

BAB 10

TENTANG PENGGUNAAN SISTEM INFERENSI FUZZY UNTUK MASALAH PENILAIAN DAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN

1. Pendahuluan

Bab ini membahas pendekatan evaluasi risiko kegagalan dalam proses pemasangan wafer menggunakan Risk Priority Number (RPN) tradisional, RPN fuzzy, dan model yang disempurnakan berbasis Fuzzy Inference System (FIS). Pendekatan ini dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan model RPN tradisional yang sering kali memberikan hasil yang tidak logis dan tidak konsisten karena sifat non-linearitas dan ketidakmampuan dalam menangkap pengetahuan pakar.

Evaluasi risiko dalam proses manufaktur atau perakitan sangat penting untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan menentukan prioritas perbaikan. Namun, dalam model RPN tradisional, hasil perhitungan yang hanya berdasarkan perkalian nilai keparahan, kejadian, dan deteksi (Severity, Occurrence, dan Detection) sering kali tidak sesuai dengan persepsi atau penilaian pakar di lapangan. Oleh karena itu, pendekatan Fuzzy Inference System (FIS) digunakan untuk memberikan hasil yang lebih realistis dan konsisten.

2. Parameter Kunci dalam Evaluasi Risiko

Model RPN, baik tradisional maupun fuzzy, menggunakan tiga parameter utama dalam analisis Failure Mode and Effects Analysis (FMEA):

1. Severity (Keparahan):
 - Mengukur tingkat keparahan dampak jika kegagalan terjadi.
 - Skala tinggi menunjukkan dampak yang signifikan terhadap proses atau produk.
2. Occurrence (Frekuensi Kejadian):
 - Menggambarkan seberapa sering kegagalan tersebut dapat terjadi.
 - Frekuensi tinggi menunjukkan perlunya perhatian lebih besar.
3. Detection (Kemampuan Deteksi):

- Mengukur seberapa mudah sistem mendeteksi potensi kegagalan sebelum terjadi.
- Skor tinggi menunjukkan deteksi yang sulit, yang meningkatkan risiko.

Dalam model tradisional, ketiga parameter ini dikalikan untuk menghasilkan nilai RPN. Namun, hasil tersebut tidak selalu sejalan dengan realitas karena tidak mempertimbangkan hubungan non-linear antara ketiga parameter tersebut.

3. Integrasi Logika Fuzzy dalam Evaluasi Risiko: Aturan dan Fungsi Output FIS

Dalam model evaluasi risiko berbasis **Fuzzy Inference System (FIS)**, pendekatan berbasis aturan digunakan untuk menghubungkan nilai-nilai linguistik input dengan output evaluasi risiko. Aturan fuzzy dituliskan dalam bentuk:

$$\begin{array}{l} \text{IF } (x_1 \text{ is } A_1^{j_1}) \text{ AND } (x_2 \text{ is } A_2^{j_2}) \dots \text{ AND } (x_n \text{ is } A_n^{j_n}) \\ \text{THEN } y \text{ is } B^{j_1 j_2 \dots j_n} \end{array} \quad (1)$$

di mana x dan y masing-masing adalah input dan output dari FIS; A dan B adalah variabel linguistik dari input dan output, masing-masing. A diwakili oleh fungsi keanggotaan fuzzy, diberi label sebagai (x) . Outputnya diperoleh dengan menggunakan FIS orde nol sebagai:

$$y = f(\bar{x}) = \frac{\sum_{j_n=1}^{j_n=M_n} \dots \sum_{j_2=2}^{j_2=M_2} \sum_{j_1=1}^{j_1=M_1} \mu_1^{j_1}(x_1) \times \mu_2^{j_2}(x_2) \times \dots \times \mu_n^{j_n}(x_n) \times b^{j_1 j_2 \dots j_n}}{\sum_{j_n=1}^{j_n=M_n} \dots \sum_{j_2=2}^{j_2=M_2} \sum_{j_1=1}^{j_1=M_1} \mu_1^{j_1}(x_1) \times \mu_2^{j_2}(x_2) \times \dots \times \mu_n^{j_n}(x_n)} \quad (2)$$

