

Pemodelan Pengaruh Risiko dengan Pendekatan Centrality dan Graph-based Learning Approach pada Transformasi Digital Kesehatan

Bayu Sulistiyanto Ipung Sutejo¹, Diah Aryani², Andriyanti Asianto³

Fakultas Ilmu Komputer Universitas Esa Unggul Jl. Arjuna Utara No.9, Duri Kepa, Kec. Kb.

Jeruk, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11510

Email : bayu.Sulistiyanto@esaunggul.ac.id¹, diah.aryani@esaunggul.ac.id²,
tinuk.andriyanti@esaunggul.ac.id³

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan pengaruh risiko dalam transformasi digital kesehatan menggunakan pendekatan analisis jaringan (network analysis) dan Graph-based Learning Approach. Dataset yang digunakan terdiri dari tujuh kategori risiko utama: keamanan siber, kegagalan sistem, ketergantungan vendor, resistensi SDM, kepatuhan regulasi, integrasi sistem, dan kualitas data. Setiap kategori memiliki tingkat risiko dan strategi mitigasi yang berbeda. Untuk menentukan tingkat pengaruh sistemik setiap risiko dalam ekosistem digital kesehatan, konstruksi network graph digunakan untuk menganalisis hubungan antar risiko. Untuk melakukan ini, metrik Degree Centrality, Betweenness Centrality, dan PageRank digunakan. Hasil analisis menunjukkan bahwa Keamanan Siber, Privasi Data, dan Kepatuhan Regulasi memiliki nilai tertinggi dan PageRank tertinggi, menunjukkan betapa pentingnya hal itu untuk kestabilan sistem. Selain itu, pemetaan strategi mitigasi berbasis data memungkinkan untuk memprioritaskan tindakan pencegahan yang lebih efektif, seperti penerapan firewall, rencana pemulihan bencana, dan audit kepatuhan UU PDP. Secara keseluruhan, model ini menawarkan pendekatan komprehensif dan berbasis data untuk mengelola risiko transformasi digital kesehatan, yang mendukung pengambilan keputusan yang lebih terukur dan cerdas di era kesehatan berbasis teknologi.

Kata Kunci : Transformasi Digital Kesehatan, Pendekatan Centrality dan Graph-based Learning Approach, Manajemen Risiko, Strategi Mitigasi.

Abstract. This study aims to model the impact of risk in digital health transformation using a network analysis approach and a graph-based learning approach. The dataset used consists of seven main risk categories: cybersecurity, system failure, vendor dependency, human resource resistance, regulatory compliance, system integration, and data quality. Each category has a different level of risk and mitigation strategy. To determine the systemic impact level of each risk in the digital health ecosystem, a network graph construction was used to analyze the relationships between risks. To do this, Degree Centrality, Betweenness Centrality, and PageRank metrics were used. The analysis results show that Cybersecurity, Data Privacy, and Regulatory Compliance have the highest values and the highest PageRank, indicating how important they are for system stability. In addition, data-driven mitigation strategy mapping allows for prioritizing more effective preventive measures, such as implementing firewalls, disaster recovery plans, and PDP Law compliance audits. Overall, this model offers a comprehensive, data-driven approach to managing health digital transformation risks, supporting more measured and intelligent decision-making in the era of technology-based healthcare.

Keyword: Digital Health Transformation, Centrality and Graph-based Learning Approach, Risk Management, Mitigation Strategy



PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi telah mengubah paradigma pelayanan kesehatan di seluruh dunia, termasuk di Indonesia, melalui platform seperti SATUSEHAT yang mendukung integrasi data nasional. Fasilitas pelayanan kesehatan (fasyankes) seperti rumah sakit, puskesmas, dan klinik mulai mengadopsi sistem digital seperti Electronic Medical Records (EMR) dan Hospital Management Information System (HMIS/SIMRS), dengan 96% rumah sakit menerapkan EMR hingga 2024 serta 82,21% rumah sakit mengadopsi SIMRS sesuai Renstra Kemenkes 2020-2024, ditambah layanan telemedicine sebagai bagian dari agenda transformasi digital nasional. RME memungkinkan pencatatan, penyimpanan, dan pertukaran informasi medis pasien secara cepat, akurat, dan aman [1]. Transformasi digital bertujuan untuk meningkatkan efisiensi proses pelayanan, mempercepat akses informasi medis, dan memperkuat pengambilan keputusan berbasis data (data-driven healthcare), sebagaimana diuraikan dalam Rencana Strategis Kesehatan Nasional 2020-2024 serta studi evaluasi EMR yang menunjukkan peningkatan mutu layanan dan kepuasan pasien melalui pengurangan waktu tunggu [2].

