

Sistem Pakar Analisis Risiko Keselamatan Kerja Menggunakan Metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*

Khansa Danish Aqeela

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Bina Insani, Indonesia

khansadanishaqeela@gmail.com

Abstrak

Kata Kunci: Analisis Risiko; <i>Certainty Factor</i> ; <i>Forward Chaining</i> ; Keselamatan Kerja; Sistem Pakar;	Keselamatan kerja merupakan aspek penting dalam kegiatan fabrikasi karena berbagai aktivitas kerja memiliki potensi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Proses identifikasi dan analisis risiko yang ada di PT Binder Indonesia masih dilakukan secara manual, sering kali memerlukan waktu yang cukup lama serta bergantung pada ketersediaan pakar K3. Kondisi tersebut dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengambilan tindakan pengendalian risiko. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pakar berbasis web yang dapat membantu proses analisis risiko keselamatan kerja pada area fabrikasi. Metode <i>Forward Chaining</i> digunakan untuk mengidentifikasi risiko berdasarkan aktivitas kerja dan kondisi bahaya yang dipilih pengguna, sedangkan metode <i>Certainty Factor</i> digunakan untuk menghitung tingkat keyakinan terhadap risiko yang teridentifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi risiko keselamatan kerja dan memberikan tingkat keyakinan, kategori risiko, serta rekomendasi pengendalian sesuai kondisi yang dipilih pengguna.
---	---

Abstract

Keywords: <i>Certainty Factor</i> ; Expert System; <i>Forward Chaining</i> ; Occupational Safety; Risk Analysis	<i>Occupational safety is an important aspect of fabrication activities because various work activities have potential hazards that may cause occupational accidents. The risk identification and analysis process at PT Binder Indonesia is still performed manually, often requiring considerable time and depending on the availability of occupational safety and health (OSH) experts. This condition may lead to delays in taking risk control measures. This study aims to develop a web-based expert system to assist the occupational safety risk analysis process in the fabrication area. The Forward Chaining method is used to identify risks based on the work activities and hazardous conditions selected by users, while the Certainty Factor method is used to calculate the confidence level of the identified risks. The results show that the system is capable of identifying occupational safety risks and providing confidence levels, risk categories, and control recommendations based on the conditions selected by users.</i>
---	--

1.PENDAHULUAN

Keselamatan kerja merupakan tindakan yang diambil untuk menjaga pekerja dari potensi bahaya kecelakaan dan penyakit yang berkaitan dengan pekerjaan, serta untuk menciptakan suasana kerja yang aman, kondusif, dan sehat [1]. Risiko dapat diartikan sebagai kemungkinan terjadinya peristiwa yang merugikan, dapat disebabkan dari ketidakpastian yang akan dihadapi. Pengertian kecelakaan adalah kejadian yang tidak direncanakan, tidak terduga, tidak diharapkan serta tidak ada unsur kesengajaan. Kejadian tersebut biasanya bersifat fisik dan merugikan [2]. Analisis risiko merupakan

suatu metode identifikasi yang dilakukan ketika ada potensi bahaya. Saat melakukan analisis risiko, penting memiliki informasi atau data sebagai bahan untuk dipertimbangkan saat menentukan pengendalian [3]. Tujuan dari analisis risiko untuk mengukur sebesar mana risiko yang ada dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya risiko dan besarnya akibat yang ditimbulkan [4].

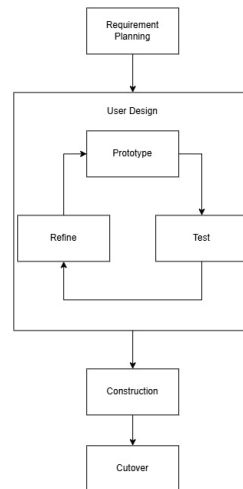
Salah satu sektor industri yang memiliki potensi risiko keselamatan kerja cukup tinggi adalah industri manufaktur berbasis baja, khususnya pada bagian fabrikasi di PT Binder Indonesia. Fabrikasi merupakan suatu aktivitas industri yang bertujuan untuk mengolah, memproses, dan menciptakan produk mesin maupun struktur sehingga mempunyai nilai jual [5]. Aktivitas kerja yang dilakukan di area fabrikasi memiliki berbagai potensi bahaya yang dapat menimbulkan risiko kecelakaan kerja bagi para pekerja. Bahaya potensial berarti hal-hal yang mungkin terjadi dan mengakibatkan kerugian. Risiko kecelakaan kerja di sisi lain adalah gabungan dari konsekuensi dan kombinasi dari kejadian yang berbahaya serta peluang terjadinya kejadian tersebut [6]. Pada kondisi saat ini, proses identifikasi dan analisis risiko keselamatan kerja masih dilakukan secara manual menggunakan excel sehingga memerlukan waktu yang cukup lama dalam menentukan tingkat risiko dari suatu pekerjaan.

