikhususkan. Berikut merupakan pandangan bersama responden;

Responden 1: *“memang AI banyak bantu kami membuat persediaan awal, tapi end up kena tengok report yang betul”*.

Responden 2 dan 3: *“tak semua kena pakai AI, kadang-kadang ada problem tak boleh run report patient”*.

Penggunaan teknologi AI tidak dinafikan berfungsi mempercepatkan perolehan laporan rawatan dan kesihatan pesakit sebelum dan sedang menjalani operasi rawatan dialisis. Begitu juga dengan selepas menjalani rawatan, setiap ramalan yang ditunjukkan memberi isyarat kepada petugas dialisis untuk bersedia dengan sebarang kemungkinan yang boleh terjadi kesan daripada hipotensi. Namun, Keputusan klinikal dan pertimbangan daripada pakar perubatan menjadi keutamaan berbanding merujuk Keputusan menggunakan model daripada teknologi AI. Bahkan, hasil yang diperoleh dengan menggunakan teknologi AI boleh berubah sekiranya menggunakan pemilihan *prompt* yang berbeza oleh setiap petugas pusat dialisis. Sedangkan, hanya pengesahan klinikal yang tepat dan benar sahaja menjadi penentu kepada keputusan perubatan pesakit.

Responden 4 dan 5: *“boleh berlaku report yang berbeza, tapi perlu selaraskan sebelum report sebenar dikeluarkan”*.

Berdasarkan pertimbangan hukum Islam pula, penggunaan teknologi AI dalam mengoptimumkan operasi rawatan dialisis seperti menentukan dos preskripsi, meramal risiko hipotensi semasa prosedur, dan memantau kitaran hayat penapis menggunakan peralatan dializer menggantikan fungsi buah pinggang yang telah rosak adalah diharuskan berdasarkan

prinsip *Maslahah* (kemaslahatan) dan *Maqasid Shariah*, tertakluk kepada syarat-syarat tertentu penggunaannya. Perbincangan keharusan menggunakan teknologi AI dalam rawatan dialisis dapat dilihat daripada kaedah fiqh; '*al-Aslu fi al-Asyya' al-Ibahah*' yang bermaksud asal sesuatu perkara selain ketetapan ibadat yang dituntut dalam Islam adalah diharuskan, sehingga ditemui dalil ataupun punca ('*illah*') kepada pengharamannya (al-Suyuti, 1403H).

Penggunaan AI sebagai tujuan utama untuk meningkatkan potensi pelaksanaan rawatan dialisis dengan mengenal pasti lebih awal berdasarkan ramalan sebelum berlaku simptom atau kesan sampingan prosedur rawatan dapat dikategorikan sebagai usaha (asbab) yang diharuskan oleh hukum syarak. Tujuan tersebut bertepatan dengan matlamat penjagaan nyawa (*hifz al-nafs*) yang diharuskan, bahkan disarankan apabila ia dapat memberi pengawasan segera sebelum komplikasi buruk berlaku. Pemahaman *hifz al-nafs* dalam konteks ini menepati tafsiran yang dikemukakan oleh al-Razi (1986) bahawa anggota badan merupakan alat dan kelengkapan kepada jiwa yang menjadi kepentingan untuk dipelihara dengan sebaiknya. Sekiranya ia diabaikan, maka jasad, roh dan akal manusia tidak dapat dilengkapi antara satu sama lain. Begitu juga pandangan Ibn Manzur (2012), *al-nafs* itu terbahagi kepada *al-'aql* dan *al-ruh*, Fungsi kedua-duanya adalah untuk membezakan di antara yang baik dan buruk, serta penjagaan nyawa, iaitu *al-hayat*. Maka, penggunaan teknologi AI dalam rawatan dialisis yang dibincangkan ini berfungsi sebagai langkah persediaan untuk menjaga jasad pesakit daripada sebarang kebarangkalian. Apabila dapat dikesan awal, tindakan mengawal kestabilan tahap kesihatan dan keselamatan nyawa pesakit dapat diambil dengan segera. Di samping itu, teknologi AI membantu pemprosesan data klinikal yang besar atau kompleks dengan lebih tersusun dan pantas, sekali gus mengurangkan kesalahan yang dilakukan oleh petugas di pusat dialisis dan meningkatkan kualiti hidup pesakit.

