ISSN: 2598-8565 (media cetak)
ISSN: 2620-4339 (media online)

SISTEM PAKAR PENILAIAN RESIKO *JOINT CLOSURE* PADA INFRASTRUKTUR FIBER OPTIK MENGGUNAKAN *FORWARD CHAINING*

Komang Wahyudita Eka Pramana✉, Putu Indah Ciptayani, Yessi Aprilia Waluyo
Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Bali, Badung, Indonesia
Email: komangwahyuu87@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.46880/jmika.Vol10No2.pp645-654

ABSTRACT

The manual management of Fiber Optic infrastructure data at PT Aplikanusa Lintasarta has the potential to cause data duplication, recording errors, difficulty in information retrieval, and inconsistencies in Joint Closure risk assessments. These problems can affect the effectiveness of decision-making related to network infrastructure maintenance. This study aims to develop a Fiber Optic Infrastructure Information System integrated with a Joint Closure risk assessment expert system using the Forward Chaining and Rule-Based Risk Scoring methods. Expert knowledge is represented in 26 rules based on device age, location conditions, and disruption history to determine the score and risk category of Joint Closure. System evaluation was conducted through Black Box Testing, expert validation of 10 test cases, and System Usability Scale (SUS). The results showed that all system functions ran as needed with a Black Box Testing success rate of 100%. In the initial validation, all system outputs in 10 test cases were in accordance with expert assessments. The system obtained a SUS score of 71.83 which is included in the Good and Acceptable categories. These results demonstrate that the system can support consistent infrastructure data management and Joint Closure risk assessments and assist technicians in prioritizing network maintenance. However, validation using larger and more diverse historical data is needed to more comprehensively statistically assess system reliability.

Keyword: Information Systems, Fiber Optics, Joint Closure, Expert Systems, Forward Chaining.

ABSTRAK

Pengelolaan data infrastruktur Fiber Optik pada PT Aplikanusa Lintasarta yang masih dilakukan secara manual berpotensi menimbulkan duplikasi data, kesalahan pencatatan, kesulitan pencarian informasi, serta ketidakkonsistenan dalam penilaian risiko Joint Closure. Permasalahan tersebut dapat memengaruhi efektivitas pengambilan keputusan terkait pemeliharaan infrastruktur jaringan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Sistem Informasi Infrastruktur Fiber Optik yang terintegrasi dengan sistem pakar penilaian risiko Joint Closure menggunakan metode Forward Chaining dan Rule-Based Risk Scoring. Pengetahuan pakar direpresentasikan ke dalam 26 aturan berdasarkan faktor umur perangkat, kondisi lokasi, dan riwayat gangguan untuk menentukan skor serta kategori risiko Joint Closure. Evaluasi sistem dilakukan melalui Black Box Testing, validasi pakar terhadap 10 kasus uji, dan System Usability Scale (SUS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan dengan tingkat keberhasilan Black Box Testing sebesar 100%. Pada validasi awal, seluruh keluaran sistem pada 10 kasus uji sesuai dengan penilaian pakar. Sistem memperoleh skor SUS sebesar 71,83 yang termasuk dalam kategori Good dan Acceptable. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat mendukung pengelolaan data infrastruktur dan penilaian risiko Joint Closure secara konsisten serta membantu teknisi dalam menentukan prioritas pemeliharaan jaringan. Namun, validasi menggunakan data historis yang lebih besar dan beragam masih diperlukan untuk mengukur keandalan sistem secara lebih komprehensif secara statistik.

Kata Kunci: Sistem Informasi, Fiber Optik, Joint Closure, Sistem Pakar, Forward Chaining.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terus mengalami peningkatan kebutuhan layanan telekomunikasi seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi. Infrastruktur jaringan fiber optik menjadi salah satu komponen utama dalam mendukung penyediaan layanan internet berkecepatan tinggi, komunikasi data, serta berbagai layanan digital lainnya. Teknologi fiber optik dipilih karena memiliki kapasitas transmisi yang besar, kecepatan tinggi, dan tingkat gangguan yang lebih rendah dibandingkan media transmisi konvensional (Insani & Alijoyo, 2024). Maka dari itu, pengelolaan infrastruktur Fiber Optik yang baik berperan sebagai

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

aspek krusial guna menjaga kualitas dan keandalan layanan telekomunikasi.

Joint Closure merupakan komponen penting dalam jaringan fiber optik yang berfungsi melindungi sambungan serat optik dari gangguan lingkungan dan kerusakan fisik. Faktor-faktor seperti cuaca ekstrem, curah hujan, kelembapan, kondisi medan, serta metode pemasangan dapat memengaruhi performa jaringan dan meningkatkan risiko gangguan layanan. Selain faktor operasional tersebut, kejadian eksternal seperti bencana alam dapat memperpanjang waktu pemulihan infrastruktur telekomunikasi dan meningkatkan dampak gangguan terhadap kontinuitas layanan (De Iuliis et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan analisis risiko yang sistematis untuk mengurangi potensi *downtime* (Iddrisu & Gedel, 2023).Melalui pendekatan kualitatif, penelitian ini mengkaji bagaimana teknisi menilai kondisi Joint Closure, mengidentifikasi faktor-faktor risiko, serta memahami proses penilaian yang dilakukan pada sistem yang digunakan sebelumnya.

Pada PT Aplikanusa Lintasarta, pengelolaan data infrastruktur fiber optik masih menghadapi beberapa kendala. Berlandaskan atas hasil observasi serta wawancara dengan teknisi, proses pendataan *Joint Closure* masih dilaksanakan menggunakan Microsoft Excel dan berfungsi sebagai inventarisasi data infrastruktur. Selain itu, penilaian risiko kerusakan *Joint Closure* masih bergantung pada pengalaman dan intuisi teknisi lapangan tanpa adanya standar penilaian yang terstruktur. Faktor-faktor yang memengaruhi risiko seperti umur perangkat, kondisi lokasi pemasangan, dan riwayat gangguan belum terdokumentasi dan dimanfaatkan secara optimal dalam proses pengambilan Keputusan (Ajayi et al., 2023). Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan perbedaan penilaian antar teknisi, inkonsistensi hasil evaluasi, serta kurang efektifnya perencanaan pemeliharaan jaringan.

