

Aplikasi Sistem Pakar Klasifikasi Kesehatan Lingkungan Permukiman Dengan Metode *Certainty Factors*

Joko Siswanto^{a*}, Anas Azhimi Qalban^b, Sri Nilawaty Lahay^c

^aRekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, siswanto@pktj.ac.id

^bInformatika, Fakultas Dakwah, UIN Saizu Purwokerto, anasaq@uinsaizu.ac.id

^cTeknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, nilawatylahay@ung.ac.id

Submitted: 22-03-2023, Reviewed: 26-03-2023, Accepted 01-04-2023
<https://doi.org/10.47233/jteksis.v5i2.787>

Abstract

Settlements that continue to grow and develop require a healthy Settlements environment. Stakeholders have difficulty classifying and presenting the environmental health of settlements, it takes a long time, is not accurate, and is incomplete. The settlements environmental health expert system application is built on a website using the Certainty Factor Method based on 7 aspects of settlement environmental health requirements. Expert system application development adopts the Expert System Development Life Cycle (ESDLC) method which includes the Assessment, The Acquisition of Knowledge, Design, Testing, Documentation, and Maintenance stages. Expert system applications are built using Notepad++, CodeIgniter Framework, MySQL, and Apache. The results of the comparison between manual calculations and applications have the same score. This can be used as evidence that the expert system application built can be used to help classify settlements environmental health. The results of the classification can be used as a reference for policies and forms of environmental health reporting in settlements every year by stakeholders.

Keywords: Expert Systems, Environmental Health, Settlement Environment, Certainty Factor

Abstrak

Permukiman yang terus tumbuh dan berkembang membutuhkan lingkungan permukiman yang sehat. Pemangku kepentingan kesulitan mengklasifikasikan dan menyajikan data kesehatan lingkungan permukiman, membutuhkan waktu yang lama, kurang akurat, dan kurang lengkap. Aplikasi sistem pakar kesehatan lingkungan permukiman dibangun berbasis website menggunakan Metode Certainty Factor berdasarkan 7 aspek persyaratan kesehatan lingkungan permukiman. Pengembangan aplikasi sistem pakar mengadopsi Metode Expert System Development Life Cycle (ESDLC) yang meliputi tahap *Assessment*, *The Acquisition of Knowledge*, *Design*, *Testing*, *Documentation*, dan *Maintenance*. Aplikasi sistem pakar dibangun menggunakan Notepad++, framework CodeIgniter, MySQL, dan Apache. Hasil perbandingan antara perhitungan manual dan aplikasi mempunyai nilai skor yang sama. Hal tersebut dapat dijadikan bukti bahwa aplikasi sistem pakar yang dibangun dapat digunakan untuk membantu klasifikasi kesehatan lingkungan permukiman. Hasil klasifikasi dapat dijadikan acuan kebijakan dan bentuk pelaporan kesehatan lingkungan permukiman setiap tahun oleh pemangku kepentingan.

Keywords: Sistem Pakar, Kesehatan Lingkungan, Lingkungan Permukiman, Certanty Factor

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license



PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan wilayah mengakibatkan munculnya masalah lingkungan permukiman[1]. Lingkungan hidup di luar kawasan lindung yang berfungsi sebagai lingkungan hunian dan tempat kegiatan merupakan bagian lingkungan permukiman[2][3]. Lingkungan permukiman merupakan satu kesatuan sistem yang terdiri dari penyelenggaraan, pembinaan, perumahan, pemeliharaan dan perbaikan, pencegahan dan peningkatan kualitas, penyediaan tanah, pembiayaan, dan peran serta masyarakat[3]–[5]. Lahan lingkungan permukiman harus memenuhi persyaratan layak huni berkelanjutan[4], [6][7]. Permukiman layak huni harus memiliki bangunan permanen, lokasi nyaman, akses lancar, serta material berkualitas [8]. Penggunaan lahan yang tidak terencana akan menimbulkan kerusakan lahan

dan lingkungan, sehingga perlu memenuhi parameter persyaratan[6], [9]. Perkembangan lahan berpengaruh terhadap kualitas lingkungan permukiman[7] dapat dilihat dari sisi kebendaan, proses bermukim, dan tempat kehadiran manusia [10]. Prasarana, sarana, utilitas umum, serta penunjang fungsi lainnya dalam suatu perumahan merupakan bagian dari lingkungan permukiman[4][8][11][12]. Salah satu kebutuhan pokok manusia yang harus dipenuhi yaitu permukiman[2], [4], [10] dan terus meningkat setiap tahunnya[6] berbanding lurus dengan jumlah penduduk. Proses densifikasi permukiman merupakan realisasi meningkatnya kebutuhan lahan[10].

Permukiman yang terus tumbuh dan berkembang membutuhkan lingkungan permukiman yang sehat[13][1]. Lingkungan

permukiman yang tidak sehat dilihat dari lingkungan hunian beserta lingkungannya[14], [15][16]. Faktor utama penyebabnya yaitu faktor langsung(fisik, sarana, dan prasarana) dan tidak langsung(ekonomi dan sosial)[8]. Kualitas lingkungan yang buruk menyebabkan gangguan kesehatan[8], [17]. Permukiman sehat merupakan tempat tinggal permanen yang memenuhi standar suatu bangunan tempat tinggal yang layak dan berfungsi[18][19]. Kesehatan lingkungan permukiman merupakan kondisi fisik, kimia, dan biologik. Peningkatan derajat kesehatan sangat besar dipengaruhi oleh persyaratan kesehatan lingkungan permukiman[1]. Parameter lokasi, kualitas udara, kebisingan dan getaran, kualitas tanah, prasarana dan sarana, vektor penyakit, dan penghijauan merupakan persyaratan kesehatan lingkungan permukiman[3], [20]. Pemangku kepentingan kesulitan mengklasifikasikan kesehatan lingkungan permukiman. Penentuan dan penyajian klasifikasi kesehatan lingkungan permukiman membutuhkan waktu yang lama, kurang akurat, dan kurang lengkap.

Peningkatan dan pengembangan permukiman menjadi bagian pembangunan nasional secara terpadu, terarah, terencana, dan berkesinambungan[2]. Langkah pemantauan secara cepat dan berkala diperlukan, supaya pemegang kebijakan dapat mengevaluasi proses persebaran dan perkembangan kualitas kesehatan lingkungan permukiman. Pemantauan wilayah yang luas tidak mungkin dilaksanakan secara cepat, dengan perolehan data yang akurat dan presisi[15]. Pengelolaan data lingkungan permukiman belum terintegrasi ke sistem dan belum ada penyediaan informasi untuk publik[9]. Kemajuan teknologi informasi mempermudah penentuan kondisi kualitas kesehatan lingkungan permukiman [8]. Pemanfaatan kemajuan teknologi informasi menjadi salah satu alternatif untuk mengetahui kondisi kualitas kesehatan lingkungan permukiman dengan membangun aplikasi sistem pakar[21].

