

Smart Green Hospital: Pengembangan Dashboard Digital untuk Monitoring Risiko Kesehatan Lingkungan dan Pengambilan Keputusan Berbasis Data di RSI Malahayati Medan Tahun 2026

Nurcholisah Fitra¹, Dedi Ardinata², Balqis Nurmauli Damanik³, Ruslan Zuhair Pulungan⁴

¹Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

² Fakultas Kedokteran, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

³ Program Studi Kesehatan Masyarakat, Universitas Bunda Thamrin, Medan, Indonesia

⁴ Program Studi Administrasi Kesehatan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Malahayati, Medan, Indonesia

Email korespondensi : damanikbalqis85@gmail.com

Published: Juli, 2026

ABSTRAK

Rumah sakit merupakan fasilitas pelayanan kesehatan yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan lingkungan apabila pengelolaannya tidak dipantau secara terintegrasi. Di RSI Malahayati Medan, monitoring risiko kesehatan lingkungan masih dilakukan secara manual, data kualitas lingkungan belum terintegrasi, dan pengambilan keputusan belum berbasis sistem digital sehingga program Green Hospital belum berjalan optimal. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengembangkan dashboard digital berbasis web untuk monitoring risiko kesehatan lingkungan sekaligus mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Kegiatan menggunakan pendekatan Community-Based Research dan Participatory Action Research melalui enam tahapan: identifikasi kebutuhan, analisis masalah, perancangan dashboard, pelatihan dan implementasi, monitoring dan evaluasi, serta penyusunan rekomendasi. Sasaran kegiatan adalah petugas sanitasi, tim K3RS, komite mutu, dan manajemen rumah sakit. Hasil menunjukkan peningkatan rata-rata pengetahuan peserta dari 58,4 menjadi 84,7 dan keterampilan dari 51,2 menjadi 86,9, percepatan waktu pelaporan data lingkungan, serta tingkat kepuasan pengguna yang tinggi. Dashboard berhasil mengintegrasikan enam indikator kesehatan lingkungan dan indikator Green Hospital. Disimpulkan bahwa implementasi dashboard digital efektif meningkatkan kapasitas mitra dan kualitas pengambilan keputusan kesehatan lingkungan.

Kata kunci: dashboard digital; kesehatan lingkungan; Green Hospital; Smart Hospital; monitoring risiko; pengambilan keputusan berbasis data

ABSTRACT

Hospitals are healthcare facilities that have the potential to generate environmental health risks if their management is not monitored through an integrated system. At Malabayati Islamic Hospital (RSI Malabayati) Medan, environmental health risk monitoring has been conducted manually, environmental quality data have not been integrated, and decision-making has not yet been supported by a digital information system, resulting in suboptimal implementation of the Green Hospital program. This community service project aimed to develop a web-based digital dashboard for environmental health risk monitoring while supporting data-driven decision-making. The program adopted a Community-Based Research (CBR) and Participatory Action Research (PAR) approach through six stages: needs assessment, problem analysis, dashboard design, training and implementation, monitoring and evaluation, and formulation of recommendations. The target participants included environmental sanitation officers, the Hospital Occupational Health and Safety (K3RS) team, the quality assurance committee, and hospital management. The results demonstrated an increase in participants' average knowledge scores from 58.4 to 84.7 and practical skills from 51.2 to 86.9, accelerated environmental data reporting, and a high level of user satisfaction. The dashboard successfully integrated six environmental health indicators along with Green Hospital performance indicators. It can be concluded that the implementation of the digital dashboard effectively enhanced the capacity of hospital personnel and improved the quality of environmental health decision-making.

Keywords: digital dashboard; environmental health; Green Hospital; Smart Hospital; risk monitoring; data-driven decision-making.

PENDAHULUAN

Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna. Di balik fungsinya yang vital, rumah sakit merupakan salah satu fasilitas dengan intensitas penggunaan sumber daya yang sangat tinggi sekaligus penghasil beragam faktor risiko kesehatan lingkungan, mulai dari limbah medis padat dan cair, emisi gas, kebutuhan air bersih dalam jumlah besar, hingga konsumsi energi yang signifikan. Apabila tidak dikelola secara sistematis dan terukur, berbagai faktor tersebut berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap pasien, petugas, pengunjung, serta masyarakat di sekitar rumah sakit. Kajian terkini menempatkan sektor pelayanan kesehatan sebagai salah satu kontributor degradasi lingkungan yang penting sehingga mendorong perlunya strategi keberlanjutan yang terintegrasi pada tingkat institusi [1].

Beban lingkungan yang ditimbulkan oleh fasilitas pelayanan kesehatan tidaklah kecil. Sebagai entitas yang beroperasi tanpa henti selama dua puluh empat jam, rumah sakit mengonsumsi air, listrik, dan bahan habis pakai dalam jumlah besar serta menghasilkan timbunan limbah yang beragam tingkat bahayanya. Berbagai studi menunjukkan bahwa proporsi limbah medis berbahaya hanya merupakan sebagian dari total timbunan limbah rumah sakit, namun penanganannya menuntut prosedur yang ketat karena berisiko menularkan penyakit dan mencemari lingkungan apabila salah dikelola [7]. Selain limbah, kualitas air bersih, mutu udara ruangan, kebersihan sanitasi, serta keberadaan vektor penyakit merupakan media lingkungan yang harus dijaga dalam batas baku mutu agar tidak menjadi sumber infeksi terkait pelayanan kesehatan. Oleh karena itu, pemantauan media lingkungan secara berkala dan terdokumentasi menjadi keharusan, bukan sekadar pelengkap administratif.

Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, konsep Green Hospital atau rumah sakit ramah lingkungan berkembang menjadi paradigma global. Organisasi Kesehatan Dunia melalui pedoman fasilitas pelayanan kesehatan yang berketahanan iklim dan berkelanjutan menekankan pentingnya pengelolaan air, energi, limbah, serta kualitas lingkungan internal sebagai pilar penyelenggaraan layanan yang aman dan berkelanjutan [2]. Berbagai tinjauan menunjukkan bahwa penerapan praktik hijau di rumah sakit dapat mengurangi jejak karbon, menekan biaya operasional, dan meningkatkan mutu pelayanan, namun keberhasilannya sangat bergantung pada ketersediaan data, kapasitas sumber daya manusia, serta komitmen manajemen [3], [4]. Greening pada layanan kesehatan bukan sekadar inisiatif sporadis, melainkan harus menjadi bagian dari sistem manajemen kinerja yang terstruktur [5].