Contoh dari teknologi kecerdasan buatan yang mampu dipakai guna menunjang proses pengambilan keputusan yakni sistem pakar (*Expert System*). Sistem pakar ialah sistem berbasis komputer yang dilakukan perancangan guna melakukan peniruan teknik berpikir serta proses pengambilan keputusan seorang pakar melalui pemanfaatan basis pengetahuan (knowledge base) dan mesin inferensi (*inference engine*) (Asemi et al., 2021). Sistem pakar sanggup menghasilkan keputusan yang lebih objektif, konsisten, dan terstruktur berdasarkan aturan-aturan yang telah ditetapkan. Implementasi sistem pakar sudah banyak dipakai pada beragam sektor untuk membantu proses diagnosis, analisis, maupun penilaian risiko.

Metode yang umum dipakai pada sistem pakar ialah Forward Chaining. Metode ini merupakan teknik inferensi yang bekerja dengan pendekatan data-driven, yaitu proses penalaran diawali dari sejumlah fakta yang tersedia guna memberikan hasil berupa sebuah kesimpulan. Pada metode ini, sistem akan mencocokkan fakta yang dimasukkan terhadap kebijakan IF–THEN yang ditemukan pada basis pengetahuan sampai diperoleh hasil akhir berwujud keputusan atau rekomendasi (Chaining, 2021). Karakteristik tersebut menjadikan Forward Chaining sesuai diterapkan pada penilaian risiko Joint Closure karena keputusan tingkat risiko ditentukan berdasarkan kombinasi beberapa kondisi faktual seperti umur perangkat, kondisi lokasi, dan riwayat gangguan.

Penelitian terdahulu telah menerapkan *forward chaining* untuk diagnosis dan deteksi gangguan berbasis aturan. Namun, belum banyak penelitian yang membangun model penilaian risiko *joint closure* yang menggabungkan karakteristik aset, kondisi lingkungan pemasangan, dan riwayat gangguan dalam satu mekanisme penilaian yang dapat ditelusuri. Penelitian ini mengusulkan model *Rule-Based Risk Scoring* berbasis *Forward Chaining* untuk menilai risiko *Joint Closure* melalui 26 aturan yang mencakup umur perangkat, kondisi lokasi, riwayat gangguan, serta interaksi antar faktor risiko. Berbeda dari sistem pakar konvensional yang hanya menghasilkan keputusan kategorikal, model yang diusulkan menghasilkan skor risiko, kategori risiko, faktor penyebab, dan rekomendasi pemeliharaan. Model tersebut diimplementasikan dalam sistem informasi infrastruktur Fiber Optik berbasis web sehingga hasil penilaian dapat digunakan untuk mendukung pengelolaan aset dan penentuan prioritas pemeliharaan jaringan.

KAJIAN LITERATUR

Fiber Optik Dan Joint Closure

Infrastruktur Fiber Optik merupakan teknologi transmisi data yang menggunakan serat optik sebagai media penghantar informasi dengan kecepatan tinggi dan tingkat gangguan yang rendah. Infrastruktur ini menjadi komponen penting dalam penyediaan layanan telekomunikasi modern, seperti internet broadband, layanan data, dan komunikasi digital (Insani & Alijoyo, 2024). Salah satu komponen penting dalam jaringan fiber optik adalah *joint closure*, yaitu perangkat yang digunakan sebagai tempat penyambungan sekaligus pelindung sambungan kabel serat optik dari pengaruh lingkungan maupun gangguan fisik.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Gangguan pada komponen infrastruktur telekomunikasi dapat memengaruhi kontinuitas dan kualitas layanan jaringan. Oleh karena itu, penilaian risiko diperlukan untuk mengidentifikasi komponen yang memerlukan prioritas penanganan sebelum gangguan menimbulkan dampak layanan yang lebih luas (Reddy & Fields, 2022).

Tingkat risiko kerusakan Joint Closure dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti umur perangkat, kondisi lokasi pemasangan, dan riwayat gangguan yang pernah terjadi. Semakin tinggi tingkat risiko yang dimiliki suatu Joint Closure, semakin besar pula potensi terjadinya gangguan pada jaringan Fiber optik. Maka dari itu, dibutuhkan mekanisme penilaian risiko yang mampu menunjang teknisi guna menetapkan prioritas pemeliharaan secara objektif, konsisten, dan terstruktur sehingga kualitas layanan jaringan dapat tetap terjaga (Megawaty & Ulfa, 2020).

Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan cabang kecerdasan buatan yang merepresentasikan pengetahuan domain dalam basis pengetahuan dan menggunakan mesin inferensi untuk menghasilkan kesimpulan atau rekomendasi berdasarkan fakta yang tersedia Metode Forward Chaining (Reddy & Fields, 2022) Pada sistem pakar berbasis aturan, pengetahuan direpresentasikan dalam bentuk aturan IF–THEN sehingga proses pengambilan keputusan dapat ditelusuri berdasarkan aturan yang aktif.

Metode Forward Chaining

Forward Chaining merupakan metode inferensi dengan pendekatan data-driven reasoning, yaitu proses penalaran yang dimulai dari fakta-fakta yang tersedia. Fakta tersebut dicocokkan secara bertahap dengan aturan IF–THEN pada basis pengetahuan hingga menghasilkan kesimpulan atau keputusan. Apabila premis suatu aturan terpenuhi, aturan tersebut diaktifkan (*rule firing*) dan konsekuensinya dapat menjadi fakta baru untuk proses inferensi berikutnya. Dalam sistem pakar berbasis aturan, *forward chaining* sesuai digunakan ketika keputusan dibentuk dari kondisi atau fakta masukan yang dapat diidentifikasi secara eksplisit (Reddy & Fields, 2022). Oleh karena itu, metode ini digunakan dalam penilaian risiko Joint Closure karena tingkat risiko dapat ditentukan berdasarkan kondisi aktual di lapangan, seperti umur perangkat, kondisi lokasi, dan riwayat gangguan.