Simbol	Makna
x_1, x_2, \dots, x_n	Input dari sistem (contohnya: Severity, Occurrence, Detection)
A_j^i	Himpunan fuzzy ke- i pada input ke- j (contohnya: "Rendah", "Tinggi")
B^i	Output fuzzy ke- i , biasanya berupa konstanta (orde nol)
$\mu_j^i(x_j)$	Nilai fungsi keanggotaan fuzzy untuk input ke- j terhadap himpunan ke- i
b^i	Nilai output crisp (konstanta) untuk aturan fuzzy ke- i
N	Jumlah total aturan fuzzy

Rumus ini mencerminkan proses inferensi fuzzy **orde nol** (zero-order Sugeno fuzzy model), di mana output dari setiap aturan berupa nilai konstan (tidak tergantung langsung pada input). Hasil akhirnya adalah **nilai rata-rata tertimbang** dari semua aturan, yang menggambarkan seberapa besar kontribusi setiap aturan terhadap hasil akhir berdasarkan kekuatan aktivasi (tingkat keanggotaan).

- **Numerator (pembilang):** Mengalikan semua derajat keanggotaan (fuzzy membership) dari input untuk suatu aturan fuzzy tertentu, lalu dikalikan dengan bobot output dari aturan tersebut. Kemudian dijumlahkan untuk seluruh aturan.
- **Denominator (penyebut):** Menjumlahkan semua hasil perkalian derajat keanggotaan dari input untuk semua aturan, **tanpa dikalikan output**.
- **Output akhir (y):** Merupakan rata-rata tertimbang dari seluruh berdasarkan tingkat kecocokan input dengan setiap aturan fuzzy.

4. Tabel Ringkasan Skala Evaluasi Fuzzy

Tabel 1: Skala Keparahannya (Severity - S)

Pangkat	Istilah Linguistik	Kriteria
10	Sangat Tinggi (Kewajiban)	Mempengaruhi keselamatan atau kepatuhan hukum
9 – 8	Tinggi (Keandalan)	Dampak terhadap pelanggan

7 – 6	Sedang (Kualitas)	Kunjungan keandalan utama
5 – 2	Rendah (Penanganan)	Mempengaruhi hasil pelanggan
1	Tidak Ada	Kesalahan minor seperti paket/par/penandaan salah

Tabel 2: Skala Kejadian (Occurrence - O)

Pangkat	Istilah Linguistik	Kriteria
10 – 9	Sangat Tinggi	Terjadi banyak kali per shift/hari
8 – 7	Tinggi	Beberapa kali per minggu
6 – 4	Sedang	Sekali per minggu atau beberapa kali/bulan
3	Rendah	Sekali per bulan
2	Sangat Rendah	Sekali per kuartal
1	Terpencil	Sangat jarang (sekali saja)

Hasil Analisis pada Tabel 10.3:

1. Mode kegagalan 1 hingga 5:
 - Memiliki nilai RPN rendah (3 hingga 12) pada model tradisional.
 - Dikategorikan sebagai Rendah dalam model fuzzy berbasis FIS.
2. Mode kegagalan 6 hingga 15:
 - Memiliki nilai RPN sedang (12 hingga 48) pada model tradisional.
 - Dikategorikan sebagai Rendah-Sedang dalam model FIS dengan skor FRPN lebih tinggi.
3. Mode kegagalan 16 hingga 18:
 - Memiliki nilai RPN tinggi (30 hingga 48) pada model tradisional.
 - Dikategorikan sebagai Sedang dalam model FIS.