Salah satu prasyarat utama implementasi Green Hospital adalah tersedianya sistem monitoring indikator kesehatan lingkungan yang akurat, mutakhir, dan dapat ditelusuri. Sayangnya, indikator keberlanjutan rumah sakit kerap belum terintegrasi dalam satu sistem pengukuran sehingga sulit dijadikan dasar pengambilan keputusan [6]. Di Indonesia, persoalan ini diperkuat oleh temuan berbagai studi bahwa pengelolaan limbah medis dan sanitasi rumah sakit masih menghadapi kendala pencatatan manual, keterbatasan tenaga terlatih, serta lemahnya keterlacakan data hingga tahap akhir [7], [8]. Padahal, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit telah mengamanatkan penyelenggaraan kesehatan lingkungan yang memenuhi standar baku mutu dan persyaratan kesehatan pada media air, udara, tanah, pangan, sarana bangunan, serta pengendalian vektor [9].

Rumah Sakit Islam (RSI) Malahayati Medan merupakan salah satu rumah sakit swasta yang berkomitmen meningkatkan mutu pelayanan sekaligus tata kelola lingkungan. Berdasarkan observasi awal dan diskusi dengan manajemen, ditemukan beberapa permasalahan mendasar pada aspek pengelolaan risiko kesehatan lingkungan di RSI Malahayati Medan. Pertama, monitoring risiko kesehatan lingkungan masih dilakukan secara manual menggunakan formulir kertas dan rekapitulasi pada lembar kerja terpisah. Kedua, data kualitas lingkungan, seperti kualitas air bersih, pengelolaan

limbah medis, kualitas udara ruangan, kepatuhan sanitasi, dan pengendalian vektor, belum terintegrasi dalam satu sistem. Ketiga, pengambilan keputusan terkait kesehatan lingkungan belum berbasis dashboard digital sehingga respons terhadap penyimpangan baku mutu sering kali terlambat. Keempat, belum tersedia sistem pemantauan terpadu yang mampu mendukung perwujudan program Green Hospital secara berkelanjutan.

Perkembangan transformasi digital di sektor kesehatan menawarkan peluang besar untuk mengatasi permasalahan tersebut. Konsep Smart Hospital menempatkan pemanfaatan teknologi informasi, integrasi data, dan analitik sebagai sarana untuk meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan mutu layanan [10], [11]. Sistem berbasis web dan internet of things telah terbukti mampu mengumpulkan, mengintegrasikan, dan memvisualisasikan data secara real time untuk mendukung pengambilan keputusan klinis maupun manajerial [12], [13], [14]. Kerangka agregasi data yang dilengkapi mekanisme pengambilan keputusan cerdas memungkinkan manajemen merespons risiko secara lebih cepat dan tepat [15]. Pertemuan antara paradigma Smart Hospital dan Green Hospital melahirkan gagasan Smart Green Hospital, yaitu rumah sakit yang memanfaatkan teknologi digital untuk mewujudkan tata kelola lingkungan yang berkelanjutan [16].

Di Indonesia, agenda transformasi digital kesehatan terus menguat sebagai bagian dari upaya peningkatan mutu dan tata kelola fasilitas kesehatan. Meskipun demikian, adopsi teknologi digital pada ranah kesehatan lingkungan rumah sakit masih tertinggal dibandingkan adopsi pada layanan administrasi dan klinis. Sebagian besar kajian dalam negeri mendokumentasikan persoalan pengelolaan limbah dan sanitasi dari sisi kepatuhan dan sarana, namun belum banyak yang menelaah pemanfaatan dashboard digital terpadu sebagai instrumen monitoring dan pengambilan keputusan lingkungan. Kesenjangan inilah yang melatarbelakangi urgensi kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, yaitu menghadirkan solusi digital yang konkret, kontekstual, dan dapat dioperasikan oleh sumber daya manusia rumah sakit. Dashboard tidak hanya dipandang sebagai produk teknologi, tetapi sebagai sistem sosioteknis yang menuntut perubahan cara kerja, peningkatan kapasitas petugas, dan komitmen manajemen agar memberikan dampak yang berkelanjutan.

Berangkat dari kondisi tersebut, tim pengabdian kepada masyarakat menawarkan solusi berupa pengembangan dashboard digital berbasis web untuk monitoring risiko kesehatan lingkungan dan pengambilan keputusan berbasis data di RSI Malahayati Medan. Solusi ini mencakup empat komponen utama, yaitu pengembangan dashboard digital berbasis web, digitalisasi pencatatan indikator kesehatan lingkungan rumah sakit, pelatihan penggunaan dashboard kepada petugas, serta pendampingan monitoring dan evaluasi berbasis data. Kegiatan ini bertujuan untuk (1) meningkatkan kemampuan petugas dalam menggunakan dashboard digital, (2) mempercepat pelaporan data kesehatan lingkungan, (3) meningkatkan kualitas pengambilan keputusan manajemen, dan (4) memperkuat fondasi penerapan Green Hospital di RSI Malahayati Medan. Diharapkan kegiatan ini memberikan kontribusi nyata bagi mitra sekaligus menjadi model implementasi teknologi digital pada pengelolaan risiko kesehatan lingkungan rumah sakit di Indonesia.

Secara konseptual, kegiatan ini memposisikan diri pada titik temu tiga arus pemikiran yang selama ini berkembang relatif terpisah, yaitu manajemen kesehatan lingkungan rumah sakit, transformasi digital layanan kesehatan, dan agenda keberlanjutan Green Hospital. Sebagian besar literatur cenderung menelaah ketiga arus tersebut secara parsial, sehingga belum tersedia model yang menunjukkan bagaimana ketiganya dapat dipadukan dalam satu instrumen kerja yang operasional di tingkat rumah sakit. Kontribusi kegiatan ini bersifat ganda. Dari sisi praktis, kegiatan menghasilkan sistem dashboard yang langsung dapat digunakan mitra beserta peningkatan kapasitas sumber daya manusia yang mengoperasikannya. Dari sisi keilmuan, kegiatan ini memperkaya khazanah pengabdian kepada masyarakat dengan mendemonstrasikan pendekatan sosioteknis yang memadukan penguatan kapasitas manusia dan penyediaan teknologi secara simultan. Dengan demikian, artikel ini diharapkan tidak hanya melaporkan capaian sebuah program, tetapi juga menawarkan kerangka berpikir yang dapat diadaptasi oleh fasilitas pelayanan kesehatan lain yang menghadapi tantangan serupa dalam mewujudkan tata kelola lingkungan yang cerdas dan berkelanjutan.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan Community-Based Research (CBR) yang dipadukan dengan Participatory Action Research (PAR). Pendekatan CBR menempatkan mitra bukan sebagai objek, melainkan sebagai subjek yang turut serta merumuskan masalah dan solusi, sedangkan PAR menekankan siklus aksi dan refleksi yang berkelanjutan sehingga intervensi yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan dan konteks rumah sakit. Kombinasi kedua pendekatan ini dipilih karena pengembangan dashboard digital menuntut keterlibatan aktif pengguna agar sistem yang dibangun mudah diterima dan berkelanjutan.