Dalam membantu proses analisis risiko tersebut, salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah sistem pakar. Sistem pakar ialah sebuah sistem yang bertujuan untuk mentransfer pengetahuan manusia kepada komputer agar komputer tersebut dapat memecahkan masalah layaknya seorang pakar [7]. Dalam penelitian ini, sistem pakar ini menggunakan metode *forward chaining* dan *certainty factor*. *Forward Chaining* merupakan suatu metode yang bergerak maju ke depan dengan menggabungkan aturan-aturan untuk mencapai sebuah tujuan. Dengan teknik ini, mesin inferensi dapat mengalihkan penalaran dari suatu masalah kepada solusinya [8]. *Certainty Factor* adalah suatu metode yang digunakan untuk mengungkapkan tingkat keyakinan dalam sebuah Insiden (hipotesis atau fakta) yang berlandaskan penilaian pakar atau bukti yang ada. *Certainty Factor* biasa digunakan untuk pengambilan keputusan dalam menghadapi ketidakpastian sebuah kejadian [9].

Metode sistem pakar telah digunakan untuk membantu proses identifikasi risiko keselamatan kerja berdasarkan kondisi bahaya yang terdapat di lingkungan kerja. Pada penelitian ini menerapkan dua metode yaitu *forward chaining* dan *certainty factor* untuk membangun sistem pakar yang menghubungkan aktivitas kerja dan kondisi bahaya dengan risiko kecelakaan kerja serta menghitung tingkat keyakinan terhadap risiko yang telah teridentifikasi. Selain proses inferensi dan perhitungan tingkat keyakinan, sistem yang dikembangkan juga bertujuan untuk menyediakan fitur pengelolaan data, basis pengetahuan, perhitungan tingkat keyakinan, riwayat konsultasi, serta laporan hasil analisis sehingga dapat membantu proses analisis risiko secara lebih terstruktur.

2.METODE PENELITIAN

Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Rapid Application Development* (RAD). RAD menekankan pada siklus pembangunan pendek, singkat, dan cepat. Waktu yang singkat adalah batasan yang penting untuk model ini. *Rapid application development* menggunakan metode *iterative* (berulang) dalam mengembangkan sistem dimana *working model* (model bekerja) sistem dikonstruksikan diawal tahap pengembangan dengan tujuan menetapkan kebutuhan (*requirement*) user dan selanjutnya disingkirkan. *Working model* digunakan kadang-kadang saja sebagai basis desain dan implementasi sistem final. Dengan memakai metode sistem *Rapid Application Development* suatu pengembangan dengan waktu yang relatif cepat dan singkat [10]. Tahapan alur metode RAD dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Alur Metode RAD

A. *Requirement Planning*

Requirement planning merupakan tahap yang dimulai dengan sebuah pertemuan antara pengembang dan calon pengguna sistem informasi yang akan dibangun. Pengembang mengumpulkan informasi kebutuhan pengguna terhadap sistem informasi yang akan dikembangkan [11].

B. *User Design*

Pada fase ini, partisipasi *user* berperan sangat penting untuk mencapai target karena dalam proses ini melakukan proses desain dan melakukan perbaikan-perbaikan apabila masih terdapat ketidaksesuaian desain antara *user* dan *analyst*. Seorang *user* dapat langsung memberikan masukan apabila terdapat ketidaksesuaian pada desain, merancang sistem dengan merujuk pada dokumentasi kebutuhan *user* yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya [12].

C. *Construction*

Setelah desain sistem disetujui, tim pengembang melanjutkan ke tahap pengembangan penuh dari aplikasi. Langkah ini mencakup pemrograman, pengujian unit, dan penggabungan elemen sistem. RAD memungkinkan pengembangan yang cepat karena beberapa komponen dapat dibangun secara paralel. Proses pengujian dilakukan untuk memastikan setiap komponen berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan [13].

D. *Cutover*

Cutover merupakan fase yang dilakukan untuk pengujian atau testing. Pengujian dilakukan dengan menggunakan Black Box Testing yang berfokus pada pengujian fungsionalitas sistem. Pada fase ini akan disimpulkan, apakah website sudah memenuhi syarat [14].

Metode dalam sistem pakar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *forward chaining* dan *certainty factor*.

A. *Forward Chaining*

Forward chaining dalam sistem pakar adalah jenis sistem yang digunakan untuk melakukan identifikasi terhadap permasalahan yang ada. Umumnya, pendekatan ini sering dipakai untuk menangani permasalahan yang kompleks dengan memanfaatkan algoritma berdasarkan aturan yang ada. Metode ini memungkinkan sistem pakar untuk mengumpulkan informasi atau data yang diinput oleh pengguna, dan selanjutnya mencocokkannya dengan pengetahuan yang telah diarsipkan dalam sistem [15]. Dalam penelitian ini, *forward chaining* bekerja dengan cara mencocokkan fakta-fakta yang diberikan oleh pengguna yaitu aktivitas kerja dan kondisi bahaya dengan *rule* atau aturan yang tersimpan dalam basis pengetahuan

sistem. Setiap kali ditemukan rule yang cocok, sistem akan mengidentifikasi risiko keselamatan kerja yang terkait.

B. *Certainty Factor*

Certainty Factor merupakan suatu metode untuk menilai apakah suatu fakta itu pasti atau tidak yang berbentuk metrik dan umumnya digunakan dalam sistem pakar. Metode ini sangat cocok untuk sistem pakar yang melakukan analisis terhadap hal yang belum pasti [16]. Dalam penelitian ini, *certainty factor* menghitung tingkat keyakinan terhadap setiap risiko yang teridentifikasi. Apabila terdapat lebih dari satu kondisi bahaya yang menghasilkan risiko yang sama, maka dilakukan proses kombinasi nilai *Certainty Factor* menggunakan rumus *CF Combine*.

