

Laporan Tugas Kecerdasan Buatan
"Implementasi Sistem Keamanan Industri Kimia Berbasis Sistem
Pakar dengan Pemanfaatan Teori Certain Factor dan Teori Durkin
Menggunakan CLIPS Shell"



Oleh:

Lana Fitria Dewani

22/494292/TK/54203

A. Pendahuluan

Industri kimia merupakan salah satu sektor vital dalam ekonomi global yang menyediakan berbagai macam produk yang digunakan dalam berbagai industri, mulai dari farmasi hingga produksi makanan. Meskipun memberikan kontribusi signifikan terhadap kemajuan teknologi dan kebutuhan manusia, industri kimia juga membawa risiko potensial terhadap kecelakaan dan insiden berbahaya yang dapat memiliki dampak serius, baik terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia. Penekanan terhadap keselamatan dan keamanan di dalam industri kimia menjadi sangat penting dan memerlukan pendekatan yang proaktif dalam mengelola risiko.

Peningkatan kompleksitas proses produksi dan penggunaan zat kimia yang lebih beragam menuntut kebutuhan akan sistem yang mampu memberikan informasi yang tepat dan cepat dalam mengatasi situasi darurat dan mencegah terjadinya kecelakaan. Dalam konteks ini, sistem pakar telah muncul sebagai solusi yang menjanjikan dalam mendukung pengambilan keputusan di dalam industri kimia. Sistem pakar adalah sebuah sistem komputer yang dirancang untuk meniru kemampuan manusia dalam menyelesaikan masalah atau memberikan rekomendasi di dalam suatu domain pengetahuan tertentu.

Dengan menggunakan sistem pakar ini, seorang ahli dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan keselamatan, mengurangi risiko kecelakaan, dan meningkatkan efisiensi di dalam industri kimia. Selain itu, sistem ini juga diharapkan dapat menjadi kontribusi dalam perkembangan teknologi kecerdasan buatan di bidang keselamatan industri secara umum.

B. Tujuan

Tujuan dari sistem ini adalah untuk memberikan rekomendasi kepada para pekerja dan pengelola industri dalam menghadapi potensi bahaya yang mungkin timbul, seperti kebocoran zat kimia, fluktuasi suhu lingkungan, dan kondisi ventilasi yang tidak memadai. Melalui pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan, khususnya logika *fuzzy* dan faktor kepastian (*certainty factor*), sistem ini dapat memproses informasi yang tidak pasti dan memberikan rekomendasi berdasarkan tingkat kepercayaan terhadap informasi yang diinputkan oleh pengguna.

C. Tabel Informasi

Berikut adalah tabel informasi yang menyajikan rincian hipotesis yang terjadi dan tindakan yang harus dilakukan di industri kimia tersebut berdasarkan bukti yang diberikan oleh pengguna. Bukti-bukti tersebut meliputi pernah tidaknya terjadi ledakan bahan kimia, tinggi rendahnya suhu sekitar, dan ada tidaknya ventilasi.

Tabel 1. Tabel Informasi Hipotesis dan Tindakan untuk Tiap Bukti (*Evidence*)

Ledakan	Suhu	Ventilasi	CF	Hipotesis	Tindakan
Ya	Tinggi	Ada	0.7	Berpotensi menyebabkan peningkatan penyebaran dan penguapan bahan kimia ke lingkungan.	Jauhkan dari area yang terkena dampak dan pastikan untuk segera memberitahu petugas

					keamanan.
Ya	Tinggi	Tidak Ada	0.6	Berpotensi menyebabkan peningkatan penyebaran dan penguapan bahan kimia ke lingkungan.	Pindah ke lokasi yang aman dengan ventilasi yang baik dan informasikan kepada pihak berwenang terkait.
Ya	Rendah	Ada	0.6	Berpotensi menyebabkan konsentrasi lokal dan persistensi zat di lingkungan.	Jauhkan dari area yang terkena dampak dan pastikan untuk segera memberitahu petugas keamanan.
Ya	Rendah	Tidak Ada	0.5	Berpotensi menyebabkan konsentrasi lokal dan persistensi zat di lingkungan.	Pindah ke lokasi yang aman dengan ventilasi yang baik dan informasikan kepada pihak berwenang terkait.
Tidak	Tinggi	Ada	0.5	Menyebabkan potensi bahaya lingkungan dan kesehatan yang tidak terkait dengan kebocoran.	Tetap berhati-hati dan pastikan untuk terus memantau lingkungan kerja.
Tidak	Tinggi	Tidak Ada	0.45	Menyebabkan potensi bahaya lingkungan dan kesehatan yang tidak terkait dengan kebocoran.	Pindah ke tempat yang lebih aman dengan ventilasi yang lebih baik dan informasikan kepada pihak berwenang terkait.
Tidak	Rendah	Ada	0.4	Mengurangi potensi bahaya lingkungan dan kesehatan yang terkait dengan kebocoran bahan kimia.	Tetap bekerja seperti biasa dan pastikan tetap waspada terhadap setiap perubahan kondisi.
Tidak	Rendah	Tidak Ada	0.4	Mengurangi potensi bahaya lingkungan dan kesehatan yang terkait dengan kebocoran bahan kimia.	Pindah ke tempat yang lebih aman dengan ventilasi yang lebih baik dan informasikan kepada pihak berwenang terkait.