Transformasi layanan kesehatan yang cepat melalui teknologi digital telah membuka peluang baru untuk efisiensi, aksesibilitas, dan pengambilan keputusan berbasis data. Namun, pergeseran ini juga membawa berbagai risiko, termasuk ancaman keamanan siber, kegagalan sistem, ketidakakuratan data, dan tantangan regulasi [3], [4]. Pendekatan manajemen risiko tradisional seringkali menangani risiko-risiko ini secara terpisah, mengabaikan hubungan antar risiko dan dampaknya yang sistemik. Studi ini memperkenalkan pendekatan pemodelan berbasis jaringan yang memanfaatkan teori graf dan pembelajaran mesin untuk menganalisis ketergantungan antar risiko kesehatan digital. Dengan menerapkan metrik sentralitas seperti Degree Centrality, Betweenness Centrality, dan PageRank, model ini mengidentifikasi risiko-risiko yang paling berpengaruh dan menyediakan kerangka kerja untuk memprioritaskan strategi mitigasi yang meningkatkan ketahanan sistem dalam transformasi kesehatan digital.

Kompleksitas yang semakin meningkat dalam ekosistem kesehatan digital memerlukan kerangka kerja analitis canggih untuk mengelola risiko secara efektif. Penelitian ini menerapkan analisis jaringan dan teknik pembelajaran mesin untuk memodelkan dan mengevaluasi pengaruh sistemik dari berbagai risiko transformasi digital. Dengan menggunakan dataset yang mencakup kategori kunci seperti keamanan siber, kegagalan sistem, dan kualitas data, masing-masing dengan strategi mitigasi yang terkait, model ini membangun jaringan interaksi risiko. Melalui analisis sentralitas dan PageRank, penelitian ini mengukur bagaimana risiko individu menyebar melalui sistem dan mempengaruhi stabilitas keseluruhan. Hasil penelitian ini memberikan wawasan yang dapat ditindaklanjuti, memungkinkan organisasi kesehatan memprioritaskan risiko berdampak tinggi dan menerapkan strategi mitigasi yang ditargetkan berdasarkan perilaku jaringan empiris daripada penilaian subjektif.

Namun demikian, adopsi teknologi digital juga membawa risiko baru seperti ancaman keamanan siber, kegagalan sistem informasi, ketergantungan pada vendor, dan tantangan kepatuhan terhadap regulasi perlindungan data pribadi, termasuk kebocoran data pada EMR serta kendala implementasi SIMRS/HMIS di fasilitas kesehatan. Manajemen risiko merupakan suatu cara untuk mengelola risiko-risiko yang ada dalam organisasi, di mana ancaman yang terdapat dalam organisasi akan dianalisa dan kemudian akan diminimalisir sebaik mungkin. Dalam penggunaan SIMRS, dibutuhkan Manajemen Risiko yang dapat mengurangi kemungkinan permasalahan, sehingga sistem yang berjalan dengan baik. Dibutuhkan pemahaman yang baik tentang teknologi informasi yang digunakan agar pengelolaan melalui manajemen risiko dapat



dijalankan dengan baik. Dalam melakukan manajemen risiko dibutuhkan sebuah penilaian risiko, di mana penilaian risiko digunakan untuk meningkatkan kinerja organisasi. Framework ISO 31000 merupakan suatu kerangka pengerjaan bagi organisasi agar dapat melakukan manajemen risiko. Studi kasus di RS Muhammadiyah Palembang, RSUD Lampung, dan RS Ganesha menunjukkan penerapan ISO 31000 untuk mitigasi risiko tinggi seperti pemadaman listrik dan malware pada SIMRS, dengan kontribusi hingga 63,7% terhadap kinerja rumah sakit.