Nilai *certainty factor* setiap kondisi bahaya dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CF(H,E) = CF_{\text{pakar}} \times CF_{\text{user}}$$

dengan $CF(H,E)$ adalah nilai *certainty factor* untuk kondisi bahaya, CF_{pakar} adalah bobot atau nilai keyakinan pakar untuk setiap kondisi bahaya, dan CF_{user} nilai keyakinan pengguna terhadap kondisi bahaya.

Jika ada lebih dari satu kondisi bahaya pada risiko, nilai *certainty factor* dikombinasikan menggunakan rumus

$$CF_{\text{combine}} = CF_1 + CF_2 (1 - CF_1)$$

dengan CF_1 merupakan nilai *certainty factor* hasil perhitungan sebelumnya dan CF_2 adalah nilai *certainty factor* untuk kondisi bahaya berikutnya. Proses penggabungan dilakukan secara bertahap (*iterative combination*) sampai semua kondisi bahaya pada risiko telah dihitung [17].

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada area fabrikasi di PT Binder Indonesia. Kemudian pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang diperlukan dalam pengembangan sistem. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi pada aktivitas kerja di area fabrikasi serta wawancara dengan pakar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yaitu Supervisor HSE. Hasil observasi digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas kerja dan kondisi bahaya yang ditemukan di area fabrikasi, diperoleh 6 aktivitas kerja, 18 kondisi bahaya, dan 11 risiko. Selanjutnya, hasil wawancara dengan pakar K3 untuk memvalidasi hubungan antara aktivitas kerja, kondisi bahaya, dan risikonya. Kemudian menentukan kebutuhan sistem, kebutuhan pengguna, dan penyusunan basis pengetahuan berdasarkan data yang telah diperoleh. Setelah masalah diidentifikasi, tahap selanjutnya adalah melakukan pengembangan yang dimana proses rancangan sistem ke dalam bentuk aplikasi berbasis *website*.

Dalam sistem pakar analisis risiko keselamatan kerja ini, basis pengetahuan terdiri dari tiga komponen utama, yaitu data kondisi bahaya yang diperoleh dari hasil observasi dan digunakan sebagai fakta atau masukan dalam proses inferensi, data risiko kecelakaan kerja yang digunakan sebagai kesimpulan atau hipotesis sistem, dan *rule* atau aturan yang menghubungkan kondisi bahaya dengan risiko beserta nilai *certainty factor* pakar.

Berikut merupakan aktivitas kerja pada area fabrikasi di PT Binder Indonesia:

Tabel 1. Aktivitas Kerja

No	Aktivitas Kerja	Deskripsi
1	Welding	Proses pengelasan logam menggunakan mesin las listrik atau gas untuk menyambung komponen fabrikasi.
2	Menggerinda	Proses penggerindaan logam untuk menghaluskan, memotong, atau membentuk material menggunakan mesin gerinda.
3	Mengoperasikan Crane	Pengoperasian crane untuk mengangkat dan memindahkan material berat di area produksi.

Operasional		
4	Forklift Pemindahan Produk	Pengoperasian forklift untuk memindahkan produk dan material di area gudang dan produksi.
5	Manual Handling Bekerja	Aktivitas mengangkat, membawa, mendorong, atau menarik beban secara manual oleh pekerja.
6	Menggunakan Pahat, Alat Stamp, Palu	Proses fabrikasi menggunakan alat tangan seperti pahat, alat stamp, dan palu untuk membentuk atau menandai material.

Berikut ini adalah beberapa data kondisi bahaya yang telah diidentifikasi pada area fabrikasi PT Binder Indonesia:

Tabel 2. Kondisi Bahaya

Kode	Kondisi Bahaya	Deskripsi
KB01	Terkena bunga api	Percikan bunga api dari proses pengelasan atau pemotongan logam yang dapat mengenai pekerja
KB02	Radiasi cahaya	Paparan cahaya berlebih dari proses pengelasan yang dapat merusak mata
KB03	Terpapar asap dan debu	Menghirup asap las, debu logam, atau partikel halus selama proses kerja
KB04	Kabel terkelupas	Kabel listrik yang terkelupas isolasinya sehingga berpotensi menyebabkan sengatan listrik
KB05	Kebisingan	Paparan suara berlebih dari mesin gerinda, palu, atau alat berat lainnya
KB06	Terkena serpihan logam	Serpihan logam yang terpental saat proses penggerindaan mengenai bagian tubuh pekerja
KB07	Terpotong	Risiko terpotong oleh mata gerinda atau benda tajam lainnya selama proses kerja
KB08	Terdorong ayunan crane	Pekerja terdorong oleh ayunan beban yang digantung crane saat operasi pengangkatan
KB09	Terhantam hook dan barang	Terhantam oleh hook crane atau barang yang sedang diangkat/dipindahkan
KB10	Terjepit saat mengaitkan hook	Jari atau tangan terjepit saat proses mengaitkan hook crane ke beban
KB11	Terserempet/tertabrak forklift	Pekerja terserempet atau tertabrak forklift yang sedang beroperasi di area kerja
KB12	Cara mengangkat yang salah	Teknik mengangkat beban yang tidak ergonomis sehingga membebani tulang belakang
KB13	Beban angkat berat dan terus menerus	Mengangkat beban berat secara berulang dan terus menerus tanpa istirahat cukup
KB14	Tergores	Tergores oleh permukaan logam tajam atau tepi material selama proses kerja
KB15	Terkena pukulan palu	Palu meleset dan mengenai tangan atau bagian tubuh pekerja saat memukul
KB16	Alat stamping meleset	Alat stamp atau pahat meleset dari target sehingga mengenai tangan pekerja
KB17	Salah posisi ergonomis	Posisi kerja yang tidak ergonomis dalam waktu lama saat menggunakan alat tangan
KB18	Hantaran panas	Panas yang merambat melalui material logam saat atau setelah proses pengelasan