Rule-Based Risk Scoring

Teknik pembobotan digunakan untuk memberikan nilai terhadap faktor-faktor yang memengaruhi suatu keputusan. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah *weighted scoring model* (WSM), yaitu metode yang menghasilkan skor akhir berdasarkan akumulasi bobot dari setiap kriteria yang dinilai (Mukarrom et al., 2025). yaitu setiap aturan yang terpenuhi akan memberikan kontribusi nilai dampak (*score impact*) terhadap total skor risiko. Dalam penilaian risiko infrastruktur, hasil penilaian perlu mempertimbangkan tingkat kritikalitas elemen dan potensi kehilangan fungsi agar dapat digunakan untuk menentukan prioritas mitigasi serta pemeliharaan (Šarūnienė et al., 2024).

$$Risk\ Score = \sum_{i=1}^{n} ScoreImpact_i \qquad (1)$$

$ScoreImpacti$ = nilai dampak dari aturan ke-i yang terpenuhi
n = jumlah aturan yang terpenuhi

Semakin tinggi jumlah aturan yang terpenuhi dan semakin besar nilai dampaknya, maka tingkat risiko yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Pendekatan ini memungkinkan proses penilaian risiko dilakukan secara lebih terukur dan konsisten.

Penelitian Terdahulu dan Research Gap

Metode Forward Chaining telah banyak diimplementasikan pada pengembangan sistem pakar guna menunjang proses pengambilan keputusan berbasis aturan. Penelitian oleh (Hidayat & Ramsari, 2023) menerapkan metode Forward Chaining dalam sistem pakar diagnosa awal penyakit ginjal dan menunjukkan bahwa metode tersebut mampu menghasilkan kesimpulan berdasarkan fakta yang diberikan pengguna secara sistematis. Riset lainnya oleh (Zaki et al., 2023) memakai Forward Chaining guna mendeteksi kerusakan jaringan internet dan membuktikan bahwa metode ini efektif dalam mengidentifikasi kondisi jaringan berdasarkan aturan yang telah ditetapkan oleh pakar.

Selain pada bidang diagnosis, metode berbasis aturan juga banyak digunakan dalam sistem pendukung keputusan yang memerlukan proses penilaian dan klasifikasi kondisi tertentu. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi aturan pakar dengan teknik pembobotan mampu meningkatkan objektivitas penilaian karena keputusan tidak hanya didasarkan pada satu kondisi, tetapi mempertimbangkan beberapa faktor secara bersamaan. Pendekatan ini memungkinkan sistem memberikan hasil yang lebih konsisten dibandingkan penilaian manual yang bergantung pada pengalaman individu.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ISSN: 2598-8565 (media cetak)
ISSN: 2620-4339 (media online)

Di sisi lain, penelitian mengenai pengelolaan infrastruktur Fiber optik umumnya berfokus pada pengelolaan data jaringan, monitoring perangkat, inventarisasi aset, serta upaya peningkatan keandalan layanan jaringan telekomunikasi (Muhammad Waleed Khawar et al., 2024). Meskipun penelitian tersebut memberikan kontribusi dalam mendukung operasional dan pemeliharaan jaringan, sebagian besar belum mengintegrasikan kemampuan sistem pakar untuk melakukan penilaian risiko terhadap komponen jaringan tertentu, khususnya Joint Closure. Padahal, Joint Closure merupakan komponen penting yang berperan dalam menjaga keandalan jaringan Fiber optik dan memerlukan pemantauan kondisi secara berkala.

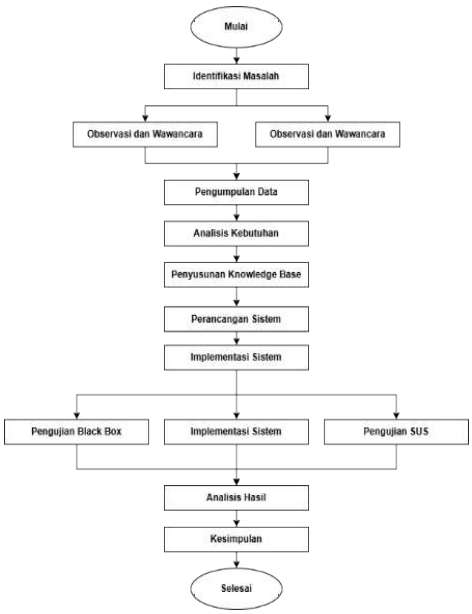
Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, masih terdapat celah penelitian dalam penerapan sistem pakar berbasis *forward chaining* pada manajemen infrastruktur fiber optik, khususnya untuk penilaian risiko *joint closure*. Penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada diagnosis penyakit, deteksi, serta pengelolaan data infrastruktur tanpa menyediakan mekanisme penilaian risiko *joint closure* yang terintegrasi. Selain itu, belum banyak penelitian yang menggabungkan sistem pakar dengan sistem informasi infrastruktur Fiber Optik berbasis web yang dapat digunakan secara langsung oleh teknisi dalam proses pemeliharaan jaringan. Oleh karena itu, kontribusi penelitian ini adalah mengembangkan sistem informasi infrastruktur Fiber Optik berbasis web yang mengintegrasikan metode Forward Chaining dan pendekatan *rule-based risk scoring* untuk menghasilkan penilaian risiko Joint Closure yang lebih objektif, konsisten, dan terstruktur serta mendukung penentuan prioritas pemeliharaan jaringan.