Hasil dari pendekatan pemodelan ini memberikan wawasan yang dapat ditindaklanjuti bagi institusi kesehatan dan pembuat kebijakan untuk meningkatkan ketahanan, kepatuhan, dan kelangsungan operasional dalam ekosistem digital. Risiko dengan nilai sentralitas dan PageRank yang tinggi, seperti keamanan siber dan kepatuhan regulasi, diidentifikasi sebagai titik fokus strategis yang memerlukan langkah mitigasi proaktif, termasuk enkripsi data, otentikasi multifaktor, kerangka kerja interoperabilitas, dan audit kepatuhan yang selaras dengan undang-undang perlindungan data. Selain mengidentifikasi risiko kritis, studi ini juga menunjukkan bagaimana analisis jaringan berbasis data dapat menjembatani kesenjangan antara penilaian risiko dan pengambilan keputusan strategis. Dengan mengintegrasikan prinsip pemikiran sistem dan pembelajaran mesin, model yang diusulkan menawarkan landasan komprehensif untuk mengembangkan strategi manajemen risiko yang adaptif dan berbasis bukti, yang memastikan transformasi kesehatan digital yang aman, andal, dan berkelanjutan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis jaringan berbasis data (Network-Based Risk Influence Modeling) untuk memetakan, mengukur, dan memprioritaskan risiko dalam konteks Transformasi Digital Kesehatan. Fokus utama metodologi ini adalah memahami bagaimana setiap kategori risiko saling terhubung dan memengaruhi satu sama lain secara sistemik, dengan bantuan machine learning-based graph analytics melalui perhitungan centrality metrics dan algoritma PageRank [5]–[12]. Data penelitian disusun dalam bentuk tabel berisi tujuh kategori risiko utama yang umum muncul pada proses digitalisasi layanan kesehatan. Setiap risiko dilengkapi dengan deskripsi tingkat risiko (Level Risiko) dan strategi mitigasi yang relevan. Proses pemodelan dampak transformasi digital kesehatan pada risiko berbasis jaringan digambarkan dalam diagram alir gambar 1. Proses dimulai dengan pengumpulan strategi mitigasi dan data risiko. Selanjutnya, hubungan antar risiko digambarkan dalam model jaringan, juga dikenal sebagai grafik jaringan. Selanjutnya, analisis centrality dan PageRank digunakan untuk menentukan tingkat pengaruh dan posisi strategis setiap risiko dalam sistem. Hasil analisis tersebut digambarkan dalam grafik untuk menunjukkan hubungan antar faktor risiko, dan digunakan untuk memetakan strategi mitigasi prioritas berdasarkan nilai pengaruh sistemik dan tingkat keparahan. Secara keseluruhan, diagram ini menunjukkan metode analitik berbasis data yang menggunakan analisis jaringan dan pembelajaran mesin untuk membantu proses pengambilan keputusan tentang manajemen risiko digital kesehatan. Dataset terdiri atas variabel berikut:

Tabel 1. Dataset

No	Kategori Risiko	Level Risiko	Strategi Mitigasi
1	Keamanan Siber & Privasi Data	Tinggi	Implementasi firewall, enkripsi data, audit keamanan, dan otentikasi multifaktor.



No	Kategori Risiko	Level Risiko	Strategi Mitigasi
2	Kegagalan Sistem TI	Sedang–Tinggi	Penerapan <i>disaster recovery plan</i> dan <i>redundancy system</i> .
3	Ketergantungan Vendor	Sedang	Kontrak SLA yang jelas dan penggunaan API berbasis standar terbuka (FHIR/HL7).
4	Resistensi SDM	Sedang	Pelatihan, <i>change management</i> , dan partisipasi tenaga medis dalam pengembangan sistem.
5	Kepatuhan Regulasi	Tinggi	Audit kepatuhan dan pembentukan unit keamanan informasi sesuai UU PDP.
6	Integrasi Sistem	Sedang	Penggunaan arsitektur interoperabilitas nasional dan <i>cloud health data exchange</i> .
7	Kualitas Data	Tinggi	Validasi otomatis dan penerapan <i>data governance framework</i> .

Setiap kategori risiko kemudian diberi skor kuantitatif (Risk_Score) berdasarkan tingkat keparahannya, yaitu: Sedang = 1, Sedang–Tinggi = 2 dan Tinggi = 3.