Selanjutnya adalah data risiko kecelakaan kerja yang dapat terjadi di area fabrikasi PT Binder Indonesia:

Tabel 3. Risiko

Kode Risiko	Risiko	Deskripsi	Solusi Pengendalian
KR01	Luka bakar	Kerusakan jaringan kulit akibat paparan panas, api, atau percikan bunga api	Gunakan APD tahan panas (sarung tangan, apron). Sediakan APAR di dekat area kerja.
KR02	Gangguan penglihatan	Kerusakan atau iritasi mata akibat paparan cahaya berlebih, percikan, atau debu	Gunakan kacamata las/safety goggles sesuai standar. Pasang pelindung cahaya.
KR03	Gangguan pernapasan	Iritasi atau kerusakan saluran pernapasan akibat menghirup asap, debu, atau partikel	Gunakan masker respirator. Pastikan ventilasi memadai. Pasang exhaust fan.
KR04	Sengatan listrik	Cedera akibat aliran listrik yang melewati tubuh karena kontak dengan kabel/peralatan bertegangan	Periksa kondisi kabel berkala. Gunakan sarung tangan isolasi. Pasang ELCB/GFCI.
KR05	Gangguan pendengaran	Penurunan kemampuan pendengaran akibat paparan kebisingan berlebih secara terus-menerus	Gunakan earplug atau earmuff. Batasi waktu paparan kebisingan.
KR06	Luka gores	Luka pada permukaan kulit akibat gesekan atau goresan benda tajam seperti serpihan logam	Gunakan sarung tangan dan lengan panjang. Bersihkan area kerja dari serpihan.
KR07	Luka sayat	Luka terbuka yang lebih dalam akibat terpotong benda tajam seperti mata gerinda	Gunakan sarung tangan anti potong. Pastikan pelindung mesin terpasang.
KR08	Luka memar	Cedera pada jaringan lunak akibat benturan benda tumpul tanpa luka terbuka	Gunakan helm safety. Pasang barrier pengaman. Terapkan zona aman.
KR09	Cedera tangan	Cedera pada tangan berupa terjepit, terkilir, atau patah akibat kontak dengan peralatan	Gunakan sarung tangan pelindung. Ikuti prosedur pengaitan hook yang benar.
KR10	Low Back Pain (LBP)	Nyeri punggung bawah akibat teknik mengangkat yang salah atau posisi kerja tidak ergonomis	Gunakan back support belt. Terapkan teknik mengangkat yang benar.
KR11	Hernia	Penonjolan organ dalam melalui dinding otot yang melemah akibat mengangkat beban berat berulang	Batasi beban angkat sesuai kapasitas. Gunakan alat bantu angkat.

Basis pengetahuan sistem pakar ini direpresentasikan dalam bentuk aturan (*rule*) IF-THEN yang menghubungkan aktivitas kerja dan kondisi bahaya dengan risiko kecelakaan kerja, beserta nilai *certainty factor* pakar. Berdasarkan hasil konsultasi dengan pakar K3, sebanyak 22 rule yang diajukan dinyatakan sesuai dan dapat digunakan dalam *knowledge base*. Berikut ini adalah tabel *rule* basis pengetahuan yang digunakan dalam sistem:

Tabel 4. Rule

Rule	IF (Aktivitas Kerja AND Kondisi Bahaya)	THEN (Risiko)	CF Pakar
R1	Welding AND Terkena bunga api (KB01)	Luka bakar (KR01)	0,80
R2	Welding AND Radiasi cahaya (KB02)	Gangguan penglihatan (KR02)	0,85
R3	Welding AND Terpapar asap dan debu (KB03)	Gangguan pernapasan (KR03)	0,75
R4	Welding AND Kabel terkelupas (KB04)	Sengatan listrik (KR04)	0,90
R5	Welding AND Hantaran panas (KB18)	Luka bakar (KR01)	0,70
R6	Menggerinda AND Kebisingan (KB05)	Gangguan pendengaran (KR05)	0,80
R7	Menggerinda AND Terkena serpihan logam (KB06)	Luka gores (KR06)	0,75
R8	Menggerinda AND Terpapar asap dan debu (KB03)	Gangguan pernapasan (KR03)	0,70
R9	Menggerinda AND Terpotong (KB07)	Luka sayat (KR07)	0,85
R10	Menggerinda AND Kabel terkelupas (KB04)	Sengatan listrik (KR04)	0,90
R11	Mengoperasikan Crane AND Terdorong ayunan crane (KB08)	Luka memar (KR08)	0,75
R12	Mengoperasikan Crane AND Terhantam hook dan barang (KB09)	Luka memar (KR08)	0,80
R13	Mengoperasikan Crane AND Terjepit saat mengaitkan hook (KB10)	Cedera tangan (KR09)	0,85
R14	Operasional Forklift AND Terserempet/tertabrak (KB11)	Luka memar (KR08)	0,85
R15	Operasional Forklift AND Terpapar asap dan debu (KB03)	Gangguan pernapasan (KR03)	0,65
R16	Manual Handling AND Cara mengangkat yang salah (KB12)	Low Back Pain (KR10)	0,85
R17	Manual Handling AND Beban berat terus menerus (KB13)	Hernia (KR11)	0,80
R18	Pahat/Alat Stamp/Palu AND Kebisingan (KB05)	Gangguan pendengaran (KR05)	0,75
R19	Pahat/Alat Stamp/Palu AND Tergores (KB14)	Luka gores (KR06)	0,70
R20	Pahat/Alat Stamp/Palu AND Terkena pukulan palu (KB15)	Luka memar (KR08)	0,80
R21	Pahat/Alat Stamp/Palu AND Alat stamping meleset (KB16)	Luka memar (KR08)	0,75
R22	Pahat/Alat Stamp/Palu AND Salah posisi ergonomis (KB17)	Low Back Pain (KR10)	0,70

Nilai keyakinan yang diberikan oleh pakar K3 terhadap hubungan antara kondisi bahaya dan risiko tertentu yang akan digunakan oleh user atau CF user yang dijabarkan dalam tabel berikut:

Tabel 5. Nilai Keyakinan

No	Certainty Term	Nilai
1	Tidak Yakin	0,2
2	Kurang Yakin	0,4
3	Cukup Yakin	0,6
4	Yakin	0,8
5	Sangat Yakin	1

Kemudian, nilai Certainty Factor (CF) yang diperoleh dari proses inferensi dikonversi ke dalam bentuk persentase untuk memudahkan pengguna dalam memahami tingkat keyakinan sistem. Penentuan kategori tingkat keyakinan risiko dilakukan melalui konsultasi dengan pakar K3. Adapun batas kategori yang digunakan dalam sistem ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 6. Tingkat Keyakinan Risiko

No	Tingkat Keyakinan Risiko	CF	Persentase
1	Rendah	0,00 - 0,40	0% - 40%
2	Sedang	0,41 - 0,70	41% - 70%
3	Tinggi	0,71 - 1,0	71% - 100%

Untuk menjelaskan proses dari metode *forward chaining* dan *certainty factor*, dilakukan pengujian pada aktivitas kerja *Welding* dengan memilih kondisi bahaya berikut:

Tabel 7. Pengujian Aktivitas Kerja Welding

Aktivitas Kerja	Kondisi Bahaya	Jawaban Pengguna	Nilai Keyakinan Pengguna
Welding	Terkena bunga api	Yakin	0,8
Welding	Radiasi cahaya	Cukup Yakin	0,6
Welding	Hantaran panas	Yakin	0,8

Mesin inferensi *forward chaining* melakukan pencarian *rule* yang sesuai dengan kombinasi aktivitas dan kondisi bahaya yang dipilih.

1. Sistem mencari rule: IF Welding AND Terkena bunga api THEN? Ditemukan: Rule R1 – Luka bakar, maka Risiko Luka bakar (KR01) teridentifikasi.
2. Sistem mencari rule: IF Welding AND Radiasi cahaya THEN? Ditemukan: Rule R2 – Gangguan penglihatan, maka Risiko Gangguan penglihatan (KR02) teridentifikasi.
3. Sistem mencari rule: IF Welding AND Hantaran panas THEN? Ditemukan: Rule R5 – Luka bakar, maka Risiko Luka bakar (KR01) teridentifikasi (risiko sama namun dari kondisi yang berbeda).

Setelah proses *forward chaining* mengidentifikasi risiko-risiko yang relevan, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *certainty factor* (CF) untuk menentukan tingkat keyakinan terhadap setiap risiko yang teridentifikasi.