Sistem pakar merupakan suatu sistem yang menggunakan pengetahuan manusia yang terekam dalam komputer menggunakan ilmu, fakta, dan teknik berfikir untuk memecahkan permasalahan[22] yang biasanya memerlukan kepakaran manusia[23][24]. Sistem pakar merupakan cabang kecerdasan buatan atau *artificial intelligence*(AI)[24][21] dengan adopsi pikiran dan nalar pakar dalam menyelesaikan permasalahan[25][26] dan membuat keputusan sampai kesimpulan fakta[27][22]. Sistem pakar terdiri dari *knowledge acquisition*, *knowledge base*, *inference engine*, *blackboard*, *user interface*, dan *explanation*[23][28]. Pemindehan pengetahuan yang dimiliki pakar ke dalam komputer[29] dan menjadikan pengetahuan sebagai kesimpulan atau

keputusan merupakan dasar sistem pakar[30][23]. Bentuk umum sistem pakar berupa suatu program suatu aturan analisis informasi tentang suatu masalah yang spesifik serta analisis matematis dari masalah[27][31]. Perancangan aplikasi Sistem pakar yang baik dapat menjadi alat bantu penyelesaian suatu masalah dengan meniru kerja dari para ahli[24][32].

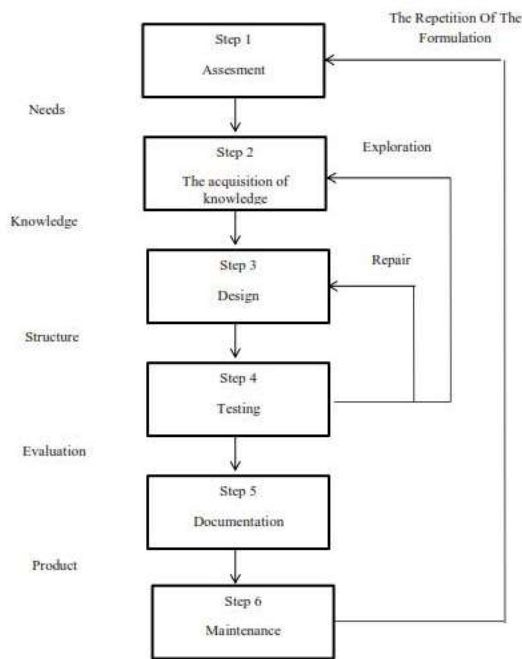
Sistem pakar mengimplementasikan pengetahuan ahli/pakar ke dalam program untuk mengambil keputusan[33], membuat penalaran yang cerdas, dan mendukung aktivitas pemecahan masalah[23][21]. Orang awam menggunakan sistem pakar untuk menyelesaikan masalah dengan bantuan para ahli. Asisten yang sangat berpengalaman diperankan sistem pakar oleh para ahli untuk membantu aktivitasnya[28][31]. Jawaban sistem pakar tidak memiliki kepastian penuh(*probabilitas*), tergantung hasil suatu kejadian. Akomodir ketidakpastian tersebut membutuhkan metode yang tepat[34].

Salah satu metode yang dapat digunakan saat membangun sistem pakar yaitu Certainty Factor[28]. Metode Certainty Factor merupakan bagian dari *certainty theory* yang sering kali menganalisis informasi yang ada dengan ungkapan seperti mungkin, kemungkinan besar, dan hampir pasti[27]. Salah satu metode pengelolaan ketidakpastian sistem yaitu Metode Certainty Factor (CF)[30]. Bukti atau penilaian pakar menjadi dasar suatu kepercayaan kejadian menjadi pernyataan Certainty Factor[23]. Asumsi dejat keyakinan pakar terhadap data digunakan sebagai nilai Certainty Factor. Kelebihannya yaitu keakuratan dapat terjaga, karena mengelola dua data dalam sekali hitung[28]. Metode tersebut dipilih untuk melakukan perhitungan penalaran pembuatan aplikasi sistem pakar tentang kondisi kualitas kesehatan lingkungan permukiman berdasarkan 7 aspek.

METODE PENELITIAN

Metode Expert System Development Life Cycle (ESDLC) digunakan dalam pengembangan sistem pakar yang meliputi enam tahapan pokok yaitu *Assessment* (Penilaian), *The Acquisition of Knowledge* (Akuisisi Pengetahuan), *Design* (Desain), *Testing* (Pengujian), *Documentation* (Dokumentasi), dan *Maintenance* (Pemeliharaan)[35]. Tahap penilaian untuk menentukan kelayakan dan justifikasi atas permasalahan yang akan diambil. Tahap akuisisi pengetahuan untuk mendapatkan pengetahuan tentang permasalahan yang akan dibahas dan digunakan sebagai panduan dalam pengembangan. Tahap desain menetapkan dan merepresentasikan seluruh struktur dan organisasi pengetahuan kedalam sistem.

Tahap pengujian menyesuaikan tujuan dan kesesuaian kinerja sistem dengan metode penyelesaian masalah untuk diuji[34]. Tahap dokumentasi merupakan bentuk bukti dari hasil artefak yang telah dibangun. Tahap pemeliharaan dilakukan untuk menjaga dan memantau terhadap kerusakan dan pengembangan. Metode pengembangan sistem khusus untuk perancangan aplikasi sistem pakar merupakan Metode ESDLC. Tambahan pengetahuan baru menjadikan proses yang senantiasa berulang, sistem akan dibangun, dan diuji coba dalam pengembangan sistem pakar[35]. Proses metode ESDLC seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode ESDLC[36]

Pembangunan aplikasi sistem pakar mengadopsi cara perhitungan Metode Certainty Factor (CF). *Certainty Factor* berfungsi untuk mengakomodasi ketidakpastian pemikiran (inexact reasoning) pakar[23]. Kaidah lebih dari satu dan terdiri dari beberapa premis yang dihubungkan dengan AND atau OR sering kali dimiliki oleh sistem pakar. Formula CF untuk beberapa kaidah mengarah pada hipotesa yang sama. Implementasi dari *Certainty Factor* untuk menemukan nilai kepastian adalah kelas proses klasifikasi[26]. Dua model yang sering digunakan untuk mendapatkan tingkat keyakinan (CF)[27]:

Metode '*Net Belief*' seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1):

$$CF(\text{Rule}) = MB(H, E) - MD(H, E) \quad (1)$$

Keterangan:

- $CF(\text{Rule})$: Faktor kepastian

- $MB(H, E)$: *Measure of Belief* (ukuran kepercayaan) terhadap hipotesis H, jika diberikan *evidence* E (antara 0 dan 1)
- $MD(H, E)$: *Measure of Disbelief* (ukuran ketidakpercayaan) terhadap *evidence* H, jika diberikan *evidence* (antara 0 dan 1)

Nilai $CF(\text{Rule})$ didapat dari interpretasi "term" pakar yang diubah menjadi nilai CF tertentu sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Nilai $CF(\text{Rule})$ [27]