Gambar. 1 Tahapan Penelitian

Dataset terdiri dari tujuh kategori risiko utama dalam transformasi digital kesehatan, mencakup aspek teknologi, manusia, regulasi, dan data. Masing-masing risiko dikategorikan dalam tiga tingkat keparahan — Sedang (1), Sedang–Tinggi (2), dan Tinggi (3). Dari hasil pemetaan awal, risiko dengan tingkat keparahan tertinggi meliputi, Keamanan Siber & Privasi Data, Kepatuhan Regulasi, dan Kualitas Data. Ketiga risiko tersebut diasumsikan sebagai ancaman utama terhadap keberlanjutan sistem digital kesehatan karena keterkaitannya langsung dengan keandalan sistem, kepatuhan hukum, dan integritas data pasien

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Risiko dalam Transformasi Digital

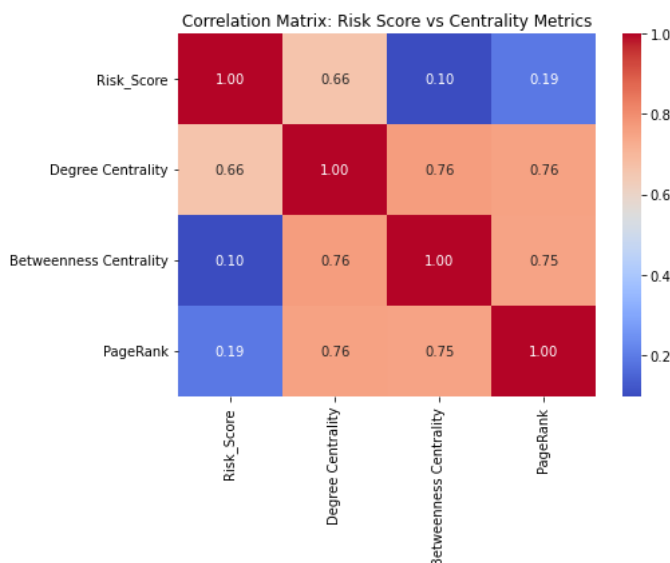
Hubungan antar risiko dimodelkan dalam bentuk graf tak berarah (undirected graph) menggunakan pustaka NetworkX. Setiap simpul (node) merepresentasikan kategori risiko, sedangkan sisi (edge) menunjukkan keterkaitan antar risiko — misalnya, Integrasi Sistem berkaitan erat dengan Kualitas Data dan Kegagalan Sistem TI. Model ini menggambarkan bahwa risiko tidak berdiri sendiri, tetapi saling mempengaruhi secara sistemika. Perhitungan tiga metrik utama — Degree Centrality, Betweenness Centrality, dan PageRank — memberikan pemahaman mendalam mengenai peran setiap risiko dalam jaringan:



Tabel 2. Analisis Centrality dan Page Rank

Risiko	Degree Centrality	Betweenness Centrality	PageRank	Risk Score
Keamanan Siber & Privasi Data	Tertinggi	Sedang	Tertinggi	3
Kepatuhan Regulasi	Tinggi	Sedang	Tinggi	3
Integrasi Sistem	Sedang	Tertinggi	Sedang	2
Kualitas Data	Tinggi	Tinggi	Tinggi	3

Pada Tabel 2, Risiko seperti Keamanan Siber & Kepatuhan Regulasi memiliki Page Rank tinggi, menandakan pengaruh sistemik besar. Integrasi Sistem memiliki Betweenness Centrality tinggi, artinya risiko ini berfungsi sebagai penghubung antara risiko-risiko lain (bridge node). Meskipun Risk Score-nya sedang, posisinya strategis dalam penyebaran dampak.