Tahap 1: Hitung CF tunggal dari masing-masing *evidence*

Evidence 1: Terkena bunga api (KB01)

$$CF(H,E) = CF_{\text{pakar}} \times CF_{\text{user}}$$

$$CF(R1, KB01) = 0,80 \times 0,8$$

$$CF(R1, KB01) = 0,64$$

Evidence 2: Radiasi cahaya (KB02)

$$CF(H,E) = CF_{\text{pakar}} \times CF_{\text{user}}$$

$$CF(R2, KB02) = 0,85 \times 0,6$$

$$CF(R2, KB02) = 0,51$$

Evidence 3: Hantaran panas (KB18)

$$CF(H,E) = CF_{\text{pakar}} \times CF_{\text{user}}$$

$$CF(R5, KB18) = 0,70 \times 0,8$$

$$CF(R5, KB18) = 0,56$$

Tahap 2: Hitung CF *combine*

Karena terdapat dua *evidence* yang mengarah pada risiko yang sama yaitu luka bakar (KR01), maka dilakukan kombinasi CF:

$$CF_{\text{combine}} = CF_1 + CF_2 \times (1 - CF_1)$$

$$CF_{\text{combine}}(KR01) = 0,64 + 0,56 \times (1 - 0,64)$$

$$CF_{\text{combine}}(KR01) = 0,64 + 0,56 \times 0,36$$

$$CF_{\text{combine}}(KR01) = 0,64 + 0,2016$$

$CF_{\text{combine}}(\text{KR01}) = 0,8416$

Tahap 3: Konversi ke persentase

Persentase keyakinan = $0,8416 \times 100\% = 84,16\%$

Persentase keyakinan = $0,51 \times 100\% = 51\%$

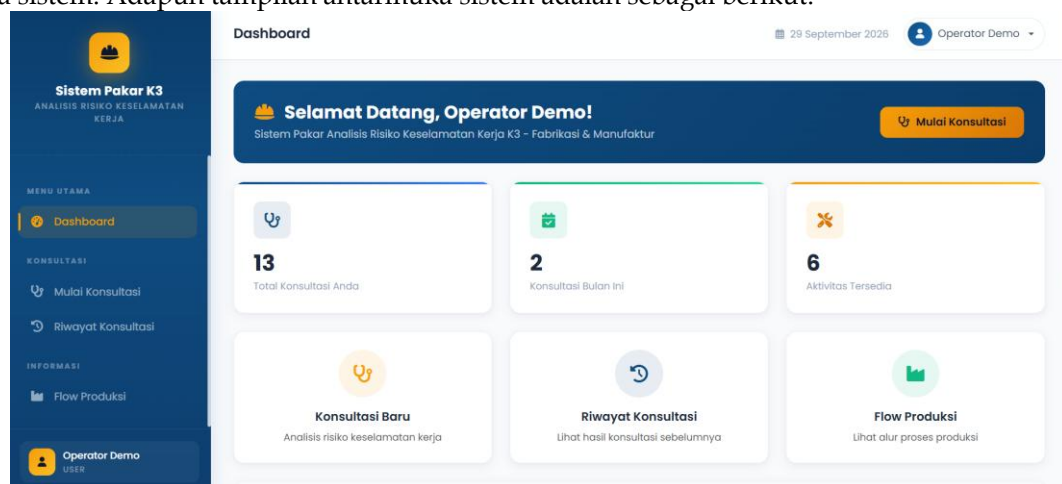
Dari hasil perhitungan diatas bahwa konsultasi yang dilakukan memiliki risiko luka bakar dengan tingkat keyakinan sebesar 84,16% (Risiko Tinggi), diikuti oleh risiko Gangguan penglihatan dengan tingkat keyakinan 51% (Risiko Sedang).

Untuk pengujian aktivitas kerja lainnya akan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 8. Hasil Pengujian Aktivitas Kerja

No	Aktivitas Kerja & Kondisi Bahaya	CF User	CF Pakar	Hasil
1	Menggerinda & Kebisingan	Sangat Yakin (1,0)	0,80	Gangguan pendengaran 80% (Risiko Tinggi)
2	Menggerinda & Terkena serpihan logam	Kurang Yakin (0,4)	0,75	Luka gores 30% (Risiko Rendah)
3	Menggerinda & Terpapar asap dan debu	Yakin (0,8)	0,70	Gangguan pernapasan 56% (Risiko Sedang)
4	Mengoperasikan Crane & Terhantam hook dan barang	Kurang Yakin (0,4)	0,80	Luka memar 32% (Risiko Rendah)
5	Mengoperasikan Crane & Terjepit saat mengaitkan hook	Cukup Yakin (0,6)	0,85	Cedera tangan 51% (Risiko Sedang)
6	Operasional Forklift & Terpapar asap dan debu	Tidak Yakin (0,2)	0,65	Gangguan pernapasan 13% (Risiko Rendah)
7	Manual Handling & Cara mengangkat yang salah	Cukup Yakin (0,6)	0,85	Low Back Pain 51% (Risiko Sedang)
8	Manual Handling & Beban berat terus menerus	Cukup Yakin (0,8)	0,80	Hernia 64% (Risiko Sedang)
9	Pahat/Alat Stamp/Palu & Kebisingan	Sangat Yakin (1,0)	0,75	Gangguan pendengaran 75% (Risiko Tinggi)
10	Pahat/Alat Stamp/Palu & Alat stamping meleset	Kurang Yakin (0,4)	0,75	Luka memar 30% (Risiko Rendah)
11	Pahat/Alat Stamp/Palu AND Salah posisi ergonomis	Yakin (0,8)	0,70	Low Back Pain 56% (Risiko Sedang)

Hasil implementasi antarmuka sistem ditampilkan pada beberapa halaman yang mendukung fungsi utama sistem. Adapun tampilan antarmuka sistem adalah sebagai berikut.