D. Analisis Percobaan

Berdasarkan hasil analisis dari informasi pada Tabel 1, dapat dikelompokkan beberapa aturan. Pengelompokkan aturan tersebut dapat diberi nama untuk mempermudah dalam pembuatan sistem, seperti berikut:

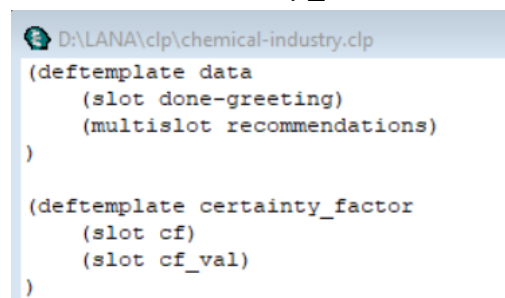
1. **rule_1:** Ketika pernah ada kebocoran bahan kimia dan suhu lingkungan tinggi dan/atau ada ventilasi.
2. **rule_2:** Ketika pernah ada kebocoran bahan kimia dan suhu lingkungan rendah dan/atau ada ventilasi.

3. **rule_3**: Ketika tidak pernah ada kebocoran bahan kimia dan suhu lingkungan tinggi dan/atau ada ventilasi.
4. **rule_4**: Ketika tidak pernah ada kebocoran bahan kimia dan suhu lingkungan rendah dan/atau ada ventilasi.
5. **rule_1_ventilation**: Ketika pernah ada kebocoran bahan kimia dan suhu lingkungan tinggi dan tidak ada ventilasi.
6. **rule_2_ventilation**: Ketika pernah ada kebocoran bahan kimia dan suhu lingkungan rendah dan tidak ada ventilasi.
7. **rule_3_ventilation**: Ketika tidak pernah ada kebocoran bahan kimia dan suhu lingkungan tinggi dan tidak ada ventilasi.
8. **rule_4_ventilation**: Ketika tidak pernah ada kebocoran bahan kimia dan suhu lingkungan rendah dan tidak ada ventilasi.

Selanjutnya, aturan-aturan (*rules*) yang sudah ditentukan tersebut direpresentasikan ke dalam code di CLIPS IDE dengan format .clp. Code lengkap terdapat di link GitHub berikut: <https://github.com/lanafitriadewani/chemical-industry-clp.git>

Sistem ini terdiri dari aturan-aturan yang sudah didefinisikan dan mengimplementasikan teori Certainty Factor serta teori Durkin (1994) dalam menentukan tingkat kepastian. Setiap aturan memiliki kondisi tertentu yang harus dipenuhi oleh fakta-fakta yang ada dalam basis pengetahuan, baik masukan dari pengguna ataupun sudah ditentukan di code. Jika kondisi pada aturan terpenuhi, aksi yang ditentukan dalam \Rightarrow akan dieksekusi.

Code diawali dengan definisi template dengan format “deftemplate” untuk *data* dan *certainty_factor*. Template *data* digunakan untuk menyimpan fakta terkait pertanyaan dan rekomendasi. *Data* terdiri dari slot *done-greeting* dan multislot *recommendations*. Template *certainty_factor* digunakan untuk menyimpan nilai faktor kepastian (CF) yang terkait dengan kondisi tertentu. *Certainty_factor* terdiri dari slot *cf* dan *cf_val*.



```

D:\LANA\clp\chemical-industry.clp
(deftemplate data
  (slot done-greeting)
  (multislot recommendations)
)

(deftemplate certainty_factor
  (slot cf)
  (slot cf_val)
)

```

Gambar 1. Format deftemplate

Selanjutnya, code mendefinisikan variabel global dengan format “defglobal” untuk menyimpan nilai-nilai faktor kepastian yang dapat digunakan di banyak aturan.