Uncertain Term	CF
Definitely Not (pasti tidak)	-1.0
Almost Certainly not (hampir pasti tidak)	-0.8
Probably not (kemungkinan besar tidak)	-0.6
Maybe not (mungkin tidak)	-0.4
Unknown (tidak tahu)	-0.2- 0.2
Maybe (mungkin)	0.4
Probably (kemungkinan besar)	0.6
Almost certainty (hampir pasti)	0.8
Definitely (Pasti)	1.0

CF yang diperbolehkan dari beberapa premis pada sebuah aturan yaitu CF paralel. CF sekuensial dipengaruhi oleh CF *user* untuk masing-masing premis dan operator dari premis seperti pada persamaan 2, 3, dan 4[27].

$$CF(x \text{ dan } y) = \min(CF(x), CF(y)) \quad (2)$$

$$CF(x \text{ atau } y) = \max(CF(x), CF(y)) \quad (3)$$

$$CF(\text{tidak } x) = \sim CF(x) \quad (4)$$

Keterangan:

- $CF(x), CF(y)$: nilai CF paralel untuk setiap premis yang ada

Bentuk dasar rumus CF sebuah aturan jika E dan H, ditunjukkan pada persamaan 5[27].

$$CF(H, e) = CF(E, e) * CF(H, E) \quad (5)$$

Keterangan:

- $CF(E, e)$: *Certainty Factor evidence* E yang dipengaruhi oleh *evidence* e
- $CF(H, e)$: *Certainty Factor* hipotesis dengan asumsi *evidence* diketahui dengan pasti, yaitu ketika $CF(E, e) = 1$.
- $CF(H, E)$: *Certainty Factor* yang dipengaruhi oleh *Evidence* e

CF Sekuensial diperoleh dari hasil perhitungan CF paralel dari semua premis dalam satu aturan dengan CF seperti pada persamaan 6[27].

$$CF(x, y) = CF(x) * CF(y) \quad (6)$$

Keterangan:

- $CF(x, y)$: CF paralel
- $CF(x)$: CF sekuensial dari semua premis
- $CF(y)$: CF Pakar

CF akhir dari sebuah calon konklusi merupakan CF gabungan. Semua CF paralel dari aturan yang menghasilkan konklusi mempengaruhi CF tersebut. Persamaan *certainty factor* gabungan termasuk perbedaan penyebab yang sama. Tingkat kepastian yang dihasilkan sistem penentuan hasil yaitu CF kombinasi seperti pada persamaan 7[27].

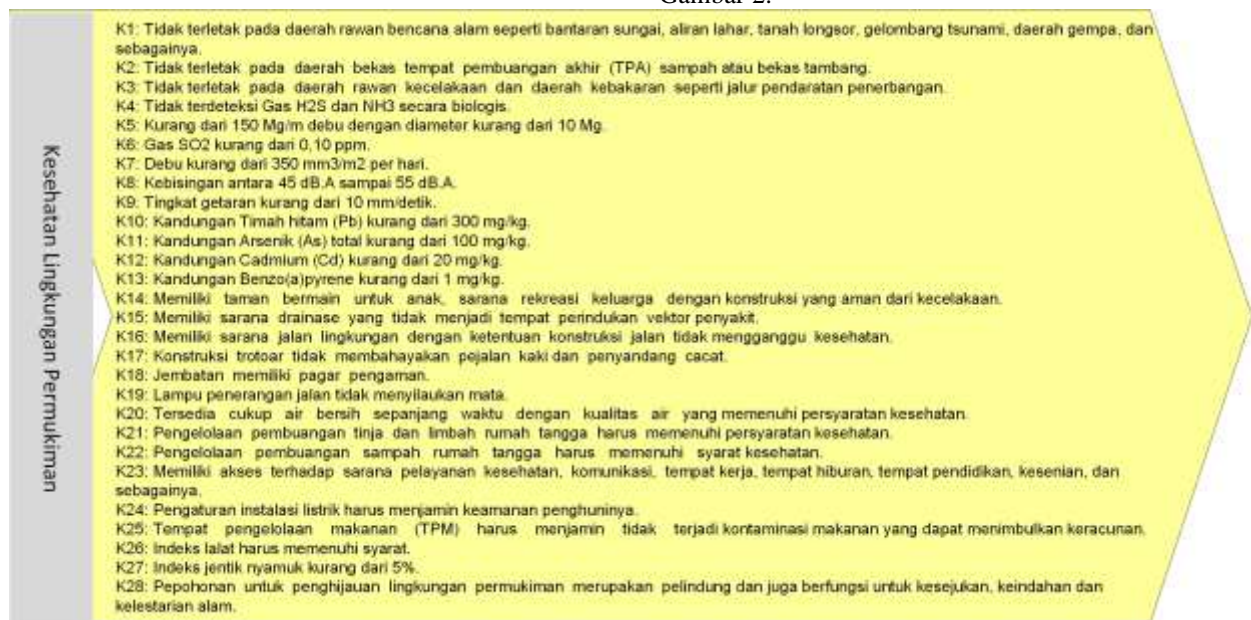
$$CF(CF1,CF2)= \begin{cases} CF1 + CF2(1 - CF1) & \text{jika } CF1 > 0 \text{ dan } CF2 > 0 \\ \frac{CF1+CF2}{1-\min\{CF1,CF2\}} & \text{jika } CF1 > 0 \text{ dan } CF2 > 0 \\ CF1 + CF2 \times (1 + CF1) & \text{jika } CF1 > 0 \text{ dan } CF2 > 0 \end{cases} \quad (7)$$

Persamaan CF kombinasi dan sistem akan menentukan hasil kepastian dengan membentuk *knowledge base* setiap kaidah diagnosa diberi tingkat kepastian dan setiap indikasi diberi tingkat kepercayaan. Peran aktif yang digunakan sebagai *domain knowledge* dibutuhkan kedua model

tersebut. Hasil yang bersifat subjektif memerlukan waktu dan tenaga yang cukup besar [27].

HASIL DAN PEMBAHASAN

7 aspek persyaratan kesehatan lingkungan permukiman terdistribusi pada 28 butir soal. Masing-masing aspek mempunyai butir soal yang berbeda-beda. Masing-masing butir soal diberikan kode yang unik supaya mempermudah salah penalaran dan perhitungan. Butir soal persyaratan kesehatan lingkungan permukiman seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Persyaratan Kesehatan Lingkungan Permukiman

Alat bantu untuk menyelesaikan logika dalam program dapat menggunakan tabel keputusan (*decision table*). Tabel keputusan efektif digunakan dengan kondisi yang akan diseleksi didalam program jumlahnya cukup banyak dan rumit. Tabel keputusan untuk membangun sistem pakar kesehatan lingkungan permukiman berdasarkan persyaratan kesehatan lingkungan permukiman seperti pada Gambar 2. Masing-masing pertanyaan mempunyai skor MD (*Measure of Disbelief*) dan MB (*Measure of Belief*) untuk 2 klasifikasi (Sudah Sehat/Ya dan Belum Sehat/Tidak). Algoritma penalaran dan perhitungan untuk membuat skor menggunakan Metode Certanty Factor. Penalaran dan skor sistem pakar klasifikasi kesehatan lingkungan permukiman seperti pada Tabel 2.