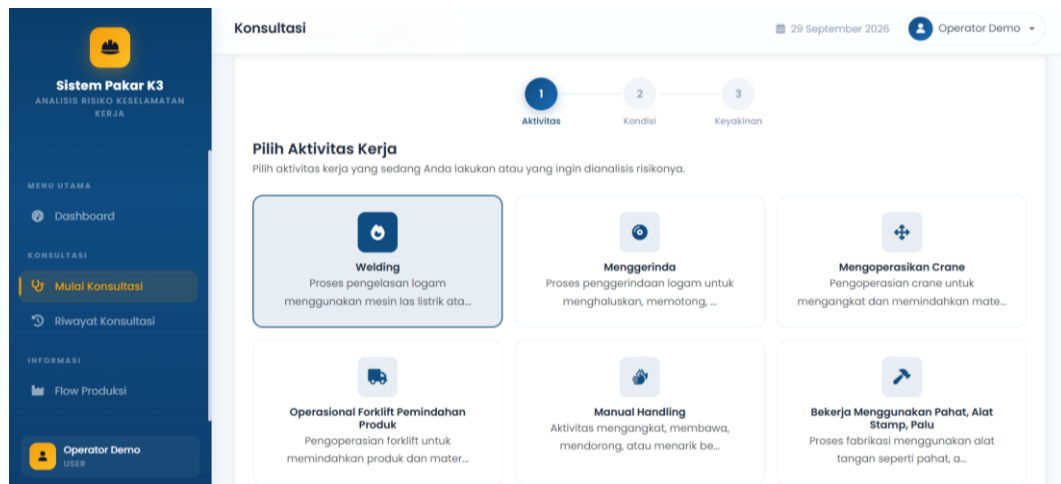
Gambar 1. Halaman Dashboard

Khansa Danish Aqeela: *Penulis Korespondensi



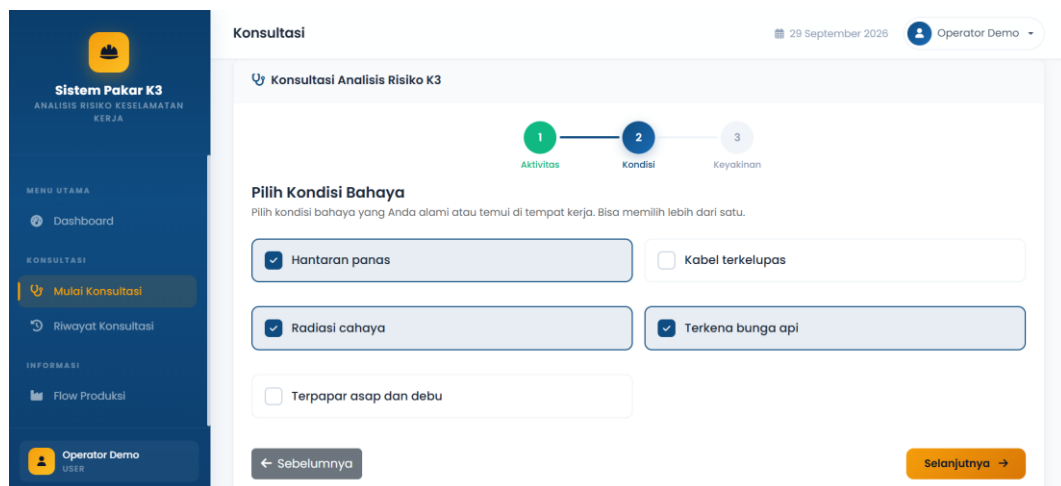
Copyright © 2026, Khansa Danish Aqeela.

Halaman dashboard merupakan halaman utama yang digunakan untuk memberikan informasi secara ringkas mengenai aktivitas konsultasi dan fitur yang tersedia pada sistem. Selain itu, dashboard menyediakan akses menuju fitur utama, yaitu mulai konsultasi untuk melakukan proses analisis risiko kerja.



Gambar 2. Halaman Pilih Aktivitas Kerja

Halaman pilih aktivitas kerja merupakan halaman bagi pengguna untuk melakukan proses analisis risiko keselamatan kerja yang dimana pengguna memilih salah satu dari enam aktivitas yang tersedia.



Gambar 3. Halaman Pilih Kondisi Bahaya

Pada halaman pilih kondisi bahaya digunakan untuk mengumpulkan informasi mengenai kondisi kerja yang dialami oleh pengguna. Informasi tersebut menjadi dasar bagi sistem untuk melakukan analisis risiko.

Gambar 4. Halaman Pilih Tingkat Keyakinan

Setelah pengguna memilih kondisi bahaya, pengguna akan diminta untuk menentukan tingkat keyakinan terhadap masing-masing kondisi bahaya. Nilai keyakinan yang diberikan pengguna akan mempengaruhi hasil akhir analisis.

Gambar 5. Halaman Hasil Analisis

Halaman hasil analisis menyajikan informasi mengenai hasil identifikasi risiko berdasarkan kondisi bahaya yang dipilih pada proses sebelumnya beserta tingkat keyakinan dan kategori risikonya.