Dibandingkan *Certainty Factor* dan Fuzzy Logic, Forward Chaining dipilih karena data yang digunakan dalam penelitian ini berupa fakta operasional yang dapat direpresentasikan secara eksplisit dalam aturan IF-THEN. *Certainty Factor* lebih sesuai apabila sistem perlu memodelkan tingkat keyakinan pakar, sedangkan *Fuzzy Logic* sesuai untuk variabel dengan batas kategori yang tidak tegas. Pendekatan Rule-Based Risk Scoring digunakan untuk melengkapi Forward Chaining agar hasil inferensi tidak hanya menghasilkan keputusan kategorikal, tetapi juga skor prioritas pemeliharaan.

METODE PENELITIAN

Riset ini melakukan pengembangan sistem informasi infrastruktur Fiber Optik berbasis web yang dilengkapi sistem pakar penilaian risiko Joint Closure menggunakan metode Forward Chaining. Penilaian risiko dilakukan berdasarkan umur perangkat, kondisi lokasi, dan riwayat gangguan yang diperoleh melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi. Sistem dirancang untuk membantu teknisi dan manajemen dalam melakukan penilaian risiko serta mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan jaringan secara lebih objektif dan terstruktur.

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang disusun secara sistematis untuk memastikan proses pengembangan sistem dan evaluasi dapat berjalan sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan penelitian meliputi identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis kebutuhan, penyusunan basis pengetahuan, perancangan dan implementasi sistem, hingga tahap pengujian dan evaluasi sistem. Alur penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Sistem Pakar Penilaian Risiko Joint Closure

Berdasarkan Gambar 1, penelitian diawali dengan identifikasi masalah melalui observasi proses pengelolaan data Joint Closure pada PT Aplikanusa Lintasarta. Selanjutnya dilakukan pengumpulan dan analisis data untuk menyusun kebutuhan sistem serta basis pengetahuan dalam bentuk rule menggunakan metode *Forward Chaining*. Tahap berikutnya adalah perancangan dan implementasi sistem berbasis web, kemudian dilakukan pengujian fungsional, validasi pakar, dan pengujian usability menggunakan *System Usability Scale* (SUS) sebelum analisis hasil dan penarikan kesimpulan penelitian.

Metode dan Pengumpulan Data

Akuisisi pengetahuan dilakukan melalui wawancara semi-terstruktur dengan 4 pakar/teknisi, observasi lapangan, dan dokumentasi gangguan.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Pendekatan ini digunakan karena pengetahuan pada sistem pakar berbasis aturan dapat diperoleh melalui wawancara pakar, observasi, maupun protokol yang telah tersedia (Reddy & Fields, 2022). Selanjutnya, hasil identifikasi diterjemahkan menjadi aturan IF–THEN dan divalidasi melalui expert review untuk memastikan kesesuaian kondisi, konsekuensi aturan, serta rekomendasi pemeliharaan. Aturan yang telah disetujui digunakan sebagai basis pengetahuan sistem.

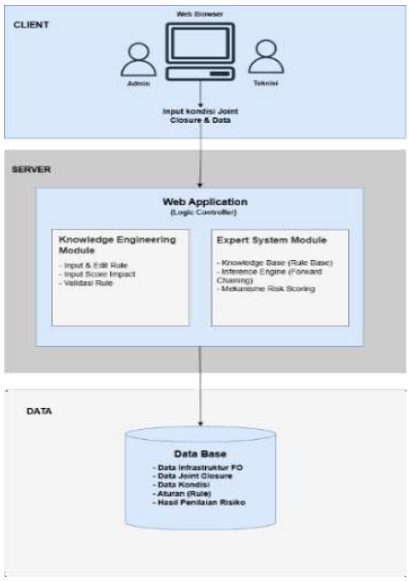
Data riset didapatkan melalui pengamatan, wawancara, serta dokumentasi di PT Aplikanusa Lintasarta. Observasi dilakukan untuk mempelajari kondisi Joint Closure dan proses pengelolaan infrastruktur Fiber Optik. Wawancara dengan teknisi jaringan digunakan untuk memperoleh pengetahuan pakar mengenai faktor risiko Joint Closure yang meliputi umur perangkat, kondisi lokasi, dan riwayat gangguan. Seluruh informasi yang diperoleh kemudian didokumentasikan dan dipakai selaku dasar dalam penyusunan basis pengetahuan serta aturan sistem pakar berbasis Forward Chaining.

Analisis Kondisi Eksisting

Berlandaskan atas hasil observasi, pendataan *Joint Closure* di PT Aplikanusa Lintasarta masih dilakukan menggunakan Microsoft Excel dan berfungsi sebagai inventaris data infrastruktur. Data yang tersedia belum dimanfaatkan untuk melakukan penilaian risiko kerusakan *Joint Closure* secara terstruktur. Selain itu, faktor-faktor penting seperti umur perangkat, kondisi lokasi, dan riwayat gangguan belum digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Akibatnya, proses penilaian risiko masih bergantung pada pengalaman teknisi sehingga berpotensi menimbulkan ketidakkonsistenan hasil. Guna menyelesaikan permasalahan tersebut, riset ini melakukan pengembangan sistem pakar berbasis *Forward Chaining* yang sanggup melakukan penilaian risiko *Joint Closure* secara objektif dan terstruktur berdasarkan faktor-faktor yang telah ditentukan.

Perancangan Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem yang diusulkan ditunjukkan pada. Pada sisi server, sistem terdiri atas modul rekayasa pengetahuan (*knowledge engineering module*) dan modul sistem pakar (*expert system module*). Modul rekayasa pengetahuan digunakan untuk mengelola basis pengetahuan berupa aturan (*rule*) yang diperoleh dari pakar. Sementara itu, modul sistem pakar terdiri atas basis pengetahuan, mesin inferensi *Forward Chaining*, dan mekanisme *risk scoring*. Mesin inferensi melakukan pencocokan fakta yang diberikan pengguna terhadap aturan *IF–THEN* yang tersimpan dalam basis pengetahuan. Setiap aturan yang terpenuhi akan memberikan nilai dampak (*score impact*) yang diakumulasikan menjadi total skor risiko. Selanjutnya, sistem mengklasifikasikan tingkat risiko *Joint Closure* ke dalam kategori *very low*, *low*, *moderate*, *high*, atau *very high*, serta menghasilkan rekomendasi tindakan pemeliharaan. Seluruh data dan hasil penilaian disimpan dalam basis data dan ditampilkan kembali kepada pengguna melalui antarmuka web.