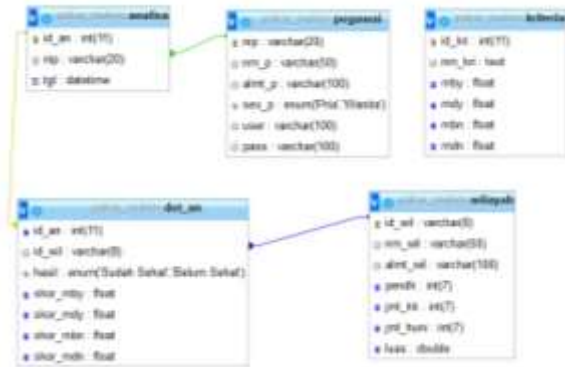
Tabel 2. Tabel Keputusan dan Skor

Aspek	Kode	Sudah Sehat (Ya)		Belum Sehat (Tidak)	
		MB	MD	MB	MD
Lokasi	K1	0.6	-0.02	0.8	-0.01
	K2	0.4	0.01	0.4	0.01
	K3	0.6	-0.01	0.4	0.02
Kualitas Udara,	K4	0.4	0.01	0.4	-0.01
	K5	0.6	0.02	0.4	-0.02
Kebisingan,	K6	0.8	0.01	0.6	0.01
Getaran					

Aspek	Kode	Sudah Sehat (Ya)		Belum Sehat (Tidak)	
		MB	MD	MB	MD
Kualitas Tanah	K7	0.4	-0.02	0.6	-0.02
	K8	0.4	0.01	0.4	0.01
	K9	0.4	0.01	0.6	0.01
	K10	0.6	-0.01	0.4	0.02
	K11	0.4	0.01	0.4	0.01
	K12	0.8	0.02	0.6	-0.02
	K13	0.4	-0.01	0.6	0.01
	K14	0.8	-0.01	0.6	-0.02
Sarana dan Prasarana	K15	0.6	0.01	0.4	0.02
	K16	0.4	-0.01	0.6	0.01
	K17	0.6	0.02	0.4	-0.02
	K18	0.8	-0.01	0.4	0.01
	K19	0.4	-0.02	0.4	0.02
	K20	0.4	0.01	0.4	-0.01
	K21	0.6	-0.02	0.4	0.01
	K22	0.4	0.01	0.6	-0.01
	K23	0.6	-0.02	0.4	0.02
	K24	0.4	0.01	0.4	0.01
Vektor Penyakit	K25	0.6	-0.01	0.4	0.02
	K26	0.8	0.01	0.6	0.01
	K27	0.4	0.02	0.6	-0.02
Penghijauan	K28	0.6	0.02	0.4	0.01

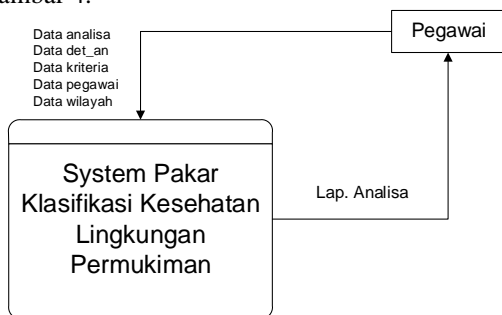
Rancangan untuk database dilakukan dengan melakukan proses normalisasi sampai dengan bentuk normal kedua. Hasil dari normalisasi

membentuk 5 tabel yaitu tabel wilayah, kriteria, pegawai, analisa, dan det_an. Sebagian tabel mempunyai kunci pokok dan / atau kunci tamu. Setiap tabel dan field didefinisikan seperti pada Gambar 3.



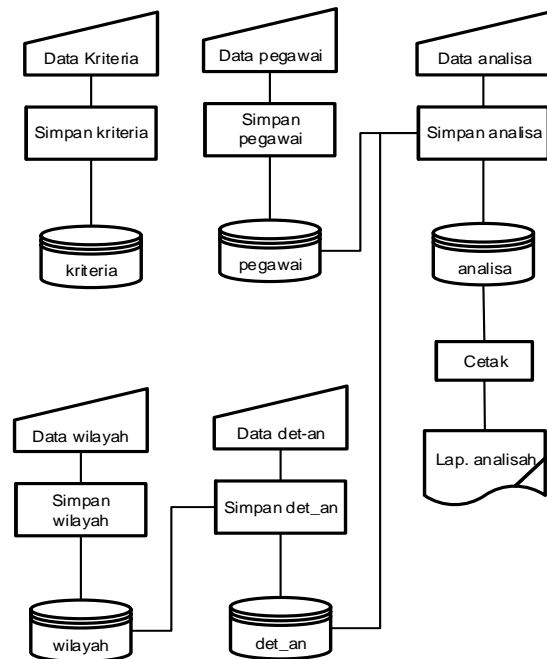
Gambar 3. Rancangan Database

Hasil rancangan database menjadi dasar untuk membuat rancangan konsep sistem yang akan dibangun. Sistem pakar yang dibangun akan dapat diakses oleh pegawai yang berperan sebagai admin. Pegawai yang mengoperasikan sistem dapat memasukkan data analisa, detail analisa, kriteria, pegawai, dan wilayah. Pegawai mendapatkan laporan analisa dari sistem pakar yang diakses. Konsep sistem pakar kesehatan lingkungan permukiman menggunakan certainty factor disajikan berbentuk diagram konteks seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Konteks

Hasil diagram konteks menjadi landasan untuk pembuatan alur proses berjalannya sistem yang akan dibangun. Proses input manual terdapat 5 yaitu input data kritis, pegawai, analisa, wilayah, dan detail analisa. Hasil input manual disimpan pada 5 tabel di database yaitu tabel kriteria, pegawai, analisa, wilayah, dan det_an. Beberapa proses penyimpanan membutuhkan relasi dari data yang disimpan pada tabel yang lain seperti pada proses penyimpanan analisa dan detail analisa. Laporan yang dihasilkan dari sistem berupa laporan analisa yang akan dicetak dari proses cetak analisa berdasarkan data yang ada di tabel analisa. Alur proses berjalannya sistem tertuang pada bagan alir sistem seperti pada Gambar 5.