Revolusi baharu penggunaan teknologi AI dalam pelaksanaan rawatan dialisis masih perlu mematuhi etika dan parameter yang ditetapkan dalam hukum Islam. Manusia diciptakan sebagai khalifah atau pemimpin yang perlu mematuhi sesuatu yang sah berbanding yang batil secara berdisiplin. Setiap petugas pusat dialisis dan keluarga pesakit dipertanggungjawabkan (*mas'uliyah*) untuk tujuan tersebut bagi memastikan kemudahan dapat ditangani sepenuhnya. Kaedah fiqh; '*al-darar yuzal*' yang bermaksud kemudahan itu perlu dielakkan dengan menjauhi kerosakan dan kemudahan (al-Zuhaili, 2004). Panduan tersebut dapat diterjemahkan sebagai larangan melanggar etika rawatan dialisis yang telah ditetapkan dan boleh menjejaskan kualiti perkhidmatan kesihatan pesakit dialisis. Pemahaman *al-Darar* dalam pelanggaran etika rawatan dialisis boleh membawa kepada *al-Gharar* seperti penipuan data, pelanggaran bidang kuasa dan kesamaran maklumat yang disertakan dalam rawatan dialisis membabitkan tahap kesihatan pesakit. Berbalik kepada tujuan asal penggunaan teknologi AI bagi melindungi awal tahap keselamatan pesakit daripada simptom kekejangan atau hipotensi, ia adalah harus, malah digalakkan dengan mematuhi sepenuhnya peraturan atau syarat yang perlu diutamakan bagi memastikan matlamat rawatan terlaksana dengan sempurna.

Pengoptimuman Dos dan Preskripsi Rawatan

Teknologi AI memiliki potensi yang besar sekiranya ia dikembangkan mengikut disiplin terkawal dan keperluan semasa bagi melengkapi keperluan kehidupan sejagat. Penggunaan teknologi AI dalam rawatan dialisis selain daripada berfungsi untuk pemantauan, ia juga boleh menganalisis perubahan parameter biologi pesakit serta maklum balas berdasarkan sesi rawatan terdahulu. Hal ini kerana teknologi tersebut mengandungi elemen *reinforcement learning* (RL) yang berperanan menguruskan anemia terutamanya dalam menentukan dos yang perlu diambil

oleh pesakit. Selain itu, ia berperanan mengawal cecair dan ultrafiltrasi berdasarkan saranan yang dikemukakan mengikut keperluan setiap pesakit. Pendapat ini disokong oleh kejayaan kajian Barbieri (2016) bahawa terdapat peningkatan peratusan bacaan hemoglobin kepada 83% berbanding sebelumnya hanya 70.6% sahaja. Bahkan, penggunaan darbepoetin median dapat dihadkan dan mendapat kesedaran untuk pengurangan pengambilan ubat secara tidak optimum. Responden berdasarkan sesi temu bual bersama pengkaji turut bersepakat bahawa teknologi AI dapat menjimatkan kos rawatan dengan meminimumkan pengambilan dos secara efektif mengikut keperluan pesakit sahaja.

Perkembangan ini menarik minat kepada Kang (2024) yang membangunkan model berasaskan *gated recurrent unit-attention* untuk meramalkan paras hemoglobin dan memberikan cadangan dos yang berbeza mengikut kesesuaian dan keperluan pesakit ketika rawatan dijalankan. Model tersebut dibangunkan dengan fungsi amaran bagi keperluan transfusi darah dan membantu menentukan keperluan dos ubat dengan lebih awal. Fungsi tersebut disepakati oleh petugas di pusat dialisis dengan menyatakan bahawa, tugas mereka menjadi sedikit ringan apabila terdapat rujukan awal untuk dijadikan sandaran. Hasil temu bual bersama responden seperti di bawah:

Responden 6, 7 dan 8: *“dulu tercari-cari juga punca kuasa untuk menetapkan dos ubat kepada pesakit selain daripada disarankan oleh doktor, sebab pesakit yang datang berbeza tahap kesiap siagaan tubuh setiap hari dialisis”*.

Namun, terdapat juga maklum balas responden yang meletakkan penggunaan model tersebut dalam rawatan dialisis sekadar makluman sahaja, hal ini kerana prestasi pesakit sering berubah-ubah disebabkan banyak faktor.