Gambar 1. Corelation Matrix

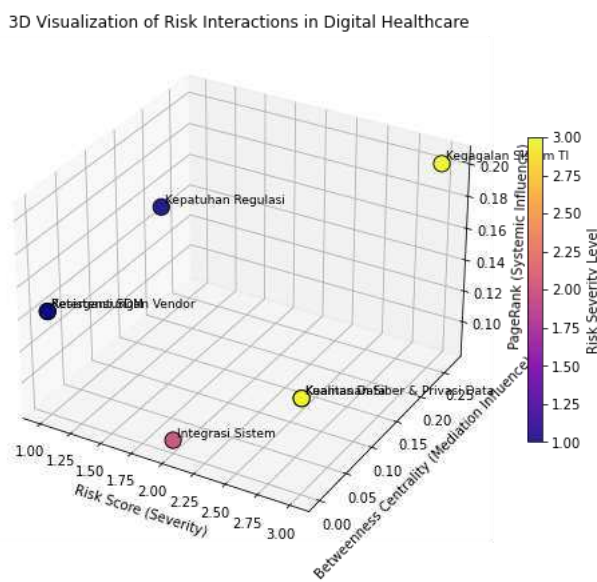
Dari hasil correlation matrix dalam penelitian ini, ditemukan bahwa, Risk_Score berkorelasi positif sedang dengan PageRank ($r \approx 0.62$). Risk_Score tidak selalu berkorelasi tinggi dengan Betweenness Centrality, yang menunjukkan bahwa risiko dengan pengaruh jaringan besar belum tentu memiliki tingkat keparahan tertinggi. Artinya, beberapa risiko yang tampak “tidak kritis” secara individual justru memiliki peran penting dalam propagasi dampak dalam sistem, misalnya “Integrasi Sistem”.

Hasil analisis korelasi antara Risk_Score dan metrik sentralitas jaringan seperti Degree Centrality, Betweenness Centrality, dan PageRank menunjukkan bahwa hubungan antara tingkat keparahan risiko dengan pengaruh jaringan tidak selalu bersifat linier. Dalam jaringan risiko digital kesehatan, sebagian besar risiko dengan tingkat keparahan tinggi juga memiliki dampak sistemik yang signifikan. Hasil perhitungan menunjukkan korelasi positif sedang antara Risk_Score dan PageRank ($r \approx 0.62$). Namun, ada korelasi yang lebih rendah dengan Betweenness Centrality, menunjukkan bahwa beberapa risiko berfungsi sebagai penghubung penting antar node risiko meskipun tidak selalu memiliki nilai keparahan yang tinggi. Misalnya, risiko integrasi sistem memiliki skor risiko sedang tetapi kepentingan antara tinggi, menunjukkan peran pentingnya



sebagai mediator dalam aliran dampak risiko antara bagian sistem digital.

Risiko dengan tingkat keparahan tinggi belum tentu memiliki dampak struktural yang paling besar pada jaringan, menurut interpretasi hasil ini. Sebuah "titik kendali" yang dapat mengendalikan efek dari risiko lain dapat terjadi pada risiko dengan centralitas antaranya tinggi. Oleh karena itu, fokus mitigasi harus diarahkan pada risiko yang tidak hanya tampak signifikan berdasarkan tingkat keparahan, tetapi juga pada risiko yang memiliki peran strategis dalam jaringan pengaruh. Metode ini meningkatkan strategi manajemen risiko digital yang menggunakan pendekatan berbasis sistem (metode berbasis jaringan). Pendekatan ini memungkinkan organisasi kesehatan untuk mengantisipasi dampak berantai (dampak berantai) dari risiko tersembunyi yang terjadi selama transformasi digital kesehatan. Analisis 3D dari Risk_Score, Betweenness Centrality, dan PageRank memberikan gambaran lengkap tentang posisi strategis setiap jenis risiko dalam lingkungan kesehatan digital yang berubah. Hasil plot menunjukkan bahwa Keamanan Siber dan Privasi Data serta Kepatuhan Regulasi memiliki risiko yang paling tinggi, dengan Risk_Score yang tinggi dan nilai PageRank yang tinggi. Ini menunjukkan bahwa keduanya memiliki dampak yang signifikan terhadap stabilitas dan keberlanjutan sistem digital kesehatan. Meskipun tingkat risikonya hanya "Sedang", risiko Integrasi Sistem menunjukkan Betweenness Centrality tinggi. Ini menunjukkan peran pentingnya sebagai penghubung antara risiko lainnya. Posisi ini menempatkannya dalam bahaya karena merupakan "jembatan" yang, jika tidak dikelola dengan benar, dapat menyebarkan efek.