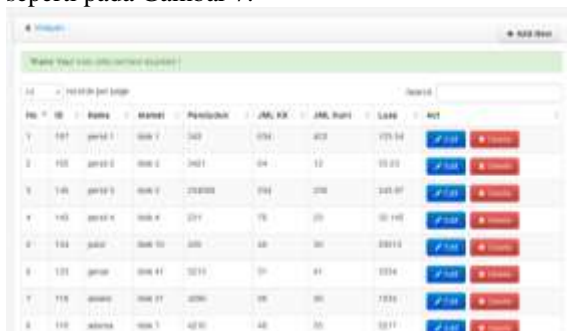
Gambar 5. Bagan Alir Sistem

Seluruh hasil rancangan sistem digunakan sebagai bahan untuk pembangunan aplikasi sistem pakar kesehatan lingkungan permukiman. Aplikasi dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman *Hypertext Preprocessor* (PHP) dengan menggunakan Framework CodeIgniter. Hasil rancangan database diterapkan kedalam sistem manajemen database. Sistem manajemen database yang digunakan yaitu MySQL. Aplikasi berbasis website dengan editor notepad++ dan dijalankan dengan server lokal dengan menggunakan APACHE. MySQL dan APACHE terdapat pada paket aplikasi XAMPP. Uji coba aplikasi yang dibangun dengan menjalankan Aplikasi XAMPP, kemudian jalankan MySQL dan APACHE yang ada di XAMPP. Database yang dibuat dengan nama pakar_mukim dan aplikasi dapat dijalankan dengan mengetikkan http://localhost/expert_mukim pada addressbar web browser. Halaman yang akan muncul pertama kali yaitu halaman login, isikan username dan password kemudian klik tombol Sign In. Halaman utama akan tampil setelah berhasil login. Pada halaman utama terdapat menu dashboard, analisa, wilayah, kriteria, kriteria, pegawai, laporan dan akun. Masing-masing menu mempunyai tugas dan fungsinya sesuai nama menu. Halaman login seperti pada Gambar 6(atas) dan halaman utama seperti pada Gambar 6(bawah).



Gambar 6. Halaman Login(Atas) dan Utama(Bawah)

Menu wilayah digunakan untuk menampilkan halaman wilayah. Pada halaman wilayah dapat mencari (kolom search), mengedit (tombol edit), menghapus (tombol delete) dan menambah (tombol add new) data wilayah. Penambahan data wilayah dapat dilakukan dengan mengisi data-data seperti ID, nama, alamat, jumlah penduduk, jumlah kepala keluarga, jumlah hunian/rumah dan luas. Data dimasukan pada kolom yang telah disediakan. Tombol save untuk menyimpan data dan tombol cancel untuk membatalkan. Halaman wilayah seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Halaman Wilayah

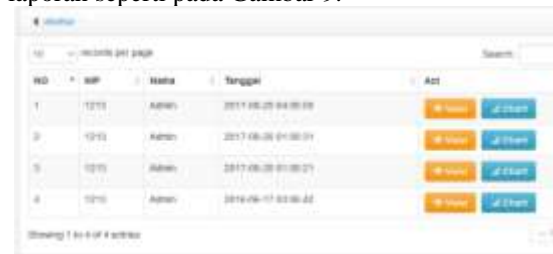
Menu kriteria digunakan untuk menampilkan halaman kriteria. Pada halaman kriteria dapat mencari (kolom search), mengedit (tombol edit), menghapus (tombol delete) dan menambah (tombol add new) data kriteria. Penambahan data kriteria dapat dilakukan dengan mengisi data-data seperti Kode, kriteria, Skor MB Yes, Skor MD Yes, Skor MD No, dan Skor MD No. Data dimasukan pada kolom yang telah disediakan. Tombol save untuk menyimpan data dan tombol cancel untuk

membatalkan. Halaman kriteria seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Halaman Kriteria

Menu laporan digunakan untuk menampilkan halaman laporan analisa klasifikasi. Pada halaman laporan analisa klasifikasi dapat dilakukan untuk mencari (kolom search), melihat data (tombol view), dan melihat grafik (tombol chart) data analisa. Keseluruhan data yang ditampilkan merupakan data yang telah tersimpan pada database. Halaman laporan seperti pada Gambar 9.



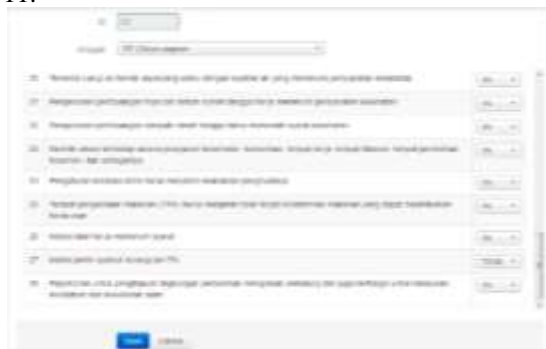
Gambar 9. Halaman Laporan

Hasil analisa klasifikasi dapat dipilih dengan menampilkan data berupa tabel atau grafik. Hasil analisa dapat ditampilkan berupa tabel dengan mengklik tombol view pada halaman laporan. Halaman laporan view akan menampilkan data-data analisa klasifikasi pada database. Data dapat diurutkan sesuai dengan kebutuhan dan dicari dengan memasukan keyword pada kolom search. Tampilan laporan view seperti pada Gambar 10(Atas). Hasil analisa klasifikasi dapat ditampilkan berupa grafik dengan mengklik tombol chart pada halaman laporan. Halaman laporan chart akan menampilkan data-data analisa klasifikasi pada database berupa grafik. Tampilan grafik akan menyesuaikan dengan data klasifikasi yang ada pada database. Keterangan mengenai grafik ada pada masing-masing diagram batang tersebut. Tampilan laporan chart seperti pada Gambar 10(Bawah).



Gambar 10. Halaman Laporan View(Atas) dan Chart (Bawah)

Metode Certanty Factor diadopsi untuk melakukan penalaran dan perhitungan untuk menyelesaikan pembangunan aplikasi sistem pakar. Analisa klasifikasi kesehatan lingkungan permukiman dilakukan dengan terlebih dahulu memilih wilayah, kemudian memilih jawaban (YA atau TIDAK) sesuai dengan 28 butir pertanyaan yang tersedia. Klik tombol save untuk menyimpan dan menganalisis atau klik tombol cancel untuk membatalkan analisa. Wilayah dipilih untuk dusun pageran, kemudian untuk jawaban TIDAK pada butir pertanyaan 3, 9, 18, dan 27, selain itu dipilih jawaban YA. Halaman analisa seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Analisis

Tombol save digunakan untuk melakukan analisis perhitungan dengan menggunakan metode certanty factor, sehingga akan menampilkan data hasil analisis. Berdasarkan analisis sistem pakar kesehatan lingkungan pemukiman didapatkan hasil nilai Skor MB Sudah sehat sebesar 1, Skor MD Sudah Sehat sebesar 0.03, sehingga Skor CF Sudah Sehat sebesar 0.97. Nilai Skor MB Belum Sehat sebesar 0.94 dan Skor MD Belum Sehat sebesar 0.02, sehingga Skor CF Belum Sehat sebesar 0.92. Perbandingan antara nilai Skor CF Sudah Sehat dengan Skor CF Belum sehat yaitu 0.97 dengan 0.92. Perbandingan skor tertinggi diambil sebesar 0.97 milik dari klasifikasi Sudah sehat, sehingga hasil klasifikasi yang diperoleh untuk wilayah