4.KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pakar berbasis web berhasil dikembangkan untuk membantu proses analisis risiko keselamatan kerja pada aktivitas di area fabrikasi. Sistem menerapkan metode *Forward Chaining* untuk mengidentifikasi risiko berdasarkan aktivitas kerja dan kondisi bahaya yang dipilih pengguna, serta metode *Certainty Factor* untuk menentukan tingkat keyakinan terhadap hasil analisis. Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk risiko keselamatan kerja beserta persentase tingkat keyakinan dan kategori risiko. Selain itu, seluruh fitur utama sistem telah berfungsi sesuai dengan kebutuhan yang dirancang. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat membantu proses identifikasi dan analisis risiko keselamatan kerja secara lebih terstruktur dan cepat di lingkungan kerja.

5.REFERENSI

- [1] H. Metayansyah, A. P. Saputro, R. H. Saputra, A. A. Sani, O. Oktoberty, and R. N. Wulan, "Penerapan Penggunaan Alat Pelindung Diri Untuk Meningkatkan Keselamatan Kerja Di Industri," *Marine Science and Technology Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 73-77, 2025.
- [2] T. G. Pelatta, N. Maelissa, H. D. Titaley, and A. Tuanakotta, "Analisa risiko pada proyek pembangunan gedung auditorium IAIN Kota Ambon," *Journal Agregate*, vol. 2, no. 1, pp. 107-115, 2023.
- [3] M. Gani, A. R. Histiarini, and A. Ahistasari, "Analisis Risiko Kebakaran Di Bandar Udara RR Menggunakan Metode FMEA," *Metode: Jurnal Teknik Industri*, vol. 9, no. 1, pp. 22-33, 2023.
- [4] M. J. A. Lubis, G. Sihombing, and A. B. H. Yanto, "Analisis Resiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode HIRARC Pada PT. Telkom Indonesia Jakarta Utara," *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 15-23, 2024.
- [5] L. B. B. Manalu, U. H. Umar, and A. Savitri, "Analisis Faktor Penyebab Pemborosan Material Pada Proses Fabrikasi GBC CHUTE," *Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 7, no. 2, pp. 1-6, 2023.
- [6] E. A. Fauziah, A. Araafi, S. Mauliyand, and A. Hasibuan, "Analisis Potensi Bahaya Lingkungan Kerja Pada Nelayan Tradisional di Wilayah Pesisir," *Alahyan Jurnal Pengabdian Masyarakat Multidisiplin*, vol. 2, no. 1, pp. 45-51, 2024.
- [7] M. A. Maulana, A. Jamaludin, A. Solehudin, and A. Voutama, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Ginjal Menggunakan Metode Certainty Factor Berbasis Website," *INFOTECH journal*, vol. 9, no. 2, pp. 431-441, 2023.
- [8] R. Larasaty and P. T. Prasetyaningrum, "Sistem pakar diagnosa gangguan kecemasan pada difabel menggunakan metode forward chaining berbasis web," *Journal of Computer and Information Systems Ampera*, vol. 5, no. 3, pp. 138-154, 2024.
- [9] F. K. Wardana, L. D. Bakti, and K. Nurwijayanti, "Sistem pakar diagnosa penyakit pada kucing dengan metode Certainty Factor berbasis web," *Jurnal Kecerdasan Buatan dan Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 1, pp. 20-31, 2023.
- [10] F. A. Purwanto, "Sistem informasi arsip surat dengan metode Rapid Application Development (RAD)," *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer dan Informasi (JMApTeKsi)*, vol. 3, no. 3, pp. 84-88, 2023.
- [11] C. C. Siburian, A. Andriani, and C. B. Dewa, "Aplikasi MyPresent untuk pengelolaan data presensi karyawan dengan metode RAD," *Journal of Information System Management (JOISM)*, vol. 5, no. 2, pp. 219-226, 2024.
- [12] M. R. Qisthiano and A. Imron, "Perancangan Sistem E-Katalog Cemerlang Komputer Dengan Pendekatan Metode Rad," *Journal of Information Systems Management and Digital Business*, vol. 1, no. 2, pp. 273-283, 2024.
- [13] D. Prastyo and D. Irawan, "Rancang bangun aplikasi inspeksi dan checklist terintegrasi menggunakan metode rapid application development (RAD)," *bit-Tech*, vol. 7, no. 1, pp. 162-173, 2024.
- [14] B. B. Aryandra and A. C. Wardhana, "Perancangan Sistem Informasi Desa Wisata Berbasis Website Dengan Metode Rapid Application Development (Rad)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 4, pp. 5936-5944, 2024.
- [15] S. Sapriadi, N. Hayati, A. E. Syaputra, Y. S. Eirlangga, K. H. Manurung, and N. Hayati, "Sistem Pakar Diagnosa Gaya Belajar Mahasiswa Menggunakan Metode Forward Chaining," *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, vol. 5, no. 3, pp. 71-78, 2023.
- [16] B. Hendrik, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Demam Berdarah Menggunakan Metode Certainty Factor," *Journal of Information System and Education Development*, vol. 1, no. 3, pp. 26-30, 2023.
- [17] A. R. Aziz, S. Supriyono, F. Wibowo, and M. Hamka, "Implementasi Forward Chaining dan Certainty Factor pada Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Kulit Berbasis Android," *Bulletin of Computer Science Research*, vol. 6, no. 5, pp. 2148-2156, 2026.