The image contains two screenshots of a Prolog IDE window titled 'D:\LANA\clp\chemical-industry.clp'. The top screenshot shows the definition of a rule named 'temperature'. The bottom screenshot shows the definition of a rule named 'leakage'.

```

(defrule temperature
=>
  (printout t "Is the environmental temperature high or
low? (high/low)" crlf)
  (bind ?temperature (read))
  (if (eq ?temperature high)
    then
      (assert(temperature high))
      (printout t "To what degree do you believe that? (0-
1.0)" crlf)
      (bind ?*cf_temperature_high* (float(read))))
  (if (eq ?temperature low)
    then
      (assert(temperature low))
      (printout t "To what degree do you believe that? (0
-1.0)" crlf)
      (bind ?*cf_temperature_low* (float(read))))
)

(defrule leakage
=>
  (printout t "Has there been any leakage of chemical
substances? (yes/no)" crlf)
  (bind ?explosion (read))
  (if (eq ?explosion yes)
    then
      (assert (explosion yes))
      (printout t "To what degree do you believe that? (0-
1.0)" crlf)
      (bind ?*cf_explosion_high* (float (read))))
  (if (eq ?explosion no)
    then
      (assert (explosion no))
      (printout t "To what degree do you believe that? (0-
1.0)" crlf)
      (bind ?*cf_explosion_low* (float (read))))
)

```

Gambar 4. Aturan *ventilation*, *temperature*, dan *leakage*

- Aturan *rule_1*, *rule_2*, *rule_3*, dan *rule_4* menunjukkan aturan-aturan yang akan mengeksekusi tindakan sesuai dengan kondisi parameter yang telah dimasukkan oleh pengguna. Nilai *certainty factor* pada aturan ini dihitung dengan aturan konjungtif, yakni dengan formula:

$$cf(H, E_1 \cap E_2) = cf(H) \times \min[cf(E_1), cf(E_2)] \quad (1)$$

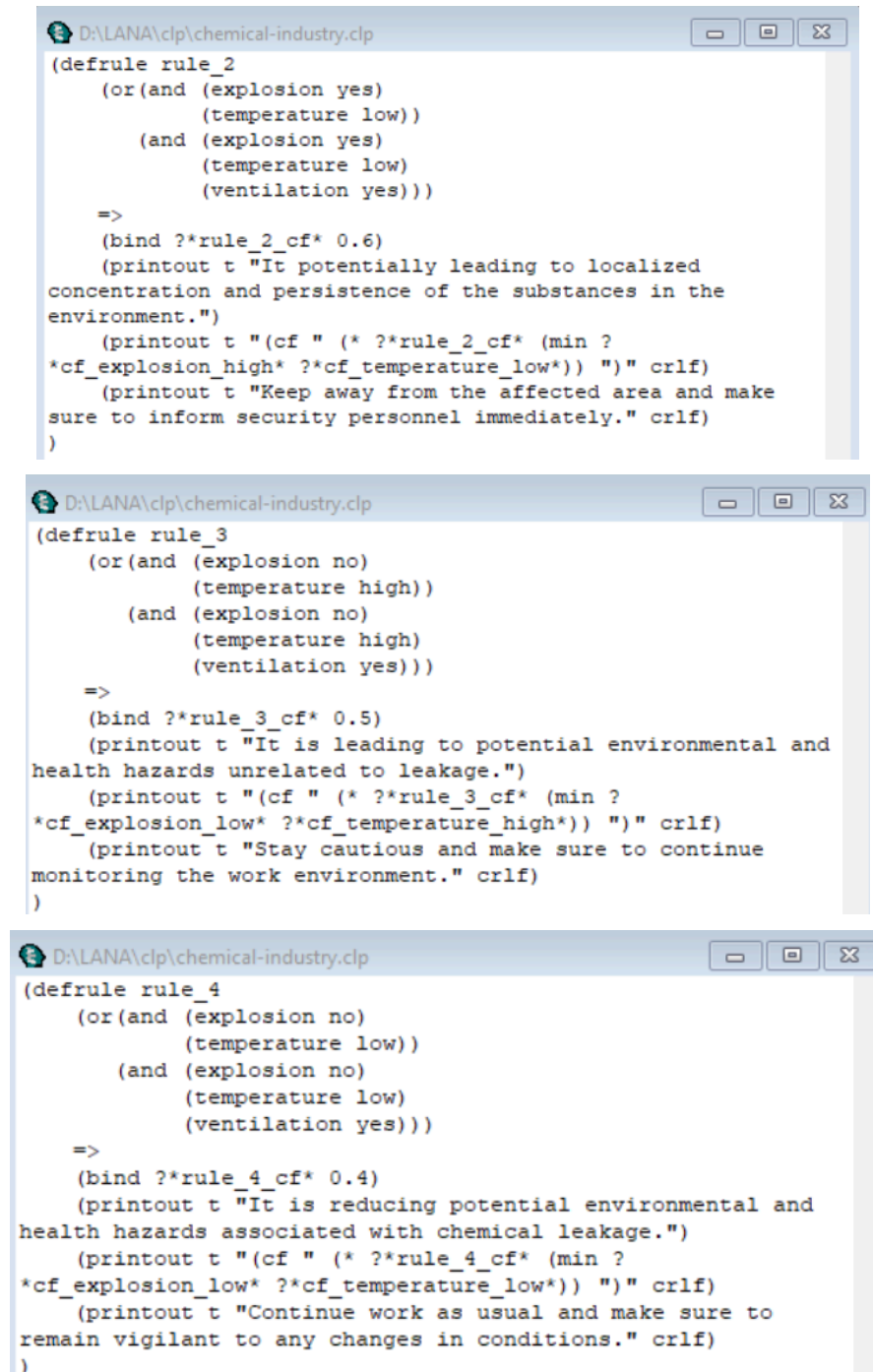
Konsekuensi/tindakan di aturan ini dieksekusi sebelum pengguna memberi masukan pada parameter *ventilation* dan juga dieksekusi lagi setelah pengguna memberi masukan pada parameter *ventilation* dengan value *yes*.