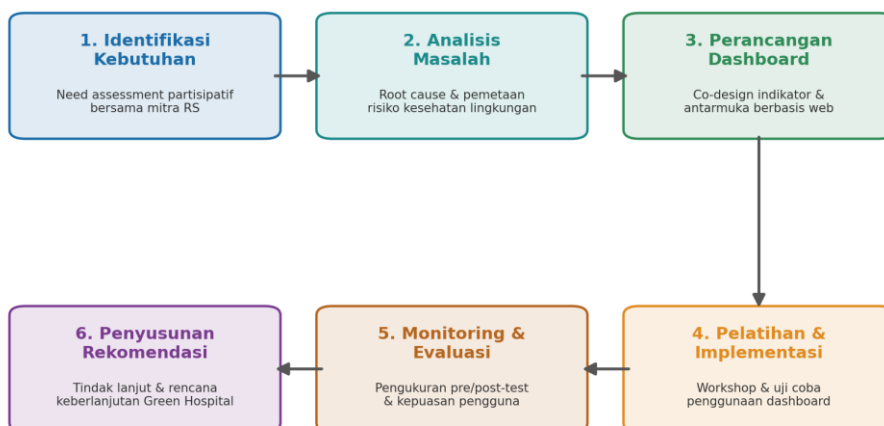
Kegiatan dilaksanakan di RSI Malahayati Medan pada periode Januari sampai dengan Mei 2026. Sasaran kegiatan berjumlah 25 orang yang terdiri atas petugas sanitasi rumah sakit, tim Kesehatan dan Keselamatan Kerja Rumah Sakit (K3RS), komite mutu, serta unsur manajemen rumah sakit. Pelibatan keempat kelompok sasaran ini bertujuan memastikan dashboard dapat digunakan mulai dari tingkat operasional pencatatan data hingga tingkat strategis pengambilan keputusan. Karakteristik peserta secara ringkas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Peserta Kegiatan (n = 25)

No	Unsur/Unit Kerja	Jumlah (orang)	Persentase (%)
1	Petugas sanitasi/kesehatan lingkungan	9	36,0
2	Tim K3RS	7	28,0
3	Komite mutu	5	20,0
4	Manajemen rumah sakit	4	16,0
	Total	25	100,0

Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui enam tahapan yang saling berkesinambungan, yaitu identifikasi kebutuhan, analisis masalah, perancangan dashboard, pelatihan dan implementasi, monitoring dan evaluasi, serta penyusunan rekomendasi. Keseluruhan alur tahapan tersebut digambarkan pada Gambar 1.

Pendekatan Community-Based Research (CBR) & Participatory Action Research (PAR)



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan kegiatan dengan pendekatan CBR dan PAR

Tahap Identifikasi Kebutuhan dan Analisis Masalah

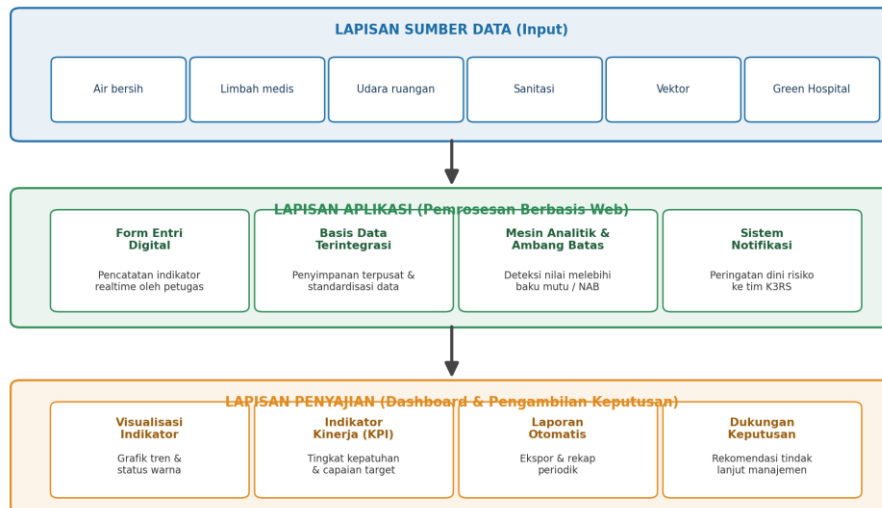
Pada tahap identifikasi kebutuhan, tim melakukan need assessment partisipatif melalui observasi lapangan, telaah dokumen pencatatan kesehatan lingkungan, serta diskusi kelompok terarah bersama mitra. Tahap analisis masalah dilakukan dengan menelusuri akar persoalan menggunakan diagram sebab-akibat dan pemetaan alur data, sehingga teridentifikasi bahwa keterlambatan respons risiko bersumber dari pencatatan manual yang terfragmentasi dan tidak terintegrasi. Hasil tahapan ini menjadi dasar penetapan indikator yang akan dimuat dalam dashboard.

Need assessment dilakukan dengan beberapa instrumen yang saling melengkapi. Observasi lapangan diarahkan pada alur pencatatan data kualitas air, limbah medis, udara ruangan, sanitasi, serta pengendalian vektor di unit kesehatan lingkungan. Telaah dokumen menyasar formulir, buku catatan, dan laporan periodik yang selama ini digunakan, untuk mengetahui jenis data yang dikumpulkan, format pelaporan, serta waktu yang dibutuhkan dalam menyusun rekapitulasi. Adapun diskusi kelompok terarah melibatkan perwakilan keempat unsur sasaran guna menggali harapan pengguna terhadap sistem yang ideal. Dari proses ini diperoleh daftar kebutuhan fungsional, seperti kemudahan input data, visualisasi status indikator, notifikasi otomatis, serta kemampuan menghasilkan laporan, dan kebutuhan nonfungsional, seperti kemudahan akses melalui perangkat yang tersedia dan kesederhanaan tampilan. Pemetaan alur data memperlihatkan bahwa data yang sama kerap dicatat berulang pada formulir berbeda, tidak saling terhubung, dan baru direkapitulasi pada akhir periode, sehingga penyimpangan baku mutu sering terlambat diketahui dan ditindaklanjuti.