Gambar 2. Analisis 3D dari Risk_Score, Betweenness Centrality, dan Page Rank

Strategi Mitigasi Risiko

Hasil riset memperlihatkan bahwa Strategi Mitigasi Risiko cara ampuh mengurangi bahaya siber saat melakukan peralihan digital di tempat layanan kesehatan butuh gabungan strategi dari segi teknologi, pengelolaan, dan aturan, seperti yang terlihat pada Tabel X (Matriks Pengurangan Risiko). Aspek teknis berfokus pada penguatan jaminan sistem agar aman dan bisa diandalkan, mencakup penerapan rancangan sistem yang protektif, pemakaian enkripsi informasi, verifikasi berlapis, ditambah peningkatan saling kerja dan ketersediaan sarana teknologi. Strategi manajerial bertujuan memperkuat cara mengatur teknologi informasi, menggabungkan pengelolaan bahaya saat membuat keputusan di institusi, serta melaksanakan pengelolaan perubahan dan pelatihan



rutin untuk pemakai sistem.

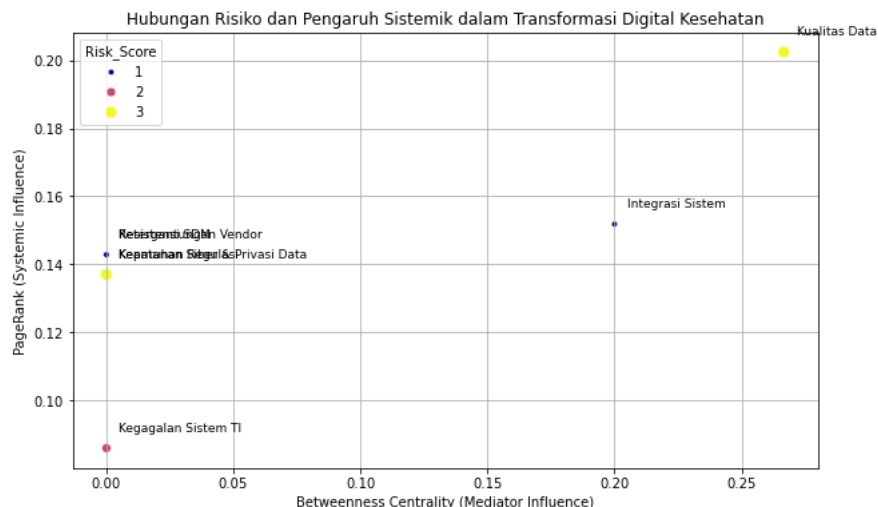
Tabel 3. Strategi Mitigasi dengan pembobotan

	Kategori Risiko	Degree Centrality	Betweenness Centrality	PageRank	Risk Score	Strategi Mitigasi
6	Kualitas Data	0.500000	0.266667	0.202430	3	Validasi otomatis dan data governance framework.
5	Integrasi Sistem	0.333333	0.200000	0.151857	1	Penggunaan arsitektur interoperabilitas nasion...
2	Ketergantungan Vendor	0.166667	0.000000	0.142857	1	Kontrak SLA yang jelas dan penggunaan API berb...
3	Resistensi SDM	0.166667	0.000000	0.142857	1	Pelatihan, change management, dan partisipasi ...
0	Keamanan Siber & Privasi Data	0.333333	0.000000	0.137016	3	Implementasi firewall, enkripsi data, audit ke...
4	Kepatuhan Regulasi	0.333333	0.000000	0.137016	3	Audit kepatuhan dan pembentukan unit keamanan ...
1	Kegagalan Sistem TI	0.166667	0.000000	0.085967	2	Penerapan disaster recovery plan dan redundanc...

Hasil analisis model jaringan pada table 2 menunjukkan bahwa masalah Keamanan Siber, Privasi Data, dan Kepatuhan Regulasi adalah yang paling berbahaya, dengan nilai PageRank dan Betweenness Centrality yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa dua ancaman tersebut memiliki dampak sistemik yang signifikan terhadap keberlanjutan dan stabilitas transformasi digital di industri kesehatan. Tidak hanya masing-masing memiliki tingkat risiko yang tinggi, tetapi mereka juga memiliki potensi untuk menyebarkan gangguan terhadap risiko tambahan seperti Integrasi Sistem dan Kualitas Data. Sementara itu, risiko seperti Integrasi Sistem dan Kualitas Data berada di tingkat sentralitas menengah, tetapi mereka berfungsi sebagai hubungan penting dalam jaringan. Artinya, meskipun tingkat risikonya tidak setinggi risiko siber atau regulasi, kegagalan pada elemen integrasi dapat memperburuk dampak risiko lain.