The image shows a screenshot of a Prolog IDE window titled 'D:\LANA\clp\chemical-industry.clp' displaying the definition of a rule named 'rule_1'.

```

(defrule rule_1
  (or(and (explosion yes)
    (temperature high))
    (and (explosion yes)
    (temperature high)
    (ventilation yes)))
=>
  (bind ?*rule_1_cf* 0.7)
  (printout t "It potentially leading to increased
dispersion and evaporation of the chemicals into the
environment.")
  (printout t "(cf " (* ?*rule_1_cf* (min ?
*cf_explosion_high* ?*cf_temperature_high*)) )" crlf)
  (printout t "Keep away from the affected area and make
sure to inform security personnel immediately." crlf)
)

```



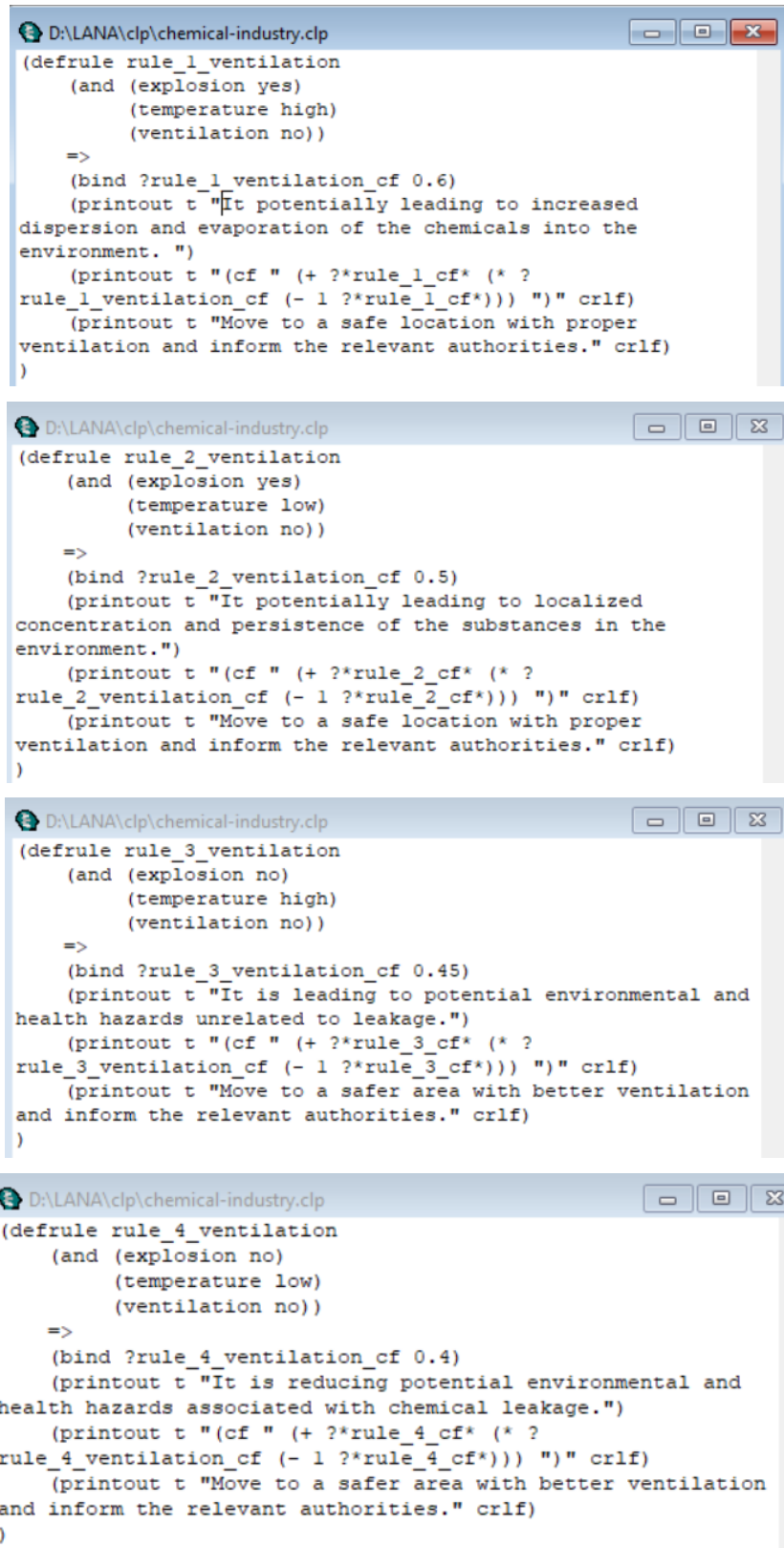
Gambar 5. Aturan *rule_1*, *rule_2*, *rule_3*, dan *rule_4*

4. Aturan *rule_1_ventilation*, *rule_2_ventilation*, *rule_3_ventilation*, dan *rule_4_ventilation* mirip dengan aturan sebelumnya. Perbedaannya adalah nilai certainty factor dihitung dengan aturan teori Durkin (1994) untuk nilai kedua cf adalah positif, yakni dengan formula:

$$cf(cf_1, cf_2) = cf_1 + cf_2 \times (1 - cf_1) \quad (2)$$

Selain itu, konsekuen/tindakan di aturan ini dieksekusi setelah pengguna memberi masukan pada parameter *ventilation* dengan value *no*. Teori Durkin ini digunakan karena kondisi yang diperlukan pada aturan-aturan sebelumnya (poin

nomor 3) berbeda dengan aturan-aturan ini, tetapi memiliki konsekuen yang sama. Sehingga diperlukan perhitungan lagi untuk nilai certainty factornya.