Pada model berbasis FIS, hasil skor fuzzy RPN (FRPN) lebih konsisten dan merefleksikan logika yang diharapkan oleh para pakar. Skor fuzzy ini mempertimbangkan tidak hanya nilai numerik tetapi juga istilah linguistik, yang membuat penilaian lebih mendalam.

5. Kelemahan Model RPN Tradisional

Beberapa kelemahan yang diatasi oleh model FIS antara lain:

1. Tidak Mempertimbangkan Non-Linearitas

Dalam model tradisional, perubahan kecil pada satu parameter dapat memberikan dampak besar pada hasil akhir, yang sering kali tidak logis.

2. Tidak Memanfaatkan Pengetahuan Pakar

Pakar sering kali memiliki wawasan mendalam yang tidak dapat direpresentasikan dengan model matematis sederhana.

3. Monotonisitas yang Tidak Konsisten

Dalam model tradisional, kenaikan pada parameter input tidak selalu menghasilkan kenaikan pada skor RPN.

6. Model RPN Berbasis FIS dan Monotonisitas

Model berbasis FIS mempertahankan sifat monotonisitas, di mana skor RPN selalu meningkat seiring dengan kenaikan keparahan, frekuensi, dan kesulitan deteksi. Ini memastikan hasil yang lebih konsisten dan logis.

Plot Permukaan Skor FRPN :

- Menunjukkan bagaimana skor fuzzy meningkat seiring dengan kenaikan nilai Occurrence (O) dan Detection (D) saat Severity (S) diatur ke 10.
- Permukaan monoton diamati dengan jelas, menunjukkan bahwa model RPN berbasis FIS bekerja sebagaimana diharapkan.

7. Perbandingan Berdasarkan Pengetahuan Pakar

Model berbasis FIS juga memungkinkan integrasi pengetahuan pakar dalam evaluasi. Pakar dapat menetapkan istilah linguistik seperti Rendah, Rendah-Sedang, dan Sedang pada mode kegagalan tertentu berdasarkan pengalaman lapangan.

- Mode kegagalan 1 hingga 5 dikategorikan sebagai Rendah, meskipun ada variasi pada skor RPN tradisional.

- Mode kegagalan 6 hingga 15 dikategorikan sebagai Rendah-Sedang, yang mencerminkan risiko menengah.
- Mode kegagalan 16 hingga 18 dikategorikan sebagai Sedang, sejalan dengan persepsi pakar terhadap tingginya risiko kegagalan.

Keunggulan Model RPN Berbasis FIS

Pendekatan RPN berbasis FIS menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan dengan model tradisional:

1. Akurasi Lebih Tinggi
Mempertimbangkan hubungan non-linear dan pengetahuan pakar.
2. Konsistensi Monotonisitas
Skor selalu meningkat seiring dengan peningkatan parameter input.
3. Menghindari Prediksi Tidak Logis
Tidak ada hasil yang bertentangan dengan intuisi atau pengalaman praktis.
4. Fleksibilitas dan Kemudahan Implementasi
Dapat diterapkan dalam berbagai sistem penilaian risiko lain di luar proses pemasangan wafer.
5. Mendukung Keputusan yang Lebih Baik
Membantu manajemen dalam memprioritaskan mode kegagalan yang memerlukan perhatian segera.

8. Kesimpulan

Bab ini menekankan pentingnya penilaian berbasis FIS dalam evaluasi risiko kegagalan. Dibandingkan dengan model RPN tradisional, model berbasis FIS menawarkan solusi yang lebih logis, akurat, dan konsisten dengan mempertahankan monotonisitas.

Model ini tidak hanya memanfaatkan data numerik tetapi juga pengetahuan pakar, sehingga mencerminkan kondisi lapangan dengan lebih baik. Selain itu, pendekatan ini berpotensi diterapkan dalam model penilaian lain di luar FMEA. Studi lebih lanjut juga disarankan untuk menyelidiki sifat lain seperti sub-aditifitas dalam model FIS guna meningkatkan efektivitas dalam pengambilan keputusan.