Dusun Pageran adalah Sudah Sehat dengan nilai CF sebesar 0.97. Hasil analisis yang telah dilakukan seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Analisis

Hasil penalaran dan perhitungan Aplikasi Sistem Pakar Kesehatan Lingkungan Permukiman diperbandingkan dengan penalaran dan perhitungan secara manual menggunakan penalaran dan persamaan Metode Certanty Factor. Penalaran dan perhitungan dilakukan untuk klasifikasi sudah sehat dan belum sehat. Klasifikasi sudah sehat terdapat 25 proses perhitungan berdasarkan pilihan jawaban YA. Penalaran dan perhitungan secara manual Sudah Sehat seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Manual Sudah Sehat

Sudah Sehat	
$MB1=MBK1+MBK2*(1-MBK1)$ $MB1=0.6+0.4*(1-0.6)$ $MB1=0.76$	$MD1=MDK1+MDK2*(1-MDK1)$ $MD1=-0.02+0.01*(1-(-0.02))$ $MD1=-0.01$
$MB2=MB1+MBK4*(1-MB1)$ $MB2=0.76+0.4*(1-0.76)$ $MB2=0.85$	$MD2=MD1+MDK4*(1-MD1)$ $MD2=-0.01+0.01*(1-(-0.01))$ $MD2=0.00$
$MB3=MB2+MBK5*(1-MB2)$ $MB3=0.85+0.6*(1-0.85)$ $MB3=0.94$	$MD3=MD2+MDK5*(1-MD2)$ $MD3=0.00+0.02*(1-(0.00))$ $MD3=0.02$
$MB4=MB3+MBK6*(1-MB3)$ $MB4=0.94+0.8*(1-0.94)$ $MB4=0.98$	$MD4=MD3+MDK6*(1-MD3)$ $MD4=0.02+0.01*(1-0.02)$ $MD4=0.03$
$MB5=MB4+MBK7*(1-MB4)$ $MB5=0.98+0.4*(1-0.98)$ $MB5=0.99$	$MD5=MD4+MDK7*(1-MD4)$ $MD5=0.03+0.02*(1-0.03)$ $MD5=0.01$
$MB6=MB5+MBK8*(1-MB5)$ $MB6=0.99+0.4*(1-0.99)$ $MB6=0.99$	$MD6=MD5+MDK8*(1-MD5)$ $MD6=0.01+0.01*(1-0.01)$ $MD6=0.02$
$MB7=MB6+MBK10*(1-MB6)$ $MB7=0.99+0.6*(1-0.99)$ $MB7=0.99$	$MD7=MD6+MDK10*(1-MD6)$ $MD7=0.02+0.01*(1-0.02)$ $MD7=0.01$
$MB8=MB7+MBK11*(1-MB7)$ $MB8=0.99+0.4*(1-0.99)$ $MB8=0.99$	$MD8=MD7+MDK11*(1-MD7)$ $MD8=0.01+0.01*(1-0.01)$ $MD8=0.02$
$MB9=MB8+MBK12*(1-MB8)$ $MB9=0.99+0.8*(1-0.99)$ $MB9=0.99$	$MD9=MD8+MDK12*(1-MD8)$ $MD9=0.02+0.02*(1-0.02)$ $MD9=0.04$
$MB10=MB9+MBK13*(1-MB9)$ $MB10=0.99+0.4*(1-0.99)$ $MB10=0.99$	$MD10=MD9+MDK13*(1-MD9)$ $MD10=0.04+0.01*(1-0.04)$ $MD10=0.03$
$MB11=MB10+MBK14*(1-MB10)$ $MB11=0.99+0.8*(1-0.99)$ $MB11=0.99$	$MD11=MD10+MDK14*(1-MD10)$ $MD11=0.03+0.01*(1-0.03)$ $MD11=0.02$
$MB12=MB11+MBK15*(1-MB11)$ $MB12=0.99+0.6*(1-0.99)$ $MB12=0.99$	$MD12=MD11+MDK15*(1-MD11)$ $MD12=0.02+0.01*(1-0.02)$ $MD12=0.03$
$MB13=MB12+MBK16*(1-MB12)$	$MD13=MD12+MDK16*(1-MD12)$

Sudah Sehat		CF[H,E]1=MB23-MD23	CF[H,E]2=MB3-MD3
MB13=0.99+0.4*(1-0.99)	MD13=0.03+0.01*(1-0.03)	CF[H,E]1=1.00-0.03	CF[H,E]2=0.94-0.02
MB13=0.99	MD13=0.02	CF[H,E]1=0.97	CF[H,E]2=0.92
MB14=MB13+MBK17*(1-MB13)	MD14=MD13+MDK17*(1-MD13)	Hasil Hitung CF	
MB14=0.99+0.6*(1-0.99)	MD14=0.02+0.02*(1-0.02)	CF[H,E]=MAX[CF[H,E]1, CF[H,E]2]	
MB14=0.99	MD14=0.04	CF[H,E]=MAX[0.97, 0.92]	
MB15=MB14+MBK19*(1-MB14)	MD15=MD14+MDK19*(1-MD14)	CF[H,E]=0.97 => CF[H,E]1	
MB15=0.99+0.4*(1-0.99)	MD15=0.04+0.02*(1-0.04)	CF[H,E]1 => Sudah Sehat	
MB15=0.99	MD15=0.02		
MB16=MB15+MBK20*(1-MB15)	MD16=MD15+MDK20*(1-MD15)		
MB16=0.99+0.4*(1-0.99)	MD16=0.02+0.01*(1-0.02)		
MB16=0.99	MD16=0.03		
MB17=MB16+MBK21*(1-MB16)	MD17=MD16+MDK21*(1-MD16)		
MB17=0.99+0.6*(1-0.99)	MD17=0.03+0.02*(1-0.03)		
MB17=0.99	MD17=0.01		
MB18=MB17+MBK22*(1-MB17)	MD18=MD17+MDK22*(1-MD17)		
MB18=0.99+0.4*(1-0.99)	MD18=0.01+0.01*(1-0.01)		
MB18=0.99	MD18=0.02		
MB19=MB18+MBK23*(1-MB18)	MD19=MD18+MDK23*(1-MD18)		
MB19=0.99+0.6*(1-0.99)	MD19=0.02+0.02*(1-0.02)		
MB19=0.99	MD19=0.00		
MB20=MB19+MBK24*(1-MB19)	MD20=MD19+MDK24*(1-MD19)		
MB20=0.99+0.4*(1-0.99)	MD20=0.00+0.01*(1-0.00)		
MB20=0.99	MD20=0.01		
MB21=MB20+MBK25*(1-MB20)	MD21=MD20+MDK25*(1-MD20)		
MB21=0.99+0.6*(1-0.99)	MD21=0.01+0.01*(1-0.01)		
MB21=0.99	MD21=0.00		
MB22=MB21+MBK26*(1-MB21)	MD22=MD21+MDK26*(1-MD21)		
MB22=0.99+0.8*(1-0.99)	MD22=0.00+0.01*(1-0.00)		
MB22=0.99	MD22=0.01		
MB23=MB22+MBK28*(1-MB22)	MD23=MD22+MDK28*(1-MD22)		
MB23=0.99+0.6*(1-0.99)	MD23=0.01+0.02*(1-0.01)		
MB23=1	MD23=0.03		