Gambar 6. Aturan *rule_1_ventilation*, *rule_2_ventilation*, *rule_3_ventilation*, dan *rule_4_ventilation*

Pada aturan poin nomor 2, pengguna juga diminta untuk memberikan nilai certainty factor atas masukan (*evidence*) ledakan dan suhu. Nilai cf itu ditentukan dengan ketentuan pada tabel berikut.

Tabel 2. Ketentuan pemberian nilai *cf*

Term	Certainty Factor
Unknown	0 - 0.2
Maybe	0.4
Probably	0.6
Almost certainly	0.8
Definitely	1.0

Misalnya, jika pengguna memberikan input bahwa mereka mengatakan “probably” pernah mengalami adanya ledakan bahan kimia dimana nilai kepastiannya adalah 0.6 dan “maybe” suhu lingkungan rendah dimana nilai kepastiannya adalah 0.4. Sistem akan mencocokkan fakta tersebut dengan aturan yang sesuai yakni aturan *rule_2*. Sistem akan menampilkan konsekuensi dari aturan tersebut dan menampilkan perhitungan nilai kepastian menggunakan formula (1).

```
CLIPS> (run)
Welcome to the Chemical Safety System
This system aims to provide recommendations to workers or industrial managers in dealing with potential dangers that
=====
Has there been any leakage of chemical substances? (yes/no)
yes
To what degree do you believe that? (0-1.0)
0.6
Is the environmental temperature high or low? (high/low)
low
To what degree do you believe that? (0-1.0)
0.4
It potentially leading to localized concentration and persistence of the substances in the environment.(cf 0.24)
Keep away from the affected area and make sure to inform security personnel immediately.
=====
```