Tahap Perancangan Dashboard

Dashboard dirancang secara kolaboratif (co-design) berbasis web agar dapat diakses melalui komputer maupun perangkat bergerak tanpa pemasangan aplikasi khusus. Arsitektur sistem disusun dalam tiga lapisan, yaitu lapisan sumber data, lapisan aplikasi, dan lapisan penyajian, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2. Lapisan sumber data menampung enam indikator kesehatan lingkungan; lapisan aplikasi memproses data melalui form entri digital, basis data terintegrasi, mesin analitik ambang batas, dan sistem notifikasi; sedangkan lapisan penyajian menampilkan visualisasi indikator, indikator kinerja, laporan otomatis, dan dukungan keputusan bagi manajemen.

Perancangan dashboard berpedoman pada beberapa prinsip desain. Pertama, kesederhanaan, yaitu tampilan dibuat ringkas dengan kode warna status agar pesan utama dapat ditangkap dalam sekali pandang. Kedua, relevansi, yaitu indikator yang ditampilkan disesuaikan dengan kebutuhan pengambilan keputusan masing-masing unsur, mulai dari petugas operasional hingga manajemen. Ketiga, aksesibilitas, yaitu sistem berbasis web yang responsif sehingga dapat dibuka melalui beragam perangkat. Keempat, keterlacakan, yaitu setiap entri data terekam beserta waktu dan penggunaannya sehingga tersedia jejak audit. Secara teknis, sistem dibangun menggunakan teknologi web standar dengan basis data relasional sebagai penyimpanan terpusat, mesin aturan untuk membandingkan nilai parameter terhadap baku mutu, serta komponen visualisasi untuk menampilkan grafik tren dan kartu indikator. Rancangan antarmuka divalidasi bersama mitra melalui sesi peninjauan purwarupa sebelum diterapkan, untuk memastikan kesesuaian dengan alur kerja nyata di lapangan.



Gambar 2. Arsitektur sistem dashboard digital monitoring kesehatan lingkungan

Tahap Pelatihan, Implementasi, Monitoring, dan Evaluasi

Pelatihan dilaksanakan dalam bentuk workshop dan praktik langsung penggunaan dashboard, disertai pendampingan teknis selama masa uji coba. Implementasi dilakukan dengan memigrasikan pencatatan manual ke form entri digital pada dashboard. Monitoring dan evaluasi dilakukan untuk mengukur ketercapaian tujuan kegiatan.

Materi pelatihan disusun secara berjenjang agar sesuai dengan peran masing-masing peserta. Modul pertama membahas konsep kesehatan lingkungan rumah sakit, Smart Hospital, dan Green Hospital sebagai landasan pemahaman. Modul kedua membahas pengenalan dashboard, cara melakukan input data indikator, dan pembacaan status serta notifikasi. Modul ketiga membahas pemanfaatan visualisasi dan laporan untuk pengambilan keputusan, khususnya bagi komite mutu dan manajemen. Setiap modul dilengkapi praktik langsung menggunakan perangkat sehingga peserta tidak hanya memahami konsep, tetapi juga terampil mengoperasikan sistem. Selama masa uji coba, tim memberikan pendampingan untuk membantu peserta mengatasi kendala teknis serta memperkuat kebiasaan pencatatan digital secara rutin.

Pengukuran keberhasilan kegiatan menggunakan beberapa alat ukur. Tingkat pengetahuan dan keterampilan peserta diukur melalui pre-test dan post-test menggunakan kuesioner tervalidasi dengan rentang skor 0 sampai 100. Perubahan pengetahuan dianalisis secara deskriptif (rata-rata dan simpangan baku) serta uji beda berpasangan dengan tingkat kemaknaan p kurang dari 0,05. Kecepatan pelaporan data lingkungan diukur dengan membandingkan rata-rata waktu penyusunan laporan sebelum dan sesudah intervensi. Kualitas pengambilan keputusan dinilai melalui indikator kecepatan respons terhadap penyimpangan baku mutu. Adapun tingkat kepuasan dan kebergunaan dashboard diukur menggunakan instrumen usability berskala 0 sampai 100. Tingkat ketercapaian keberhasilan dinyatakan melalui perubahan pengetahuan, keterampilan, kecepatan pelaporan, mutu keputusan, serta kepuasan pengguna sebelum dan sesudah kegiatan.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif dari pre-test, post-test, pengukuran waktu, dan penilaian kebergunaan diolah menggunakan statistik deskriptif dan uji beda untuk melihat signifikansi perubahan. Data kualitatif dari observasi dan diskusi digunakan untuk menafsirkan temuan, memahami konteks penggunaan, serta mengidentifikasi kendala dan peluang perbaikan. Triangulasi kedua jenis data memperkuat keabsahan kesimpulan mengenai dampak kegiatan terhadap mitra.

HASIL & PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat berhasil dilaksanakan sesuai dengan enam tahapan yang direncanakan. Pada bagian ini diuraikan capaian setiap tahapan, mulai dari hasil identifikasi kebutuhan dan perancangan dashboard hingga hasil pengukuran dampak intervensi terhadap mitra.

Hasil Pengembangan Dashboard dan Indikator yang Dipantau

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan dan analisis masalah, disepakati enam indikator kesehatan lingkungan yang dipantau melalui dashboard, yakni kualitas air bersih, pengelolaan limbah medis, kualitas udara ruangan, kepatuhan sanitasi lingkungan, pengendalian vektor, dan indikator Green Hospital. Setiap indikator dilengkapi parameter, satuan, sumber acuan baku mutu, serta frekuensi pemantauan, sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

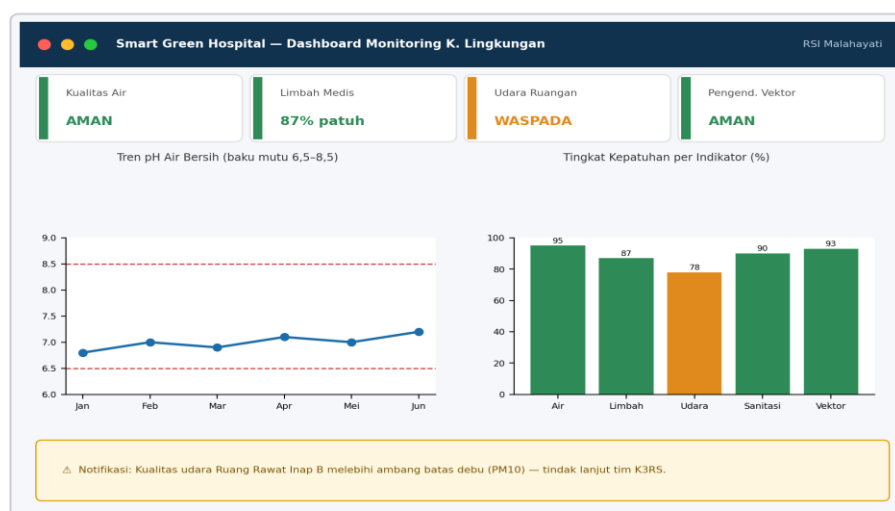
Pemilihan keenam indikator tersebut tidak dilakukan secara acak, melainkan mengacu pada media lingkungan yang diatur dalam regulasi kesehatan lingkungan rumah sakit serta pilar utama Green Hospital. Indikator kualitas air bersih dipantau melalui parameter seperti pH, kekeruhan, sisa klor, dan pemeriksaan bakteriologis untuk memastikan air yang digunakan aman. Indikator pengelolaan limbah medis menelusuri volume timbulan, ketepatan segregasi dan pewadahan, serta keterlacakan hingga tahap akhir pemusnahan, yang selama ini menjadi titik lemah pada banyak rumah sakit [7], [8]. Indikator kualitas udara ruangan memantau suhu, kelembapan, kadar partikulat, dan angka kuman udara yang berkaitan langsung dengan risiko infeksi terkait pelayanan kesehatan. Indikator kepatuhan sanitasi dan pengendalian vektor menilai kebersihan ruang serta keberadaan vektor penyakit, sedangkan indikator Green Hospital merangkum konsumsi air, energi, timbulan limbah, dan upaya daur ulang sebagai cerminan keberlanjutan. Dengan demikian, dashboard tidak hanya memantau aspek kepatuhan, tetapi juga aspek keberlanjutan secara bersamaan.