Responden 9: *“pesakit di sini berbeza umur dan ada yang tidak mahu mengambil ubat tambahan sebab kena tambah bayaran. Jadi kami hanya ikut report dari doktor setiap empat bulan sekali sahaja”*.

Berbeza dengan hasil temu bual bersama responden dalam kalangan pesakit, mereka mempunyai pandangan tersendiri sama ada untuk menyerahkan sepenuhnya kepada jururawat atau petugas di pusat dialisis, dan memilih untuk mempertimbangkan terlebih dahulu keputusan tersebut.

Responden 10, 11, dan 12: *“kami ikut je lah mereka, apa yang terbaik pada mereka, begitu juga terbaik untuk kami”*.

Responden 13: *“saya tak ambil ubat itu, sebab kena tambah bayaran. Cukup yang sedia ada sahaja”*.

Berdasarkan hasil temu bual di atas, pengambilan dos ketika rawatan sedang beroperasi merupakan satu pilihan di kalangan pesakit. Namun, ia mampu memberi kualiti tahap kesihatan pesakit dialisis yang lebih baik kerana pertambahan dos tertentu mengikut saranan kepada laporan kesihatan semasa.

Penggunaan RL telah dikaji secara khusus dengan memperlihatkan laporan sesi rawatan dialisis terdahulu secara sistematik dengan mengambil kira perubahan paras hemoglobin dan kesan dos ubat terkini. Berdasarkan laporan sesi rawatan terdahulu, RL menentukan hasil yang lebih

sistematik. Berpandukan pendekatan ini, model yang digunakan dalam sistem rawatan tersebut bukan sahaja merujuk kepada keadaan pesakit pada satu-satu masa, tetapi juga menilai hubungan antara sesuatu tindakan rawatan dengan hasil yang berlaku selepas tindakan tersebut. Oleh itu, penggunaan RL dalam operasi rawatan dialisis berpotensi menyokong konsep rawatan pandangan peribadi (*personalised treatment*), walaupun pelaksanaannya masih memerlukan pengesahan klinikal yang kukuh (Mohd Sor, 2025). Walau bagaimanapun, juru rawat yang terlibat perlu mempunyai sifat waspada untuk menyerahkan sepenuhnya kepada keputusan yang digunakan dalam teknologi AI sedemikian. Ia tidak wajar diberi kuasa autonomi untuk menetapkan dos ubat atau mengubah preskripsi rawatan tanpa pengawasan pakar nefrologi (Akzatria, 2023). Hal ini amat penting kerana pengurusan tekanan darah, zat besi dan terapi lain melibatkan risiko klinikal yang memerlukan pematuhan kepada garis panduan dan keadaan semasa pesakit. Kajian terkini berkaitan sistem AI dalam pengurusan anemia turut menekankan kepentingan model yang telus, boleh diaudit dan mematuhi protokol klinikal. Justeru, fungsi teknologi AI yang digunakan lebih sesuai pada tahap semasa ialah sebagai *clinical decision support system* (CDSS) sahaja, manakala keputusan akhir kekal di bawah tanggungjawab profesional kesihatan pakar perubatan yang terlibat.

Disiplin yang tidak meletakkan sepenuhnya kepercayaan kepada keputusan model yang menggunakan teknologi AI tersebut dapat disandarkan kepada panduan hukum kaedah fiqh; '*al-Yaqin La Yuzal bi al-Syak*', yang bermaksud sesuatu keyakinan tidak boleh dihilangkan atau diubah dengan keraguan. Keyakinan sepenuhnya kepada keputusan oleh pakar nefrologi dan penelitian klinikal menjadi tidak wajar sekiranya diabaikan. Hal ini kerana keputusan dan pemerhatian tersebut dibuat mengikut penelitian dan penyelidikan yang terperinci berdasarkan situasi semasa dan kondisi pesakit. Adapun model yang terhasil daripada teknologi AI, harus dijadikan sekadar persediaan awal dan pemerhatian berperingkat sahaja. Perbincangan ini dibentuk bagi memastikan keputusan akhir berdasarkan penetapan khusus oleh pakar nefrologi dan petugas dialisis ini tidak mengandungi keraguan untuk dijadikan rujukan yang boleh menyebabkan pelaksanaan sistem penetapan dos kepada pesakit bercanggah dengan yang sewajarnya.