Penalaran dan perhitungan menggunakan Metode Certainty Factor dilakukan untuk klasifikasi sudah sehat dan belum sehat. Klasifikasi belum sehat terdapat 3 proses perhitungan berdasarkan pilihan jawaban Tidak. Penalaran dan perhitungan secara manual Belum Sehat seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Manual Belum Sehat

Belum Sehat	
MB1=MBK3+MBK9*(1-MBK3)	MD1=MDK3+MDK9*(1-MDK3)
MB1=0.4+0.6*(1-0.4)	MD1=0.02+0.01*(1-0.02)
MB1=0.76	MD1=0.02
MB2=MB1+MBK18*(1-MB1)	MD2=MD1+MDK18*(1-MD1)
MB2=0.76+0.4*(1-0.76)	MD2=0.02+0.01*(1-0.02)
MB2=0.85	MD2=0.04
MB3=MB2+MBK27*(1-MB2)	MD3=MD2+MDK28*(1-MD2)
MB3=0.85+0.6*(1-0.85)	MD3=0.04+0.02*(1-0.04)
MB3=0.94	MD3=0.02

Hasil penalaran dan perhitungan klasifikasi sudah sehat dan belum sehat menggunakan metode Certainty Factor menjadi dasar melakukan perhitungan hasil nilai CF. Hasil klasifikasi Sudah Sehat dan Belum Sehat dihitung dengan mencari nilai maksimal dari hasil kedua nilai CF. Perhitungan secara manual hasil CF seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Hasil CF

Sudah Sehat	Belum Sehat
-------------	-------------

Berdasarkan penalaran dan perhitungan secara manual, maka kesehatan permukiman dan lingkungan permukiman di wilayah Dusun Pageran dapat diklasifikasikan menjadi Sudah Sehat dengan nilai CF=0.97. Penalaran dan perhitungan secara manual dan secara tersistem menggunakan aplikasi sistem pakar yang telah dibangun mempunyai kesamaan. Metode Certainty Factor dapat dipergunakan untuk penalaran dan perhitungan kesehatan lingkungan permukiman. Metode tersebut diadopsi untuk membangun aplikasi sistem pakar kesehatan lingkungan permukiman. Nilai skor klasifikasi Sudah Sehat dan Belum Sehat mempunyai kesamaan antara perhitungan manual dan sistem pakar. Hal tersebut dapat dijadikan bukti bahwa aplikasi sistem pakar yang dibangun dapat digunakan oleh pemangku kepentingan untuk membantu klasifikasi kesehatan lingkungan permukiman yang dilakukan setiap tahun. Data klasifikasi akan tersimpan dengan baik di database dan dapat diperbandingkan peningkatan atau penurunan setiap wilayah pada setiap tahun. Hasil klasifikasi dapat dijadikan acuan kebijakan dan bentuk pelaporan kesehatan lingkungan permukiman setiap tahun oleh pemangku kepentingan.

SIMPULAN

Aplikasi sistem pakar klasifikasi kesehatan lingkungan permukiman dibangun untuk memudahkan pemangku kepentingan dalam mengklasifikasikan kesehatan lingkungan permukiman pada suatu wilayah. Klasifikasi kesehatan lingkungan permukiman terdiri dari Sudah Sehat dan Belum Sehat berdasarkan 7 aspek yang terdistribusi kedalam 28 butir pertanyaan. Aplikasi berbasis website dengan mengadopsi metode certainty factor untuk penalaran dan perhitungan. Hasil penalaran dan perhitungan secara manual dan secara aplikasi memiliki hasil analisis yang sama. Aplikasi dapat membantu pemangku kepentingan untuk mengklasifikasikan kesehatan lingkungan permukiman yang dilakukan setiap tahun. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan metode, konsep, kerangka kerja, atau teknologi terbaru.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Universitas Islam Negeri Profesor Kiai Haji