Gambar 2. Perancangan Arsitektur Sistem

Pada Gambar 2 Sistem yang dikembangkan menggunakan arsitektur client-server berbasis web yang terdiri atas lingkungan pengembangan (*development environment*) serta lingkungan konsultasi (*consultation environment*). Pengguna, yang terdiri dari admin dan teknisi, mengakses sistem melalui web browser untuk mengelola data infrastruktur Fiber Optik, data Joint Closure, serta melakukan penilaian risiko berdasarkan kondisi yang diinputkan. Data yang dimasukkan pengguna menjadi fakta awal dalam proses penalaran sistem pakar.

Implementasi *Forward Chaining* dan *Risk Scoring*

Sistem pakar menggunakan tiga fakta utama sebagai input, yaitu umur Joint Closure, kondisi lokasi, dan riwayat gangguan. Fakta tersebut diproses menggunakan metode *Forward Chaining* dengan mencocokkan kondisi yang diberikan pengguna terhadap aturan IF–THEN yang tersimpan dalam basis pengetahuan.

Setiap aturan memiliki nilai score impact yang ditetapkan berdasarkan penilaian pakar terhadap tingkat dampak faktor risiko terhadap potensi gangguan layanan. Penilaian dilakukan dengan mempertimbang

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ISSN: 2598-8565 (media cetak)
ISSN: 2620-4339 (media online)

kan tingkat keparahan kondisi, frekuensi gangguan, dan konsekuensi terhadap kontinuitas jaringan. Nilai untuk aturan kombinasi diberikan sebagai tambahan risiko interaksi apabila beberapa faktor berisiko muncul secara bersamaan. Nilai tersebut kemudian dikonfirmasi kembali melalui expert review sebelum diimplementasikan dalam basis pengetahuan. Alur proses inferensi Forward Chaining dan perhitungan skor risiko pada sistem ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Aturan Sistem Pakar

Kode Rule	Rule Name	Kondisi (IF)	Rule Type	Score Impact	Deskripsi Faktor Risiko
R1	JC Ekstrem Tua	Umur JC > 25 tahun	*single*	45	Umur JC sangat tua (>25 tahun)
R2	JC Sangat Tua	Umur JC 21-25 tahun	*single*	38	Umur JC sangat tua (21–25 tahun)
R3	JC Tua	Umur JC 16-20 tahun	*single*	28	Umur JC tua (16-20 tahun)
R4	JC Menengah	Umur JC 11-15 tahun	*single*	18	Umur JC menengah (11-15 tahun)
R5	JC Relatif Baru	Umur JC 6-10 tahun	*single*	8	Umur JC relatif baru (6-10 tahun)
R6	JC Sangat Baru	Umur JC ≤ 5 tahun	*single*	2	Umur JC sangat baru (≤5 tahun)
R7	Lokasi Sangat Rawan	JC dekat pohon besar	*single*	35	Risiko akar dan serangga
R8	Lokasi Terbuka Ekstrem	JC di lapangan terbuka tanpa pelindung	*single*	25	Risiko cuaca ekstrem
R9	Lokasi Bawah Tanah	JC berada di bawah tanah	*single*	15	Risiko air dan kelembaban
R10	Lokasi Relatif Aman	JC terlindung dan mudah diakses	*single*	5	Lokasi relatif aman
R11	Gangguan Ekstrem	Gangguan > 20 kali	*single*	40	Gangguan sangat sering (>20x)
R12	Gangguan Sangat Sering	Gangguan 16-20 kali	*single*	32	Gangguan sangat sering
R13	Gangguan Sering	Gangguan 11-15 kali	*single*	24	Gangguan sering
R14	Gangguan Sedang	Gangguan 6-10 kali	*single*	15	Gangguan sedang
R15	Gangguan Jarang	Gangguan 1-5 kali	*single*	5	Gangguan jarang
R16	Tidak Pernah Gangguan	Belum pernah gangguan	*single*	1	Tidak ada gangguan
R17	JC Tua Dekat Pohon	Umur tua AND dekat pohon	*combined*	8	Umur tua + lokasi dekat pohon
R18	JC Tua Lapangan Terbuka	Umur tua AND lapangan terbuka	*combined*	6	Umur tua + lapangan terbuka
R19	JC Menengah Bawah Tanah	Umur menengah AND bawah tanah	*combined*	4	Umur menengah + bawah tanah
R20	JC Tua Gangguan Sering	Umur tua AND gangguan sering	*combined*	9	Umur tua + gangguan sering
R21	JC Sangat Tua Gangguan Sedang	Umur sangat tua AND gangguan sedang	*combined*	7	Umur sangat tua + gangguan sedang
R22	Dekat Pohon Gangguan Sering	Dekat pohon AND gangguan sering	*combined*	10	Lokasi rawan + gangguan sering

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ISSN: 2598-8565 (media cetak)
ISSN: 2620-4339 (media online)

R23	Lapangan Terbuka Gangguan Sedang	Lapangan terbuka AND gangguan sedang	*combined*	6	Lokasi terbuka + gangguan sedang
R24	Kombinasi Kritis	Umur tua AND dekat pohon AND gangguan sering	*combined*	15	Kombinasi risiko tinggi
R25	Kombinasi Hampir Kritis	Umur tua AND lapangan terbuka AND gangguan sering	*combined*	12	Risiko mendekati kritis
R26	Kondisi Aman	Umur sangat baru AND minim gangguan	*combined*	-3	Faktor protektif (mengurangi risiko)

Berdasarkan Tabel 1, sistem menggunakan 26 aturan yang terdiri atas single rule dan combined rule. Setiap aturan memiliki nilai score impact yang akan ditambahkan ke total skor risiko apabila kondisi aturan terpenuhi. Total skor yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menentukan kategori risiko Joint Closure.