Tabel 2. Indikator Kesehatan Lingkungan yang Dipantau pada Dashboard

No	Indikator	Parameter Utama	Acuan Baku Mutu	Frekuensi
1	Kualitas air bersih	pH, kekeruhan, sisa klor, bakteriologis (coliform)	Permenkes No. 7/2011 standar air bersih	Harian/Mingguan
2	Pengelolaan limbah medis	Volume, segregasi, ketepatan pewadahan, keterlacakan	Permenkes No. 7/2011 regulasi limbah B3	Harian
3	Kualitas udara ruangan	Suhu, kelembapan, PM10, angka kuman udara	Standar baku mutu udara ruang RS	Harian/Mingguan
4	Kepatuhan sanitasi lingkungan	Kebersihan ruang, kepatuhan SOP sanitasi	Indikator sanitasi RS	Harian
5	Pengendalian vektor	Indeks vektor, hasil monitoring jentik	Standar pengendalian vektor RS	Mingguan

No	Indikator	Parameter Utama	Acuan Baku Mutu	Frekuensi
6	Indikator Green Hospital	Konsumsi air, energi, timbul limbah, daur ulang	Pedoman Green Hospital	Bulanan

Dashboard yang dikembangkan menampilkan status setiap indikator dalam bentuk kartu indikator kinerja dengan kode warna (aman, waspada, bahaya), grafik tren, serta panel notifikasi dini ketika suatu parameter melewati ambang batas. Tampilan antarmuka dashboard ditunjukkan pada Gambar 3. Visualisasi semacam ini memudahkan petugas dan manajemen membaca kondisi lingkungan rumah sakit secara cepat tanpa harus menelaah lembar kerja yang rumit.



Gambar 3. Tampilan antarmuka dashboard digital monitoring kesehatan lingkungan

Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Peserta

Hasil pengukuran menunjukkan peningkatan pengetahuan dan keterampilan peserta yang nyata setelah mengikuti pelatihan dan pendampingan. Rata-rata skor pengetahuan meningkat dari 58,4 pada pre-test menjadi 84,7 pada post-test, sedangkan rata-rata skor keterampilan penggunaan dashboard meningkat dari 51,2 menjadi 86,9. Uji beda berpasangan menunjukkan peningkatan tersebut bermakna secara statistik (p kurang dari 0,001). Rincian hasil pre-test dan post-test disajikan pada Tabel 3.

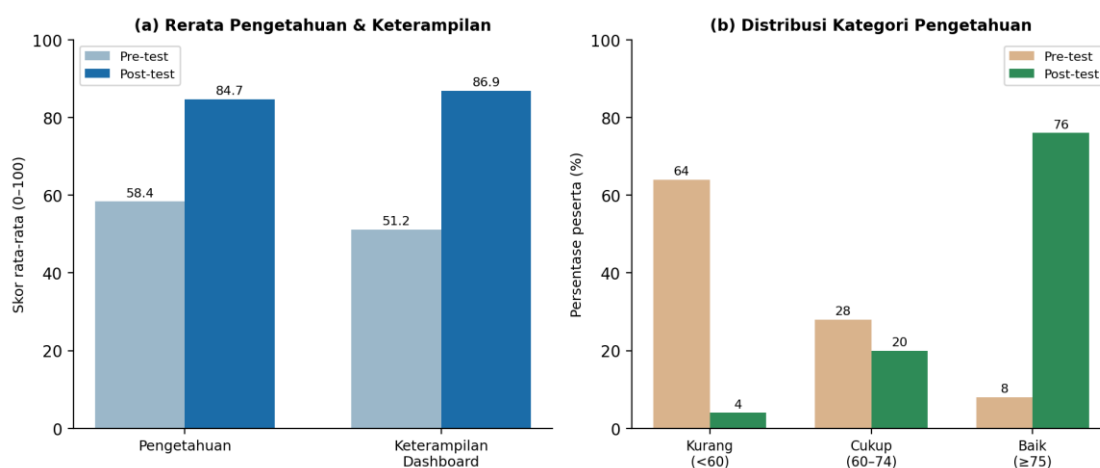
Tabel 3. Hasil Pre-test dan Post-test Pengetahuan dan Keterampilan Peserta ($n = 25$)

Aspek Dinilai	Pre-test (Mean SD)	Post-test (Mean SD)	Peningkatan (poin)	Nilai p
Pengetahuan kesehatan lingkungan Green Hospital	58,4 9,7	84,7 6,2	26,3	< 0,001
Keterampilan penggunaan dashboard	51,2 11,3	86,9 5,8	35,7	< 0,001

Aspek Dinilai	Pre- test (Mean SD)	Post- test (Mean SD)	Peningkatan (poin)	Nilai p
Pemahaman interpretasi data pengambilan keputusan	55,6 10,1	83,2 6,9	27,6	< 0,001

Selain peningkatan rata-rata skor, distribusi kategori pengetahuan peserta juga membaik. Sebelum intervensi, sebagian besar peserta berada pada kategori kurang, sedangkan setelah intervensi mayoritas peserta berada pada kategori baik. Perbandingan rata-rata skor serta pergeseran distribusi kategori pengetahuan sebelum dan sesudah kegiatan divisualisasikan pada Gambar 4.