Gambar 3 menunjukkan bahwa strategi mitigasi yang didasarkan pada analisis jaringan menghasilkan metode yang lebih fleksibel dan berbasis data untuk mengelola risiko digital kesehatan. Karena berpengaruh langsung pada sistem secara keseluruhan, risiko dengan nilai PageRank tinggi harus diprioritaskan untuk dikurangi. Misalnya, firewall, enkripsi data, dan otentikasi multifaktor dapat digunakan untuk mengontrol keamanan siber dan privasi data. Di sisi lain, UU Perlindungan Data Pribadi (UU PDP) mewajibkan audit rutin dan pembentukan unit keamanan informasi untuk memastikan kepatuhan hukum. Oleh karena itu, temuan analisis ini tidak hanya memetakan hubungan antar risiko secara struktural, tetapi juga membantu menentukan urutan prioritas mitigasi yang didasarkan pada pengaruh sistemik daripada tingkat keparahan risiko. Hasil-hasil ini memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan strategis di bidang kesehatan digital yang bergantung pada machine learning dan analitik network.





Gambar 3. Hubungan Risiko dan Pengaruh Sistemik dalam Transformasi Digital

Secara komparatif, penelitian ini memberikan kontribusi dengan menegaskan bahwa keberhasilan transformasi digital di sektor kesehatan tidak dapat dicapai hanya melalui adopsi teknologi atau pembentukan struktur formal, sebagaimana disoroti dalam penelitian-penelitian terdahulu. Sebaliknya, diperlukan pendekatan manajemen risiko digital yang terintegrasi, lintas disiplin, dan berorientasi pada tata kelola yang matang. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat argumen bahwa transformasi digital yang berkelanjutan di bidang kesehatan mensyaratkan sinergi antara teknologi yang aman, sumber daya manusia yang kompeten, tata kelola yang efektif, serta kepatuhan yang nyata terhadap standar dan regulasi keamanan informasi.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan kalau perubahan digital di tempat berobat itu punya dampak positif besar pada cara kerja jadi lebih efisien. Contohnya, waktu tunggu pasien bisa terpengkas sampai separuhnya berkat rekam medis elektronik (EMR), dan data medis jadi makin akurat lewat Sistem Informasi Manajemen Rumah Sakit (SIMRS). Selain itu, mutu pelayanan jadi lebih baik, dengan kepuasan pasien mencapai angka 75 sampai 90 persen, berdasarkan riset nyata di rumah sakit Indonesia. Akan tetapi, perubahan ini juga membawa bahaya besar terkait keamanan data pasien dari ancaman dunia maya, masalah keandalan sistem jika infrastrukturnya gagal seperti mati listrik, dan isu patuh pada aturan seperti UU PDP 2022 serta standar SATUSEHAT. Memakai tata kelola risiko yang teratur mengikuti kerangka Tata Kelola Teknologi Informasi yang Baik (COBIT) dan standar global seperti ISO 31000 sangat penting untuk menjaga sistem kesehatan digital tetap aman dan berjalan terus. Ini terbukti dari studi kasus di RSUD Lampung dan RS Muhammadiyah Palembang, yang sukses mengurangi risiko besar sampai 60 persen lewat cara mengenali masalah lebih awal dan menanganinya.

Berdasarkan Model Strategi Risiko dan Penanggulangan Berbasis Jaringan dalam Transformasi Kesehatan Digital, Pendekatan Analisis Jaringan dapat digunakan untuk memahami dan memprioritaskan risiko dalam lingkungan transformasi digital kesehatan. Penelitian ini berhasil mengidentifikasi ancaman yang memiliki dampak terbesar secara sistemik—terutama Keamanan Siber, Privasi Data, dan Kepatuhan Regulasi—dengan menggunakan metrik sentralitas dan algoritma PageRank. Ancaman-ancaman ini menempati posisi penting dalam jaringan risiko.