Total skor risiko dihitung menggunakan Persamaan (1), yaitu dengan menjumlahkan seluruh nilai score impact dari aturan yang terpenuhi selama proses inferensi Forward Chaining. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk mengklasifikasikan tingkat risiko Joint Closure ke dalam kategori Very Low, Low, Moderate, High, atau Very High.

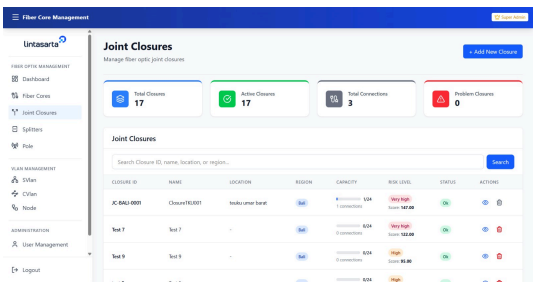
Kategori risiko yang dihasilkan digunakan sebagai dasar pemberian rekomendasi tindakan pemeliharaan Joint Closure. Mekanisme klasifikasi tingkat risiko berlandaskan atas rentang skor ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Risiko

Rentang Skor	Kategori Risiko
> 120	*Very High*
90 -119,99	*High*
60 - 89,99	*Moderate*
30 - 59,99	*Low*
0 - 29,99	*Very Low*

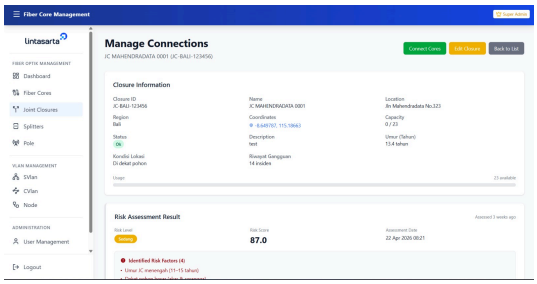
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Sistem



Gambar 3. Tampilan Halaman Dashboard Joint Closure

Gambar 3 menampilkan halaman hasil pengelolaan data Joint Closure yang dilengkapi dengan informasi tingkat risiko yang dihasilkan oleh sistem. Pada tampilan ini, setiap data Joint Closure ditampilkan beserta informasi lokasi, kapasitas, status, serta tingkat risiko yang dilakukan pengklasifikasian ke dalam sejumlah kategori seperti Moderate, High, serta Very High. Penetapan tingkat risiko dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan aturan yang telah ditetapkan pada sistem, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti umur instalasi, kondisi lokasi, dan riwayat gangguan. Selain menampilkan kategori risiko, sistem juga menampilkan nilai skor risiko untuk memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan, evaluasi, dan pengambilan keputusan terkait prioritas pemeliharaan infrastruktur Fiber optik.

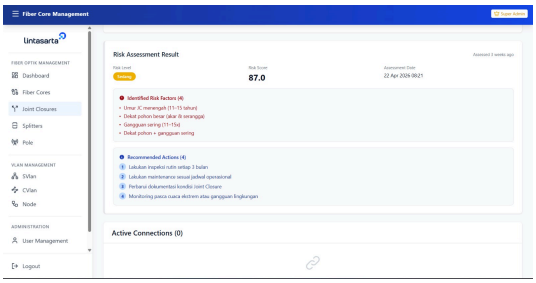


Gambar 4. Tampilan Halaman Detail Joint Closure

Gambar 4 tersebut menampilkan halaman hasil penilaian tingkat risiko (*Risk Assessment Result*) pada sistem yang telah dikembangkan. Halaman ini menyajikan informasi detail mengenai data Joint Closure yang dinilai, seperti identitas closure, lokasi, status, dan deskripsi gangguan. Berdasarkan data kondisi yang telah diinput sebelumnya, sistem melakukan proses inferensi dan menghasilkan skor risiko sejumlah 87,0 yang digolongkan sebagai risiko tinggi (*High Risk*). Selain menampilkan nilai risiko, sistem juga memberikan informasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap hasil penilaian, sehingga pengguna dapat memahami kondisi jaringan danmenentukan tindakan penanganan yang diperlukan secara lebih tepat.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ISSN: 2598-8565 (media cetak)
ISSN: 2620-4339 (media online)



Gambar 5. Tampilan Risk Factors dan Recommended Action

Pada Gambar 5 tersebut menampilkan halaman Risk Factors dan Recommended Action yang merupakan hasil analisis risiko pada Joint Closure yang dinilai. Pada bagian Risk Factors, sistem menampilkan faktor-faktor yang menyebabkan tingkat risiko menjadi tinggi, seperti kondisi fisik yang tidak memenuhi standar, umur perangkat yang telah melewati batas optimal, serta potensi gangguan pada jaringan. Sementara itu, bagian Recommended Action berisi rekomendasi tindakan yang disarankan berdasarkan hasil penilaian, seperti melakukan inspeksi lapangan, pemeliharaan preventif, dan perbaikan komponen yang bermasalah. Informasi ini menunjang teknisi guna menetapkan langkah penanganan yang sesuai untuk mengurangi risiko gangguan serta menjaga keandalan jaringan Fiber optik.

Hasil Pengujian *Blackbox Testing*

Hasil pengujian *blackbox* pada sistem ditampilkan pada Tabel 3. Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi fungsionalitas sistem berlandaskan atas masukan serta keluaran tanpa memperhatikan struktur kode program. Skenario tes yang dilakukan meliputi validasi input, proses penyimpanan data, serta fitur pengelolaan data pada sistem.