Pengurusan Fasiliti dan Aset melalui Predictive Maintenance

Teknologi AI tidak terhad kepada aspek klinikal pesakit, bahkan merangkumi aspek kebolehpercayaan peralatan yang menyokong operasi dialisis. Sepanjang rawatan beroperasi, peralatan fasiliti seperti mesin dialisis, sistem rawatan air, sistem *Reverse Osmosis* (RO), sensor dan pam perlu berfungsi dengan baik bagi memastikan rawatan dapat dijalankan dengan selamat. Oleh itu, teknologi AI berperanan untuk menganalisis data operasi peralatan dan mengenal pasti perubahan yang mungkin menunjukkan tanda awal berlakunya kerosakan. Berdasarkan *predictive maintenance*, teknologi AI mengesan fungsi peralatan dan kemudian mengenal pasti kesalahan yang berlaku daripada penggunaan fungsi sebenar fasiliti tersebut. Sebagai contoh, perubahan yang tidak normal pada bacaan sensor, tekanan, aliran atau prestasi komponen boleh ditafsirkan sebagai petunjuk awal kemungkinan kegagalan. Hasil kajian daripada Martinović et al. (2025) membuktikan bahawa data prestasi peralatan dan fasiliti boleh digunakan untuk meramal status dan kesilapan mesin apabila menggunakan ML dalam pengendalian mesin di pusat dialisis. Pendekatan ini berpotensi mengurangkan risiko kegagalan peralatan, kos pembaikan dan gangguan terhadap kesinambungan rawatan.

Selain itu, model *Long Short-Term Memory* (LSTM) yang menggunakan teknologi AI bertujuan mengesan kemerosotan komponen mesin dialisis. Model tersebut dapat mengenal pasti permasalahan yang berlaku pada isyarat sensor dan mengesan tanda kegagalan sehingga lima hari lebih awal. Hasil kajian ini menggambarkan bahawa teknologi AI boleh mengubah pendekatan penyelenggaraan daripada pemulihan ke atas kerosakan yang berlaku kepada penyelenggaraan berdasarkan ramalan, iaitu tindakan penyelenggaraan dibuat sebelum terdapat kerosakan yang mengganggu operasi dialisis. Manakala sistem *Reverse Osmosis* pula, teknologi AI juga boleh difahami sebagai sebahagian daripada ekosistem pemantauan keselamatan fasiliti melibatkan sektor perubatan. Sistem AI boleh mengintegrasikan data daripada sensor dan rekod penyelenggaraan untuk mengenal pasti perubahan prestasi sistem, mengesan pola tidak normal dan mencadangkan keperluan berdasarkan pemeriksaan (Mohandas, 2017). Namun begitu, teknologi AI tidak berperanan menggantikan prosedur kawalan kualiti air dan penyelenggaraan yang disarankan, ia boleh dijadikan sebagai sumber pemantauan awal sahaja. Kesedaran terhadap limitasi penggunaan teknologi AI dalam rawatan dialisis adalah penting kerana kegagalan peralatan atau sistem sokongan boleh memberi kesan langsung terhadap kesinambungan dan keselamatan rawatan dialisis. Menurut Hafizi Zakaria (2011), adalah menjadi keperluan untuk memastikan setiap peralatan atau fasiliti yang digunakan secara konsisten berada dalam keadaan baik sebagai langkah memperoleh hasil penggunaan yang berkualiti. Pandangan ini turut disokong oleh Nur 'Afiah Jaini (2022) dengan mengemukakan tindakan atau denda yang sewajarnya bagi pihak yang mengabaikan penggunaan dan penjagaan fasiliti dengan berkesan.