Gambar 7. Proses pemberian masukan pada parameter ledakan dan suhu beserta nilai kepastiannya

Selanjutnya, sistem akan memerintahkan pengguna untuk memberi fakta ada tidaknya ventilasi. Jika pengguna memasukkan nilai “no”, sistem akan mengeksekusi aturan *rule_2_ventilation* dengan memberikan nilai kepastian yang berbeda, yakni sesuai perhitungan formula (2). Nilai ini akan cenderung lebih meningkat yang menandakan pentingnya pengaruh ventilasi terhadap tingkat keselamatan industri.

```
=====
Is it has ventilation there? (yes/no)
no
It potentially leading to localized concentration and persistence of the substances in the environment.(cf 0.8)
Move to a safe location with proper ventilation and inform the relevant authorities.
CLIPS> .
```

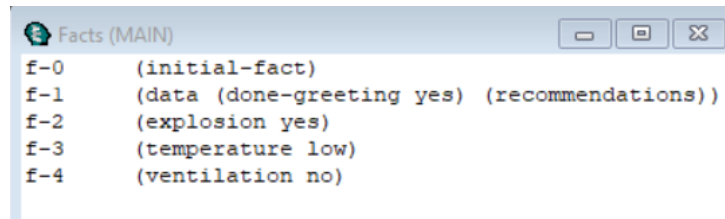
Gambar 8. Keluaran ketika nilai *ventilation* adalah “no”

Namun, jika pengguna memasukkan nilai “yes”, sistem akan mengeksekusi aturan *rule_2* lagi, sehingga menampilkan hipotesis yang sama dengan sebelumnya.

```
=====
Is it has ventilation there? (yes/no)
yes
It potentially leading to localized concentration and persistence of the substances in the environment.(cf 0.24)
Keep away from the affected area and make sure to inform security personnel immediately.
CLIPS>
```

Gambar 9. Keluaran ketika nilai *ventilation* adalah “yes”

Setiap masukan dari pengguna akan dimasukkan ke jendela fakta dengan fungsi assert. Berikut jendela fakta dari contoh masukan sebelumnya:



Gambar 10. Window Facts

E. Kesimpulan

Sistem keamanan kimia yang dibangun menggunakan pendekatan sistem pakar dengan memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan, seperti logika fuzzy dan faktor kepastian (certainty factor), memiliki peran yang signifikan dalam meningkatkan keselamatan dan mengurangi risiko kecelakaan di industri kimia. Melalui implementasi aturan-aturan yang terdefinisi dengan jelas, sistem ini mampu memberikan rekomendasi keselamatan yang tepat berdasarkan kondisi lingkungan yang diinputkan oleh pengguna.

Penerapan aturan-aturan dengan mempertimbangkan faktor kepastian memungkinkan sistem untuk menangani informasi yang tidak pasti dengan lebih efektif, sehingga memberikan rekomendasi yang lebih akurat. Selain itu, penggunaan teknologi kecerdasan buatan dalam sistem ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam meningkatkan efisiensi dan keselamatan di industri kimia.

Penggunaan teori Durkin dalam sistem ini, terutama dalam perhitungan faktor kepastian pada aturan-aturan ventilasi tambahan (*rule_1_ventilation*, *rule_2_ventilation*, *rule_3_ventilation*, dan *rule_4_ventilation*), memberikan kontribusi penting dalam mengukur tingkat kepercayaan terhadap informasi yang diberikan oleh pengguna. Hal ini memungkinkan sistem untuk menyesuaikan rekomendasi keselamatan dengan lebih baik berdasarkan kondisi lingkungan yang diinputkan pengguna, terutama dalam situasi di mana ventilasi tidak tersedia.

Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat menjadi kontribusi yang berarti dalam upaya menjaga keselamatan dan keamanan di industri kimia, serta menjadi salah satu langkah awal dalam mengimplementasikan teknologi kecerdasan buatan dalam konteks keselamatan industri secara luas.