Peningkatan keterampilan tercatat lebih tinggi dibandingkan peningkatan pengetahuan, dengan selisih sebesar 35,7 poin. Pola ini wajar mengingat sebelum kegiatan sebagian besar peserta belum pernah menggunakan sistem dashboard sehingga keterampilan awal mereka rendah, sedangkan melalui praktik langsung yang intensif keterampilan meningkat pesat. Temuan ini menegaskan pentingnya metode pelatihan berbasis praktik, bukan semata ceramah, dalam membangun kompetensi penggunaan teknologi. Peningkatan pada aspek pemahaman interpretasi data dan pengambilan keputusan juga penting karena menunjukkan bahwa peserta tidak hanya mampu memasukkan data, tetapi juga membaca makna data untuk menentukan tindakan. Kemampuan ini merupakan inti dari pengambilan keputusan berbasis data yang menjadi tujuan utama kegiatan.



Gambar 4. Grafik peningkatan pengetahuan dan keterampilan: (a) rerata skor pre/post-test; (b) distribusi kategori pengetahuan

Percepatan Pelaporan Data dan Peningkatan Kualitas Keputusan

Implementasi dashboard digital berdampak nyata pada efisiensi proses pelaporan dan kualitas pengambilan keputusan. Sebelum intervensi, penyusunan rekapitulasi data kesehatan lingkungan dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu rata-rata sekitar dua hari kerja karena data tersebar pada beberapa formulir terpisah. Setelah dashboard digunakan, laporan dapat dihasilkan secara otomatis dalam hitungan menit. Demikian pula, kecepatan respons terhadap penyimpangan baku mutu meningkat signifikan karena dashboard memberikan notifikasi dini secara langsung. Perbandingan indikator kinerja sebelum dan sesudah intervensi disajikan pada Tabel 4.

Percepatan ini berdampak luas pada tata kelola. Ketika laporan dapat dihasilkan otomatis, waktu yang sebelumnya tersita untuk pekerjaan administratif dapat dialihkan untuk kegiatan pengawasan dan perbaikan di lapangan. Notifikasi dini memungkinkan tim K3RS dan petugas sanitasi mengambil tindakan korektif sebelum suatu penyimpangan berkembang menjadi masalah yang lebih

besar, misalnya ketika kadar partikulat di suatu ruang rawat melewati ambang batas. Integrasi data antarindikator dan tersedianya jejak audit juga memperkuat akuntabilitas, karena setiap perubahan data dapat ditelusuri. Dengan demikian, keputusan manajemen tidak lagi bertumpu pada rekapitulasi yang terlambat dan terpisah, melainkan pada gambaran kondisi lingkungan yang mutakhir dan menyeluruh. Hal ini merupakan wujud nyata transformasi dari pengambilan keputusan berbasis intuisi menuju pengambilan keputusan berbasis data.

Tabel 4. Perbandingan Indikator Kinerja Sebelum dan Sesudah Intervensi

No	Indikator Kinerja	Sebelum	Sesudah	Perubahan
1	Rata-rata waktu penyusunan laporan data lingkungan kerja	± 2 hari	± 10 menit	Lebih cepat
2	Rata-rata waktu respons terhadap penyimpangan baku mutu	± 24 jam	± 2 jam	Lebih cepat
3	Integrasi data antarindikator	Belum terintegrasi	Terintegrasi	Membaik
4	Keterlacakan data (audit trail)	Terbatas	Tersedia	Membaik
5	Keputusan berbasis data	Belum optimal	Optimal	Membaik

Tingkat Kepuasan dan Kebergunaan Dashboard

Penilaian kepuasan dan kebergunaan dashboard dilakukan terhadap seluruh peserta menggunakan instrumen usability dengan rentang skor 0 sampai 100. Hasil penilaian menunjukkan tingkat kepuasan yang tinggi pada seluruh dimensi yang diukur, dengan skor rata-rata keseluruhan sebesar 85,6 yang termasuk kategori sangat baik. Dimensi kemudahan penggunaan dan kejelasan visualisasi memperoleh skor tertinggi, sebagaimana terlihat pada Tabel 5.

Tingginya skor kemudahan penggunaan dan kejelasan visualisasi mengonfirmasi keberhasilan prinsip kesederhanaan yang diterapkan pada tahap perancangan. Pengguna merasa terbantu karena status indikator dapat dibaca dengan cepat melalui kode warna dan grafik tren tanpa perlu menafsirkan angka mentah. Skor pada dimensi manfaat untuk pengambilan keputusan juga tinggi, menandakan bahwa dashboard dipersepsikan sebagai alat yang benar-benar mendukung tugas, bukan sekadar beban administrasi tambahan. Dimensi keinginan untuk terus menggunakan memperoleh skor relatif lebih rendah meskipun tetap pada kategori baik, yang mengindikasikan perlunya penguatan kebiasaan dan dukungan berkelanjutan agar penggunaan dashboard melembaga dalam rutinitas kerja. Secara keseluruhan, tingkat penerimaan pengguna yang tinggi merupakan modal penting bagi keberlanjutan sistem.

Tabel 5. Hasil Penilaian Kepuasan dan Kebergunaan Dashboard (n = 25)

No	Dimensi Penilaian	Skor Rata-rata	Kategori
1	Kemudahan penggunaan (ease of use)	88,4	Sangat baik
2	Kejelasan visualisasi data	87,2	Sangat baik

No	Dimensi Penilaian	Skor Rata-rata	Kategori
3	Kecepatan akses dan respons sistem	84,0	Sangat baik
4	Manfaat untuk pengambilan keputusan	85,8	Sangat baik
5	Keinginan untuk terus menggunakan	82,6	Baik
	Rata-rata keseluruhan	85,6	Sangat baik

Pembahasan

Temuan kegiatan ini menegaskan bahwa digitalisasi monitoring kesehatan lingkungan melalui dashboard berbasis web mampu menjembatani kesenjangan antara ketersediaan data dan kebutuhan pengambilan keputusan di rumah sakit. Peningkatan pengetahuan dan keterampilan peserta yang bermakna mengindikasikan bahwa intervensi tidak berhenti pada penyediaan teknologi, tetapi juga membangun kapasitas sumber daya manusia sebagai prasyarat keberlanjutan. Hal ini sejalan dengan temuan berbagai studi bahwa lemahnya kesadaran dan keterampilan staf merupakan salah satu hambatan utama keberhasilan praktik keberlanjutan di rumah sakit [3], [4].