Saifuddin Zuhri, Universitas Teknologi Mataram, Pemangku Kepentingan tentang Kesehatan lingkungan, dan Pemangku Kepentingan tentang lingkungan permukiman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Mutaqin, C. Persada, and E. Suroso, "Prioritas Penentuan Peningkatan Kualitas Lingkungan Permukiman Kumuh Yang Berkelanjutan," *J. Presipitasi*, vol. 16, no. 2, pp. 22–32, 2019.
- [2] A. Hariyanto, "Strategi Penanganan Kawasan Kumuh Sebagai Upaya Menciptakan Lingkungan Perumahan Dan Permukiman Yang Sehat," *J. PWK UNISBA*, vol. 7, no. 2, p. 37, 2007.
- [3] S. Keman, "Kesehatan Perumahan dan Lingkungan Pemukiman," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 2, no. 1, pp. 29–42, 2005.
- [4] T. Budiarto, "Arahan Rekomendasi Pola Ruang Ideal Untuk Pembangunan Dan Pengembangan Perumahan Dan Kawasan Permukiman Di Kabupaten Poso Provinsi Sulawesi Tengah," *J. Ilm. Ecosyst.*, vol. 21, no. 1, pp. 138–157, 2021.
- [5] Y. Heriyanti and A. Zikri, "Pembinaan dan Pengawasan Pemerintah Terhadap Penyelenggaraan Perumahan dan Kawasan Permukiman Menurut UU No. 1 Tahun 2011," *J. ArTsip*, vol. 01, no. 02, pp. 65–73, 2019.
- [6] F. S. D. Lambris, R. Syafriny, and R. M. S. Lakat, "Anasis Kesesuaian Lahan Untuk Pengembangan Perumahan dan Kawasan Permukiman di Kecamatan Talawaan Kabupaten Minahasa Utara," *J. Sabua*, vol. 10, no. 1, pp. 13–23, 2021.
- [7] I. Umar, I. Dewata, and E. Barlian, "Implementasi Rencana Tata Ruang Permukiman Dan Arahan Kebijakan Pembangunan Di Kabupaten Tanah Datar, Provinsi Sumatera Barat," *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung. (Journal Nat. Resour. Environ. Manag.*, vol. 9, no. 2, pp. 276–287, 2019.
- [8] S. B. Pratiwi, Triyatno, and F. Syahar, "Klasifikasi Kualitas Permukiman Menggunakan Citra Quickbird Di Kecamatan Mandiangin Koto Selayan Kota Bukittinggi," *J. Geogr.*, vol. 7, no. 1, pp. 109–123, 2018.
- [9] Y. K. Nugraha, A. L. Nugraha, and A. P. Wijaya, "Pemanfaatan SIG Untuk Menentukan Lokasi Potensial Pengembangan Kawasan Perumahan Dan Permukiman," *J. Geod. Undip*, vol. 3, no. 4, pp. 50–59, 2014.
- [10] N. Amri, "Karakteristik Lingkungan Permukiman Kumuh Tepian Sungai Kecamatan Kolaka, Sulawesi Tenggara," *J. Jupiter*, vol. 12, no. 1, pp. 1–10, 2013.
- [11] Pemerintah RI, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan Dan Kawasan Permukiman*. Indonesia, 2011.
- [12] Pemerintah RI, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2021 Tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2016 Tentang Penyelenggaraan Perumahan Dan Kawasan Permukiman*. Indonesia, 2021.
- [13] A. A. Pamurti and D. Prabowo, "Kajian Kesehatan Lingkungan Permukiman di Kawasan Perdagangan Petudungan Kota Lama Semarang," *J. Planoearth*, vol. 6, no. 1, pp. 23–28, 2021.
- [14] R. Setiawan, Ernawati, and R. Efendi, "Klasifikasi Kawasan Permukiman Tingkat Kelurahan Untuk Pembangunan Sistem Berbasis Data Kualitas Permukiman," *J. Pseudocode*, vol. V, no. 1, pp. 45–55, 2018.
- [15] T. Heriyawan, "Kajian Kualitas Kesehatan Lingkungan Permukiman Di Kecamatan Purwokerto Barat Kabupaten Banyumas Dengan Menggunakan Citra Satelit IKONOS," *J. Bina Cipta Husada*, vol. 16, no. 1, pp. 21–31, 2020.
- [16] I. Trisnaini, H. Idris, and I. G. Purba, "Kajian Sanitasi Lingkungan Pemukiman di Bantaran Sungai Musi Kota Palembang," *J. Kesehat. Lingkung. Indones.*, vol. 18, no. 2, p. 67, 2019.
- [17] Z. Maulidya and Surtani, "Tingkat Pengetahuan Masyarakat Tentang Pengelolaan Kesehatan Lingkungan Permukiman Di Nagari Sicincin Kecamatan 2X11 Enam Lingkung Kabupaten Padang Pariaman," *J. Buana*, vol. 4, no. 1, pp. 226–234, 2020.
- [18] I. Dharmayanti, D. H. Tjandrarini, P. S. Hidayangsih, and O. Nainggolan, "Pengaruh Kondisi Kesehatan Lingkungan Dan Sosial Ekonomi Terhadap Kesehatan Mental Di Indonesia," *J. Ekol. Kesehat.*, vol. 17, no. 2, pp. 64–74, 2018.
- [19] I. M. Ihsan, M. Yani, R. Hidayat, and T. Permatasari, "Fluktuasi Cemar Udara Partikulat dan Tingkat Risikonya terhadap Kesehatan Masyarakat Kota Bogor," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 22, no. 1, pp. 038–047, 2021.
- [20] Menteri Kesehatan RI, *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 829/Menkes/SK/VII/1999 tentang Persyaratan Kesehatan Perumahan*. Jakarta, Indonesia, 1999.
- [21] M. A. U. Naser and S. M. Hasen, "Design an expert system for students graduation projects in Iraq universities: Basrah University," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 602–610, 2021.
- [22] F. Inusah, Y. Marfo, U. Najim, and F. Twum, "Integrating expert system in managing basic education : A survey in Ghana," *Int. J. Inf. Manag. Data Insights*, vol. 3, no. 1, p. 100166, 2023.
- [23] D. Adellia, A. C. Siregar, and S. P. Alkadri, "Penerapan Metode Certainty Factor Pada Sistem Pakar Diagnosa Hama dan Penyakit Pada Tanaman Tomat," *JEPIN(Jurna Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 451–458, 2022.
- [24] A. R. Saraswati, Y. Sainika, A. Nur, A. Thohari, and A. R. Iskandar, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ikan Gurami (Osphronemus Goramy) Menggunakan Case Based Reasoning Expert System for Diagnosis of Gurami Fish (Osphronemus Goramy) Disease Using Case Based Reasoning," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 4, pp. 779–786, 2020.
- [25] A. Seppewali, W. H. Mulyo, and Riswan, "Sistem Pakar Diagnosa Kerusakan Motor Suzuki Smash Titan 115 Cc Menggunakan Metode Forward Chaining," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 13–20, 2023.
- [26] R. Adawiyah and F. Handayani, "Rancang Bangun Case Based Reasoning untuk Diagnosis Hama dan Penyakit Tanaman Nilam menggunakan Nearest Neighbor Kombinasi Certainty Factor," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 3, p. 477, 2020.
- [27] A. H. Aji, M. T. Furqon, and A. W. Widodo, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ibu Hamil Menggunakan Metode Certainty Factor (CF)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 5, pp. 2127–2134, 2018.
- [28] A. Anggrawan, S. Satuang, and M. N. Abdillah, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ayam Broiler Menggunakan Forward Chaining dan Certainty Factor," *MATRIK J. Manajemen. Tek. Inform. dan Rekayasa Komput.*, vol. 20, no. 1, pp. 97–108, 2020.
- [29] A. Pépin, M. V. Guidoboni, P. Jeanneret, and H. M. G. van der Werf, "Using an expert system to assess biodiversity in life cycle assessment of vegetable crops," *Ecol. Indic.*, vol. 148, no. March, 2023.
- [30] M. Jufri and D. P. Caniago, "Perancangan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Otitis Menggunakan Metode Forward Chaining Dan Certainty Factors," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 4, no. 2, pp. 333–340, 2021.
- [31] Suhadi, M. Nur, Sulistyowati, and A. Suroso, "Matic motorcycle transmission damage detection system using internet of things-based expert system," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 26, no. 2, pp. 1018–1026, 2022.
- [32] J. H. Priyanka and N. Parveen, "Online employment portal architecture based on expert system," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 25, no. 3, pp. 1731–1735, 2022.
- [33] M. I. Mohd Sani, N. A. S. Abdullah, and M. M. Rosli,

- “Review on hypertension diagnosis using expert system and wearable devices,” *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 12, no. 3, pp. 3166–3175, 2022.
- [34] I. P. Sari and A. Priyanto, “Sistem Pakar Berbasis Android Diagnosis Penyakit Hepatitis Menggunakan Metode Certainty Factor dengan Penelusuran Forward Chaining,” *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 6, no. 3, p. 393, 2020.
- [35] N. I. Kurniati, H. Mubarak, and A. Reinaldi, “Rancang Bangun Sistem Pakar Diagnosa tingkat Depresi Pada Mahasiswa Tingkat Akhir Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto(Studi Kasus : Universitas Siliwangi),” *J. Online Inform.*, vol. 2, no. 1, p. 49, 2017.
- [36] D. I. Putri and P. Sidiq, “Perancangan Expert System Development Life Cycle Pada Sistem Pakar Forward Chaining Sebagai Media Pembelajaran,” *JOEAI J. Educ. Instr.*, vol. 3, no. 2, pp. 322–331, 2020.