Tabel 3. Hasil Tabel *BlackBox Testing*

Skenario Pengujian	Input	Output yang Diharapkan	Status
Semua parameter diisi dengan benar	Tanggal: 12-08-2009, Lokasi: Dibawah tanah, Gangguan: 20	Sistem menampilkan tingkat risiko sesuai aturan	√
Tanggal instalasi kosong	Lokasi & gangguan diisi	Sistem menampilkan pesan "*Please fill out this field*"	√
Lokasi tidak dipilih	Tanggal & gangguan diisi	Sistem menampilkan pesan	√

Berdasarkan Tabel 3 seluruh skenario pengujian berhasil dijalankan sesuai dengan kebutuhan sistem. Sistem mampu menampilkan hasil tingkat risiko berdasarkan data yang dimasukkan, memberikan validasi ketika terdapat data yang belum diisi, mendukung proses pengeditan data, serta menyimpan data dengan baik. Seluruh skenario pengujian memperoleh status berhasil (100%), alhasil mampu ditarik kesimpulan bahwasanya sistem sudah memenuhi aspek fungsionalitas serta mampu beroperasi sesuai terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan.

Hasil User Acceptance Testing (UAT) Menggunakan System Usability Scale (SUS)

Pengujian User Acceptance Testing (UAT) dilaksanakan memakai metode System Usability Scale (SUS) guna menilai tingkat kemudahan penggunaan serta penerimaan sistem oleh pengguna. Tes melibatkan 19 responden yang mencakup teknisi, admin, supervisor, serta pengguna lainnya. Setiap responden memberi penilaian terhadap 10 pernyataan memakai skala Likert 1-5.

Hasil akumulasi jawaban responden yang meliputi nilai minimum, maksimum, rerata (mean), serta standar deviasi untuk masing-masing pertanyaan SUS disajikan dalam Tabel 4. Berdasarkan data tersebut, dilakukan perhitungan skor SUS dengan mengonversi nilai pada pertanyaan ganjil dan genap sesuai metode standar SUS. Pada metode SUS, pertanyaan ganjil (Q1, Q3, Q5, Q7, dan Q9) ialah pernyataan positif sehingga nilai yang semakin tinggi menunjukkan tingkat usability yang semakin baik. Sebaliknya, pertanyaan genap (Q2, Q4, Q6, Q8, dan Q10) ialah pernyataan negatif sehingga nilai yang semakin rendah menunjukkan persepsi pengguna yang semakin positif terhadap sistem. Oleh karena itu, nilai rata-rata yang relatif rendah pada pertanyaan genap tidak mengindikasikan kualitas sistem yang buruk, melainkan menunjukkan kecenderungan responden

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

untuk tidak setuju terhadap pernyataan negatif yang diberikan.Berdasarkan hasil statistik deskriptif, pertanyaan ganjil mendapatkan nilai rerata yang tinggi, yaitu ditemukan dalam rentang 4,32-4,58. Sementara itu, pertanyaan genap memiliki nilai rerata pada rentang 2,00-3,11. Pola jawaban tersebut memperlihatkan bahwasanya hampir seluruh responden memberi penilaian positif terhadap kemudahan penggunaan, kemudahan pembelajaran, serta fungsi sistem yang telah dikembangkan.

Tabel 4. Akumulasi Kuesioner SUS

Statistik	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Min	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Max	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mean	4.58	2.94	4.42	2.95	4.37	2.37	4.42	2.00	4.32	3.11
Std. Deviasi	0.77	1.27	0.84	1.22	0.83	1.42	0.77	1.00	0.82	1.05

Hasil perhitungan memperlihatkan bahwasanya sistem mendapatkan skor SUS sejumlah 71,83. Nilai tersebut melampaui batas rata-rata SUS sejumlah 68, yang menunjukkan bahwa sistem mempunyai tingkatan usability yang baik serta mampu diterima oleh pengguna. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dinilai sudah mencukupi aspek kemudahan penggunaan serta memberikan pengalaman pengguna yang memuaskan.

Analisis Hasil Pengujian Sistem

Hasil tes memperlihatkan bahwasanya sistem telah berperan selaras terhadap spesifikasi yang dilakukan perancangan. Tes Black Box memperoleh tingkatan keberhasilan 100%, yang memperlihatkan bahwasanya semua fitur mampu berjalan secara baik tanpa terdapat kesalahan fungsional. Dari sisi usability, sistem mendapatkan skor *System Usability Scale* (SUS) sejumlah 71,83 yang masuk ke kategori baik, alhasil dapat diterima oleh pengguna. Selain itu, pada validasi awal terhadap 10 data uji, keluaran sistem menunjukkan kesesuaian penuh dengan penilaian pakar. Hasil ini menunjukkan bahwa aturan yang dibangun telah merepresentasikan pertimbangan pakar pada kasus uji yang digunakan. Namun, karena jumlah data masih terbatas, hasil tersebut belum dapat digeneralisasi sebagai tingkat akurasi sistem secara statistik. Validasi lanjutan menggunakan data historis yang lebih besar dan mencakup seluruh kategori risiko diperlukan pada penelitian berikutnya.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Hidayat & Ramsari, 2023)yang menunjukkan bahwa metode Forward Chaining mampu menghasilkan keputusan secara sistematis berdasarkan fakta yang diberikan pengguna. Selain itu, tingkat kesesuaian hasil sistem dengan pakar sebesar 100% juga sejalan dengan penelitian (Zaki et al., 2023)yang memperoleh tingkat akurasi 100% pada sistem pakar deteksi gangguan jaringan internet. Perbedaan penelitian ini terletak pada domain penerapan, yaitu penilaian risiko Joint Closure pada infrastruktur Fiber Optik serta integrasinya ke dalam sistem informasi berbasis web yang mendukung pengelolaan data infrastruktur, penilaian risiko, dan rekomendasi pemeliharaan secara langsung. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menerapkan metode Forward Chaining untuk menghasilkan keputusan risiko secara otomatis, tetapi juga memberikan kontribusi berupa sistem terintegrasi yang dapat digunakan sebagai pendukung pengambilan keputusan pemeliharaan jaringan.