Apabila dihubungkan dengan konsep Smart Hospital, dashboard yang dikembangkan merepresentasikan prinsip inti transformasi digital layanan kesehatan, yaitu integrasi data, visualisasi real time, dan dukungan keputusan berbasis bukti [10], [11]. Kemampuan dashboard memberikan notifikasi dini ketika parameter melewati ambang batas mencerminkan logika sistem pemantauan cerdas yang banyak dibahas pada literatur internet of things dan analitik kesehatan [12], [13], [15]. Pemanfaatan teknologi berbasis web dan komputasi awan untuk pengumpulan serta penyimpanan data juga konsisten dengan arah pengembangan sistem pemantauan kesehatan modern [14]. Dengan demikian, kegiatan ini dapat dipandang sebagai penerapan nyata prinsip Smart Hospital pada ranah kesehatan lingkungan.

Dari perspektif Green Hospital, dashboard berperan sebagai instrumen tata kelola yang menerjemahkan komitmen keberlanjutan menjadi indikator yang terukur dan dapat ditelusuri. Literatur menekankan bahwa keberhasilan Green Hospital sangat bergantung pada keberadaan sistem pengukuran kinerja lingkungan yang terstruktur, bukan sekadar inisiatif yang berdiri sendiri [5], [6]. Integrasi indikator konsumsi air, energi, timbunan limbah, dan daur ulang ke dalam satu dashboard memperkuat fondasi tersebut dan mendukung amanat regulasi nasional tentang kesehatan lingkungan rumah sakit [2], [9]. Konvergensi antara kecerdasan digital dan keberlanjutan inilah yang menjadi inti gagasan Smart Green Hospital sebagaimana diusulkan dalam kajian terkini [16].

Dibandingkan dengan pengabdian dan penelitian terdahulu, kegiatan ini menawarkan kebaruan pada aspek integrasi. Banyak studi di Indonesia menyoroti pengelolaan limbah medis dan sanitasi rumah sakit yang masih bertumpu pada pencatatan manual serta lemahnya keterlacakan data [7], [8], namun belum banyak yang menempatkan solusi pada satu dashboard terpadu lintas indikator kesehatan lingkungan. Sementara itu, sebagian besar literatur Smart Hospital lebih berfokus pada pemantauan parameter klinis pasien dan interoperabilitas perangkat medis [12], [18], [19], sehingga ranah kesehatan lingkungan relatif jarang disentuh. Kegiatan ini mengisi celah tersebut dengan mengarahkan teknologi dashboard pada pengelolaan risiko kesehatan lingkungan dan tujuan Green Hospital secara spesifik.

Kebaruan lain terletak pada pendekatan pemberdayaan. Sebagian besar pengabdian terkait kesehatan lingkungan berhenti pada penyuluhan atau pelatihan tanpa meninggalkan sistem yang dapat terus digunakan mitra. Dalam kegiatan ini, luaran tidak hanya berupa peningkatan kapasitas, tetapi juga sebuah sistem dashboard yang melekat pada rutinitas kerja rumah sakit. Kombinasi penguatan kapasitas manusia dan penyediaan instrumen digital inilah yang membedakan kegiatan ini dari pola pengabdian konvensional, sekaligus meningkatkan peluang keberlanjutannya. Pendekatan ini selaras

dengan arah literatur yang menekankan bahwa keberlanjutan rumah sakit harus dibangun di atas sistem pengukuran kinerja yang melembaga, bukan inisiatif sesaat [5], [6].

Keunggulan utama program ini terletak pada pendekatan partisipatif yang melibatkan petugas operasional hingga manajemen, sehingga dashboard dirancang sesuai konteks dan kebutuhan nyata mitra. Tingkat kepuasan pengguna yang tinggi serta percepatan pelaporan dan respons risiko menunjukkan bahwa solusi yang diberikan bersifat aplikatif dan langsung berdampak. Pendekatan co-design ini sejalan dengan rekomendasi pada studi pemantauan berbasis visualisasi yang menekankan pentingnya kebergunaan bagi pengguna akhir [18]. Meskipun demikian, program memiliki sejumlah keterbatasan. Sebagian pemasukan data masih bergantung pada input manual petugas sehingga akurasi data dipengaruhi kedisiplinan pencatatan. Integrasi otomatis dengan sensor pemantauan lingkungan belum sepenuhnya diterapkan, dan keberlanjutan sistem menuntut dukungan infrastruktur teknologi informasi serta pemeliharaan berkelanjutan. Selain itu, evaluasi dampak masih berfokus pada periode jangka pendek.

Peluang keberlanjutan program cukup terbuka. Dashboard dapat dikembangkan menuju integrasi langsung dengan sensor internet of things untuk parameter seperti kualitas udara dan kualitas air, sehingga mengurangi ketergantungan pada input manual [13], [15]. Penambahan modul analitik prediktif berpotensi mendukung antisipasi risiko sebelum terjadi penyimpangan. Penguatan komitmen manajemen, penyusunan prosedur operasional baku penggunaan dashboard, serta pelatihan berkala akan menjamin keberlanjutan. Model yang dikembangkan di RSI Malahayati Medan juga berpotensi direplikasi pada rumah sakit lain sebagai bagian dari gerakan menuju Smart Green Hospital di Indonesia, terutama dalam mendukung perencanaan terpadu fasilitas kesehatan yang cerdas sekaligus ramah lingkungan [16], [17].

Secara lebih luas, temuan kegiatan ini membawa sejumlah implikasi teoretis dan praktis. Pada tataran teoretis, hasil yang diperoleh memperkuat argumen bahwa keberhasilan transformasi digital di rumah sakit tidak ditentukan semata-mata oleh kecanggihan teknologi, melainkan oleh kesiapan organisasi dan keterampilan penggunaannya, sebagaimana ditekankan pada kerangka adopsi teknologi kesehatan [11], [13]. Dashboard yang andal sekalipun tidak akan memberikan manfaat optimal apabila tidak disertai perubahan budaya kerja menuju pengambilan keputusan berbasis data. Pada tataran praktis, kegiatan ini menyajikan model intervensi yang relatif ringkas dan terjangkau, sehingga dapat diadopsi oleh rumah sakit dengan keterbatasan sumber daya. Penggunaan teknologi berbasis web yang tidak menuntut perangkat keras mahal memudahkan replikasi, sementara pendekatan partisipatif memastikan solusi sesuai dengan konteks lokal. Implikasi penting lainnya adalah perlunya kebijakan internal rumah sakit yang menempatkan dashboard sebagai bagian resmi dari sistem manajemen mutu dan keselamatan lingkungan, bukan sekadar alat bantu yang bersifat opsional, agar manfaatnya terlembaga secara berkelanjutan [5], [6].