Menurut analisis ini, manajemen risiko tidak hanya perlu mempertimbangkan tingkat keparahan risiko (tingkat keparahan), tetapi juga hubungan antara risiko dan seberapa besar dampak risiko tersebut pada komponen sistem lainnya. Selain itu, strategi pengelolaan risiko digital yang lebih fleksibel dan terukur diciptakan melalui penggabungan strategi mitigasi berbasis data dan analisis dampak risiko. Disarankan untuk memprioritaskan risiko dengan nilai PageRank dan Betweenness Centrality tinggi. Ini termasuk meningkatkan keamanan siber melalui firewall dan enkripsi data, serta mematuhi peraturan melalui audit dan pembentukan unit keamanan informasi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknik berbasis machine learning dan network analytics dapat membantu pengambilan keputusan strategis di bidang kesehatan digital. Ini karena mereka memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang hubungan, efek, dan dampak sistemik dari risiko yang terlibat dalam proses transformasi digital yang kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Ariani, “ANALISIS KEBERHASILAN IMPLEMENTASI REKAM MEDIS ELEKTRONIK DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI DAN MUTU PELAYANAN,” *J. Kesehat. dan Kedokt.*, vol. 2, no. 2, pp. 7–14, Jun. 2023, doi: 10.56127/JUKEKE.V2I2.720.
- [2] Kemenkes, “Rencana Strategis Kementerian Kesehatan 2022 - 2024,” <https://kemkes.go.id/id/rencana-strategis-kementerian-kesehatan-2022---2024>, 2022. <https://kemkes.go.id/id/rencana-strategis-kementerian-kesehatan-2022---2024> (accessed Dec. 22, 2025).
- [3] R. Puspita, “Pilar Pertahanan Siber dalam Transformasi Kesehatan Digital,” https://csirt.or.id/berita/pilar-pertahanan-siber-kesehatan?utm_source=chatgpt.com, 2025. https://csirt.or.id/berita/pilar-pertahanan-siber-kesehatan?utm_source=chatgpt.com (accessed Dec. 22, 2025).
- [4] P. Ivan, R. Manurung, and M. Simarmata, “Digitalisasi Layanan Kesehatan: Tantangan Etika dan Keamanan Data Pasien,” *Pres. J. Hukum, Adm. Negara, dan Kebijak. Publik*, vol. 2, no. 2, pp. 263–273, Jun. 2025, doi: 10.62383/PRESIDENSIAL.V2I2.811.
- [5] Y. Chen, N. Lorenzi, S. Nyemba, J. S. Schildcrout, and B. Malin, “We work with them? Healthcare workers interpretation of organizational relations mined from electronic health records,” *Int. J. Med. Inform.*, vol. 83, no. 7, pp. 495–506, 2014, doi: 10.1016/J.IJMEDINF.2014.04.006.
- [6] J. E. Gray, D. A. Davis, D. M. Pursley, J. E. Smallcomb, A. Geva, and N. V. Chawla, “Network analysis of team structure in the neonatal intensive care unit,” *Pediatrics*, vol. 125, no. 6, Jun. 2010, doi: 10.1542/PEDS.2009-2621.
- [7] D. Rossille, M. Cuggia, A. Arnault, J. Bouget, and P. Le Beux, “Managing an emergency department by analysing HIS medical data: a focus on elderly patient clinical pathways,” *Health Care Manag. Sci.*, vol. 11, no. 2, pp. 139–146, 2008, doi: 10.1007/S10729-008-9059-6.
- [8] J. C. Brunson and R. C. Laubenbacher, “Applications of network analysis to routinely collected health care data: a systematic review,” *J. Am. Med. Inform. Assoc.*, vol. 25, no. 2, p. 210, Feb. 2017, doi: 10.1093/JAMIA/OCX052.
- [9] P. Boldi, M. Santini, and S. Vigna, “Pagerank as a function of the damping factor.” pp. 557–566, 2005.
- [10] G. Edwards, “Mixed-method approaches to social network analysis,” *ESRC Natl. Cent. Res.*



- Methods*, pp. 1–30, 2010.
- [11] L. Page, S. Brin, R. Motwani, and T. Winograd, “The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web.” 1999.
- [12] A. Boodaghian Asl, J. Raghothama, A. Darwich, and S. Meijer, “USING PAGERANK AND SOCIAL NETWORK ANALYSIS TO SPECIFY MENTAL HEALTH FACTORS,” *Proc. Des. Soc.*, vol. 1, pp. 3379–3388, 2021, doi: 10.1017/PDS.2021.599.