Pengurusan peralatan atau fasiliti yang digunakan dengan berkesan turut dipandang serius dalam agama Islam. Penjagaan fasiliti bagi tujuan menjamin keselamatan adalah tergolong dalam elemen Maqasid Syariah, penjagaan nyawa (*hifz al-Nafs*). Al-Ghazali dalam kitab *Al-Mustasfa min 'Ilm al-Usul* menghuraikan penjagaan nyawa itu merupakan peruntukan undang-undang dan peraturan yang boleh menjamin hak kesejahteraan hidup manusia (al-Ghazali, 1997). Pemahaman terhadap elemen tersebut perlu diserap ke setiap peringkat dalam organisasi institusi bagi memastikan setiap operasi yang dijalankan benar mengikut tahap piawaian yang ditetapkan. Bahkan, ia termasuk dalam syarat perjanjian pengendalian bersama setiap yang terlibat iaitu *hifz al-bi'ah*, iaitu pemeliharaan alam sekitar yang harmoni (M. Khusnul Khuluq, 2024). Justeru, penggunaan teknologi AI dalam pengurusan fasiliti dan aset rawatan dialisis merupakan langkah proaktif bagi melindungi fungsi dan keselamatan pesakit dan petugas di sekitar pusat dialisis (Patel, 2022). Langkah perlindungan ini wajar menjadi pemacu kepada usaha mengenal pasti jika berlaku kerosakan dan kegagalan dengan lebih awal dan bertindak memulihkannya.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan perbincangan, penggunaan teknologi AI berpotensi membentuk ekosistem operasi rawatan dialisis yang lebih pintar, efektif dan berorientasikan perancangan awal untuk memelihara keselamatan. Komponen pertama memberi tumpuan kepada pesakit melalui pemantauan hemodinamik dan ramalan komplikasi seperti IDH; komponen kedua memberi tumpuan kepada pengoptimuman keputusan rawatan melalui pengurusan dos dan preskripsi yang disesuaikan dengan profil dan keputusan sesi rawatan pesakit sebelum ini; manakala komponen ketiga memberi tumpuan kepada pengawalan peralatan dan fasiliti melalui *predictive maintenance*. Ketiga-tiga komponen tersebut saling melengkapi kerana data profil pesakit, data rawatan dan data mesin dialisis boleh digabungkan untuk menghasilkan gambaran operasi dialisis yang lebih menyeluruh. Walau bagaimanapun, menyedari potensi

yang terdapat daripada penggunaan semasa teknologi AI tidak menghilangkan sikap berwaspada dan berjaga-jaga untuk mempercayai sepenuhnya kepada Keputusan yang dikemukakan. Teknologi yang giat dibangunkan tersebut masih berada pada tahap sokongan dan belum boleh dianggap sebagai pengganti kepada kepakaran klinikal manusia. Semakin sistematik mendapati sebahagian besar model ramalan IDH masih menghadapi isu risiko bias, kekurangan pengesahan luaran dan kekurangan kajian prospektif. Oleh itu, penggunaan teknologi AI dalam sistem operasi rawatan dialisis perlu disertai dengan pengesahan klinikal, tadbir urus data, keselamatan siber, kebolehhjelasan algoritma (*explainable AI*), perlindungan privasi pesakit serta mekanisme *human-in-the-loop*. Dengan pendekatan tersebut, AI lebih wajar dilihat sebagai teknologi sokongan kepada petugas kesihatan untuk meningkatkan ketepatan, kecekapan dan keselamatan operasi, bukannya sebagai pengganti kepada keputusan profesional.

Penghargaan:	Penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Universiti Teknologi MARA CAwangan Johor Kampus Pasir Gudang[atas sokongan dan kemudahan yang diberikan sepanjang kajian ini dijalankan.
Penyataan Pembiayaan:	Kajian ini menerima sokongan kewangan daripada Geran penyelidikan Bestari (G-Best) tahun 2025. Sekiranya tiada pembiayaan, kajian ini tidak mampu dibangunkan dan diterbitkan sebagai proses pemindahan hasil kajian dan peluasan ilmu kepada masyarakat.
Pernyataan Konflik Kepentingan:	Penulis mengisytiharkan bahawa tiada konflik kepentingan berkaitan penerbitan kertas kerja ini. Semua penulis telah menyumbang kepada kajian ini dan telah meluluskan versi akhir manuskrip untuk penyerahan kepada Journal of Tourism, Hospitality and Environment Management (JTHER).
Pernyataan Etika:	Kajian ini telah dijalankan selaras dengan piawaian etika penyelidikan. Semua prosedur yang melibatkan responden manusia telah disemak dan mendapat keizinan daripada setiap responden. Persetujuan bermaklumat telah diperolehi daripada semua responden sebelum pengumpulan data dijalankan. Penyertaan adalah secara sukarela, dan responden telah dijamin kerahsiaan serta anonimitas. Data yang dikumpulkan digunakan semata-mata bagi tujuan akademik.
Pernyataan Sumbangan Penulis:	Semua penulis telah menyumbang secara signifikan terhadap pembangunan manuskrip ini. Mohd Huefiros Efizi bin Husain bertanggungjawab terhadap pengkonsepkan, metodologi dan penyeliaan keseluruhan kajian. Nurfarhana binti Yusof dan Mohd Fuad bin Shukor mengendalikan pengumpulan data, analisis serta tafsiran dapatan kajian. Manakala, Mohd Amran bin Hasbullah dan Shaffaridzuan bin Yakub menyumbang kepada sorotan literatur, penyediaan draf, dan semakan kritikal manuskrip. Semua penulis telah membaca dan meluluskan versi akhir manuskrip sebelum penyerahan.