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan dashboard digital berbasis web untuk monitoring risiko kesehatan lingkungan dan pengambilan keputusan berbasis data di RSI Malahayati Medan. Sebelum kegiatan, mitra menghadapi monitoring yang masih manual, data kualitas lingkungan yang belum terintegrasi, pengambilan keputusan yang belum berbasis dashboard digital, serta belum tersedianya sistem pemantauan terpadu untuk mendukung program Green Hospital. Setelah kegiatan, keenam indikator kesehatan lingkungan, yaitu kualitas air bersih, pengelolaan limbah medis, kualitas udara ruangan, kepatuhan sanitasi, pengendalian vektor, dan indikator Green Hospital, telah terintegrasi dalam satu dashboard yang menyajikan status, tren, dan notifikasi dini secara real time. Intervensi terbukti meningkatkan pengetahuan peserta dari rata-rata 58,4 menjadi 84,7 dan keterampilan dari 51,2 menjadi 86,9 secara bermakna, mempercepat penyusunan laporan dari sekitar dua hari kerja menjadi hitungan menit, mempercepat respons terhadap penyimpangan baku mutu, serta memperoleh tingkat kepuasan pengguna yang sangat baik dengan skor rata-rata 85,6. Dengan demikian, implementasi teknologi

digital terbukti menjadi solusi nyata yang efektif untuk meningkatkan kapasitas mitra dan mutu pengelolaan risiko kesehatan lingkungan. Meskipun masih terdapat keterbatasan pada ketergantungan input manual dan perlunya pemeliharaan berkelanjutan, program ini membuka peluang pengembangan menuju integrasi sensor dan analitik prediktif serta berpotensi direplikasi pada rumah sakit lain sebagai model Smart Green Hospital di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktur dan seluruh jajaran manajemen Rumah Sakit Islam (RSI) Malahayati Medan, tim K3RS, komite mutu, serta petugas sanitasi yang telah berpartisipasi aktif dan memberikan dukungan penuh selama pelaksanaan kegiatan. Terima kasih juga disampaikan kepada pimpinan institusi dan lembaga pengabdian kepada masyarakat yang telah memfasilitasi serta mendukung pendanaan kegiatan ini sehingga dapat terlaksana dengan baik.

REFERENCES

- M. M. Pinto, A. Ferreira, and S. Silva, "Advancing Environmental Sustainability in Healthcare: Review on Perspectives from Health Institutions," *Environments*, vol. 12, no. 1, art. 9, 2025, doi: 10.3390/environments12010009.
- World Health Organization, WHO Guidance for Climate-Resilient and Environmentally Sustainable Health Care Facilities. Geneva: World Health Organization, 2021. [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240012226>
- S. Sousa, A. Correia, and M. Leite, "A Review of the Applicability of Current Green Practices in Healthcare Facilities," *Int. J. Health Policy Manag.*, vol. 12, art. 6947, 2023, doi: 10.34172/ijhpm.2023.6947.
- A. Alkaabi and M. Aljaradin, "Green Hospitals for the Future of Healthcare: A Review," *Al-Kitab J. Pure Sci.*, vol. 6, no. 2, 2023, doi: 10.32441/kjps.06.02.p4.
- J. Schneider, K. Weber, and L. Braun, "Greening the Future of Healthcare: Implementation of Sustainability Strategies in German Hospitals and Beyond - A Review," *Front. Public Health*, vol. 13, art. 1559132, 2025, doi: 10.3389/fpubh.2025.1559132.
- D. M. Galvao, R. Santos, and P. Oliveira, "Hospital Sustainability Indicators and Reduction of Socio-Environmental Impacts: A Scoping Review," *Rev. Esc. Enferm. USP*, vol. 57, art. e20220364, 2023, doi: 10.1590/1980-220X-REEUSP-2022-0364en.
- Y. Ciawi, N. M. U. Dwipayanti, and A. T. Wouters, "Pengelolaan Limbah Medis Rumah Sakit yang Berkelanjutan: Eksplorasi Strategi Ekonomis dan Ramah Lingkungan," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 22, no. 2, pp. 365-374, 2024, doi: 10.14710/jil.22.2.365-374.
- Muhammad, "Pengelolaan Limbah Medis di Rumah Sakit X," *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, vol. 8, no. 1, pp. 92-98, 2025, doi: 10.22437/jpb.v8i1.35871.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI, 2019. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/138635/permenkes-no-7-tahun-2019>
- E. Kaldoudi, "Smart Hospital: The Future of Healthcare," *Comput. Struct. Biotechnol. J.*, vol. 24, pp. 87-88, 2024, doi: 10.1016/j.csbj.2023.12.011.
- M. Nasr, M. M. Islam, S. Shehata, F. Karray, and Y. Quintana, "Smart Healthcare in the Age of AI: Recent Advances, Challenges, and Future Prospects," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 145248-145270, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3118960.
- E. Martens et al., "Smart Hospital: Achieving Interoperability and Raw Data Collection from Medical Devices in Clinical Routine," *Front. Digit. Health*, vol. 6, art. 1341475, 2024, doi: 10.3389/fdgth.2024.1341475.
- B. G. Mohammed and D. S. Hasan, "Smart Healthcare Monitoring System Using IoT," *Int. J. Interact. Mobile Technol.*, vol. 17, no. 1, pp. 141-152, 2023, doi: 10.3991/ijim.v17i01.34675.

- S. Rahman et al., "Design and Development of Patient Health Tracking, Monitoring and Big Data Storage Using Internet of Things and Real Time Cloud Computing," PLoS ONE, vol. 19, no. 3, art. e0298582, 2024, doi: 10.1371/journal.pone.0298582.
- A. Mubarakali and A. AlJarullah, "IoT and XAI-Driven Data Aggregation Framework for Intelligent Decision-Making in Smart Healthcare Systems," Sustain. Comput. Inform. Syst., vol. 48, art. 101179, 2025, doi: 10.1016/j.suscom.2025.101179.
- M. Ozdemir, "A Bibliometric Analysis of Green and/or Smart Hospital Buildings and a Proposal for an Integrated Design Model," MEGARON, vol. 20, no. 2, pp. 278-296, 2025, doi: 10.14744/megaron.2025.93274.
- G. Capolongo et al., "Testing of a Multiple Criteria Assessment Tool for Healthcare Facilities Quality and Sustainability: The Case of German Hospitals," Sustainability, vol. 14, no. 24, art. 6742, 2022, doi: 10.3390/su142416742.
- S. Arun, E. R. Sykes, and S. Tanbeer, "RemoteHealthConnect: Innovating Patient Monitoring with Wearable Technology and Custom Visualization," DIGITAL HEALTH, vol. 10, 2024, doi: 10.1177/20552076241300748.
- N.-A. Nguyen, G. Lee, B. Holderread, T. Holman, S. Pletcher, and R. Schwartz, "Scaling Wireless Continuous Vital Sign Monitoring Across an 8-Hospital Health System: Digital Health Implementation Report," J. Med. Internet Res., vol. 28, art. e78216, 2026, doi: 10.2196/78216.