Sistem memiliki kelebihan berupa proses penilaian yang transparan karena hasil risiko dapat ditelusuri melalui aturan dan faktor yang aktif. Integrasi dengan data Joint Closure juga memungkinkan hasil penilaian digunakan untuk mendukung prioritas pemeliharaan. Namun, sistem masih terbatas pada tiga faktor risiko dan nilai score impact yang bergantung pada penilaian pakar. Selain itu, validasi awal menggunakan jumlah data terbatas sehingga pengujian dengan data historis yang lebih besar, beragam, dan berasal dari beberapa wilayah jaringan diperlukan untuk mengukur reliabilitas sistem pada skala operasional yang lebih luas. Pada pengembangan berikutnya, sistem dapat diintegrasikan dengan data GIS, tiket gangguan, dan sistem monitoring jaringan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, metode Forward Chaining berhasil diimplementasikan dalam sistem pakar penilaian risiko Joint Closure dalam Sistem Informasi Infrastruktur Fiber Optik berbasis web. Basis pengetahuan sistem dibentuk berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara, dan pengalaman teknisi yang kemudian direpresentasikan dalam 26 aturan (*rule*) pengetahuan. Rule tersebut disusun dari berbagai kombinasi parameter umur perangkat, kondisi lokasi, dan riwayat gangguan yang berfungsi sebagai dasar proses inferensi untuk menentukan tingkat risiko.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Melalui penerapan 26 rule tersebut, sistem mampu melakukan penelusuran fakta secara bertahap hingga menghasilkan keputusan tingkat risiko yang sesuai dengan pengetahuan dan pertimbangan pakar.

Sistem dapat melakukan penilaian risiko secara otomatis serta memberikan rekomendasi tindakan pemeliharaan berdasarkan tingkat risiko yang dihasilkan. Hasil tes memperlihatkan bahwasanya semua fungsi sistem berjalan selaras kebutuhan dengan tingkat keberhasilan *Black Box Testing* sebesar 100%, sedangkan pengujian usability memakai *System Usability Scale* (SUS) mendapatkan skor 71,83 yang termasuk kategori baik. Hasil tersebut memperlihatkan bahwasanya sistem mampu mendukung proses analisis risiko Joint Closure secara lebih terstruktur, konsisten, dan mudah digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Ajayi, W., Omoghene, E., Arowosegbe, S., & Isaac, O. (2023). Data Management Challenges and Resolutions in the Telecommunication Industry. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 103–110. https://doi.org/10.30534/ijeter/2023/031132023

Asemi, A., Ko, A., & Nowkarizi, M. (2021). Intelligent libraries: a review on expert systems, artificial intelligence, and robot. Library Hi Tech, 39(2), 412–434. https://doi.org/10.1108/LHT-02-2020-0038

De Iuliis, M., Kammouh, O., Cimellaro, G. P., & Tesfamariam, S. (2021). Quantifying restoration time of power and telecommunication lifelines after earthquakes using Bayesian belief network model. *Reliability Engineering & System Safety, 208*, 107320. https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.107320

Hidayat, T., & Ramsari, N. (2023). Sistem Pakar Diagnosa Awal Penyakit Ginjal Menggunakan Metode Forward Chaining: Expert System for Early Diagnosis of Kidney Disease Using Forward Chaining Method. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science, 3*(2), 125–135. https://doi.org/10.57152/malcom.v3i2.887

Iddrisu, W. A., & Gedel, I. A. (2023). Modeling downtime severity of telecommunication networks using discrete time Markov Chains. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration,10*(101). https://doi.org/10.19101/IJATEE.2022.101004

Insani, K., & Alijoyo, F. A. (2024). Bisnis Jaringan Internet Fiber Optic di Era Digitalisasi untuk Pemerataan Infrastruktur Telekomunikasi. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis, 6*(4), 799–805. https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i4.1572

Khawar, M. K., Wajiha, S., Shaheen, S., Shakil, A. Iftikhar, F., & Faisal, K. I. (2024). Investigating the Most Effective AI/ML-Based Strategies for Predictive Network Maintenance to Minimize Downtime and Enhance Service Reliability. *Spectrum of Engineering Sciences, 2*(4),115–132.

Megawaty, M., & Ulfa, M. (2020). Decision Support System Methods: A Review. *Journal of Information Systems and Informatics, 2*(1), 192–201. https://doi.org/10.33557/journalisi.v2i1.63

Mukarrom, A., Wulandari, A., Estianto, D., Parwanto, K., Ulfah, M., Ekawati, R., ... & Ilhami, M. A. (2025). Strategi Pemilihan Pemasok Menggunakan Metode Weighted Scoring Model (WSM) dan Implementasi Manajemen Kontrak Dalam Rantai Pasok PT AAA. *Teknologi Nusantara, 7*(2), 1-9.

Reddy, B., & Fields, R. (2022). From past to present: a comprehensive technical review of rule-based expert systems from 1980--2021. *Proceedings of the 2022 ACM Southeast Conference*, 167–172.

Šarūnienė, I., Martišauskas, L., Krikštolaitis, R., Augutis, J., & Setola, R. (2024). Risk assessment of critical infrastructures: A methodology based on criticality of infrastructure elements. *Reliability Engineering & System Safety, 243*, 109797. https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109797

Solecha, K., Jefi, Hendri, Badri, E., & Haidir, A. (2021). Sistem pakar untuk mendeteksi kerusakan komputer dengan metode forward chaining. *Jurnal Infortech, 3*(2). https://doi.org/10.31294/infortech.v3i2.11801

Zaki, A., Defit, S., Sumijan, S., & Fauzana, R. (2023). Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining Untuk Mendeteksi Kerusakan Jaringan Internet (Studi Kasus: Di Layanan Internet Diskominfotik Sumatera Barat). *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi, 9*(3), 227–236. https://doi.org/10.25077/TEKNOSI.v9i3.2023.227-236

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.