Rujukan

- Akzatria, F. S. (2023). Implementation of artificial intelligence in healthcare. *Journal of Advanced Technology & Multidiscipline*, 2(2), 61-66.
- Al-Ghazzali, M. I. (1997). *Al-Mustasfa min 'Ilm al-Usul* (Jld. 1). Beirut: Dar Ihya al-Turath al-'Arabi.
- Al-Razi, F. (1986). *Al-Arba'in fi Usul al-Din*. Maktabat al-Kuliyat al-Azhariyat, Kaherah.
- Al-Suyūti, Abdul Rahman bin Abi Bakr. 1403H. *al Asybāh wa al Nazāir*. Beirūt: Dār al Kutub al Ilmiah.
- Annuoluwapo Clementy David-Olawade, Muyina Ademola Ogunbona (2026). Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Dialysis; Current Applications, Challenges, and Future Directions *Clinica Chimica Acta* 586 120909; 12097. El Sevier.
- Aris, T. (2020). Prevalence of chronic kidney disease and its associated factors in Malaysia; Findings from a nationwide population-based cross-sectional study. *BMC Nephrology*, 21(1), 344. <https://doi.org/10.1186/s12882-020-01966-8>
- Ibnu Manzur, A. A. (2012). *Lisan 'Arabi*. Dar al-Tawfiq li al-Turath, Kairo.
- Muhammad Al-Zuhaili. (2004). *Al-Qawa'id al-Fiqhiyyah 'Ala Mazhab al-Hanafi Wa al-Syafi'e*. Kuwait: Lajnah al-Ta'lif Wa al-Ta'rib Wa al-Nashr, cet.2.
- M. Khusnul Khuluq & Asmuni. 2024. Hifz Al-Bi'ah As Part Of Maqashid Al Shari'ah And Its Relevance In The Context of Global Climate Change. *Indonesian Journal of Interdisciplinary Islamic Studies (IJIIS)*. 7(2).
- Mohandas, S. (2017). AI and healthcare in India: Looking forward. Roundtable Report. The Centre for Internet and Society, India.
- Mohd Fadzli, N. F. A., Mohd Rasani, A. A., & Keng, S. L. (2021). Assessing the financial burden of hemodialysis treatment in Malaysia. *Belitung Nursing Journal*, 7(6), 529–534. <https://doi.org/10.33546/bnj.1804>
- Mohd Sor, Aisyah Nuha & Shamugam (2025). Faktor yang Mempengaruhi Kepekatan Serum Digoxin – Implikasi untuk Pengurusan Dos dan Pencegahan Toksisiti. *Malaysian Journal of Health Sciences*. 3(1). 97, doi. 10.17576/JSKM-2025-2301-01
- Nur'Afiqah Jaini, Wan Zahari Wan Yusoff & Mohd Hafizal Ishak. (2022). Penyelenggaraan Bangunan dalam pengurusan Fasiliti; Elemen Mempengaruhi Kualiti Amalan Penyelenggaraan Bangunan. *Journal of Social Transformation dan Regional Development*. Vol. 4, No.1. e-ISSN: 2682-9142.
- Patel, V., & Shah, M. (2022). Artificial intelligence and machine learning in drug discovery and development. *Intelligent Medicine*, 2(3), 134-140.
- Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25(1), 44–56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>
- Wong, H. S., & Goh, H. L. (2018). *23rd Report of the Malaysian Dialysis and Transplant Registry 2015*. Kuala Lumpur: National Renal Registry, Malaysian Society of Nephrology.