

Penentuan Prioritas Perbaikan Kegagalan Proses dalam Pengendalian Kualitas dengan Mengintegrasikan FMEA dan *Grey Theory*

Yustina Suhandini Tjahjaningsih

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga Probolinggo
Jl. Yos Sudarso 107 Pabean Dringu Probolinggo 67271

* E-mail : yustina.upm@gmail.com

Abstrak. Salah satu *tool* pengendalian kualitas proses produksi adalah *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA). FMEA adalah teknik yang digunakan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi, dan menghilangkan kegagalan dan masalah proses produksi, baik permasalahan yang telah diketahui maupun yang potensial terjadi pada sistem. FMEA telah banyak digunakan untuk menyelesaikan persoalan prioritas perbaikan. Penentuan prioritas perbaikan pada FMEA tradisional dilakukan dengan cara menghitung nilai Risk Priority Number (RPN), tetapi cara ini banyak menimbulkan perdebatan karena terdapat beberapa kelemahan, dan untuk memperbaiki penentuan prioritas digunakan *grey theory*. Sebuah pendekatan yang rasional, mudah dan sederhana tanpa memerlukan setiap fungsi utilitas tetapi menghasilkan penentuan prioritas yang lebih baik. Konsep penentuan prioritas untuk memperbaiki kegagalan proses diaplikasikan di dua divisi PT KTI yang menghasilkan produk *plywood* dan didapatkan 6 ragam kegagalan potensial di *divisi work working* dan 10 ragam kegagalan potensial di divisi *particle board*. Penentuan prioritas perbaikan proses pertama dilakukan berdasar total nilai RPN sesuai prosedur dalam FMEA tradisional dan dilanjutkan dengan prosedur *grey theory*. Didapatkan perbedaan urutan prioritas perbaikan yang signifikan di divisi *particle board*.

Kata Kunci: *Failure Modes and Effects Analysis* , *Grey Theory*, Pengendalian Kualitas.

1. Pendahuluan

Setiap perusahaan berusaha meningkatkan kinerja perusahaan untuk mempertahankan keberadaannya di dunia industri yang penuh persaingan. Pertumbuhan industri baru semakin memperkuat persaingan pasar dalam merebut konsumen. Salah satu faktor berpengaruh dalam merebut konsumen adalah kestabilan kualitas sesuai yang diinginkan pelanggan. Oleh karena itu pengendalian kualitas menjadi salah satu fokus utama dalam pengelolaan perusahaan. Pengendalian terhadap proses produksi merupakan pengendalian terhadap tiap langkah dalam persiapan pelaksanaan proses. Pengendalian proses produksi setiap produk yang akan dihasilkan sangatlah penting, karena keadaan proses produksi akan terlihat pada produk akhir yang akan diperoleh. Kualitas produk tidak selalu baik dan biasanya tergantung dari kelancaran proses produksi [1]. Salah satu alat Pengendalian kualitas dalam pengendalian proses produksi adalah *Failure Modes and Effects Analysis* [2-4].

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) adalah teknik yang digunakan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi, dan menghilangkan kegagalan dan masalah proses produksi, baik permasalahan yang telah diketahui maupun yang potensial terjadi pada system. FMEA telah banyak digunakan untuk menyelesaikan persoalan prioritas perbaikan[5-6]. Penentuan prioritas perbaikan pada FMEA tradisional dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing – masing mode kegagalan berdasarkan atas perkalian dari tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*) atau disebut dengan nilai Risk Priority Number (RPN). Tetapi nilai RPN dalam menentukan prioritas pada FMEA tradisional mempunyai kelemahan yang menuai kritik sehingga banyak penelitian dilakukan untuk mengembangkan metode FMEA dalam penentuan prioritas perbaikan[6]. Pengembangan tersebut antara lain dengan mengintegrasikan dengan Fuzzy model [4,9]. Salah satu model pengembangan FMEA adalah dengan mengintegrasikan dengan *Grey theory* yang menawarkan solusi perhitungan yang berbeda dalam menentukan prioritas [8-10].

Kelebihan dari teknik *Fuzzy* adalah mampu meningkatkan akurasi dalam penentuan nilai risiko, tetapi beberapa keraguan timbul dalam penerapan di kehidupan nyata dengan alasan kesulitan yang terjadi selama desain model *fuzzy*. [6]. Oleh karena itu pemilihan *grey theory* yang mampu mengatasi kekurangan FMEA tradisional dan mudah dalam penerapannya digunakan dalam penelitian ini untuk memprioritaskan resiko.

2. Literature Review

2.1 FMEA

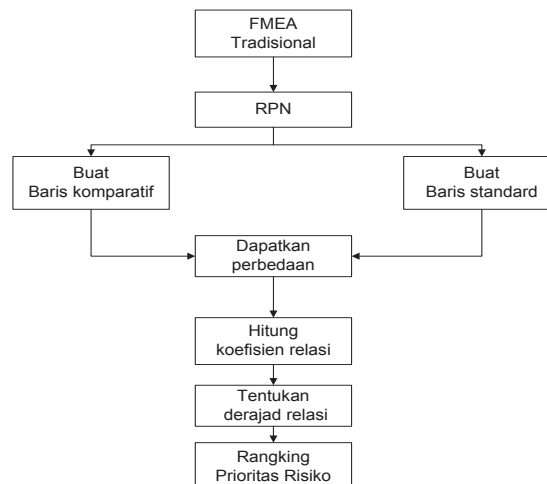
FMEA pertama kali diperkenalkan oleh NASA pada tahun 1963 dan kemudian diadopsi serta dikembangkan oleh perusahaan motor Ford pada tahun 1970. FMEA merupakan *pendekatan bottom-up* dimulai dari mode- mode kegagalan potensial yang terjadi pada satu tingkat kemudian diteliti pengaruh atau efeknya pada tingkat sub sistem berikutnya [7] . Penentuan prioritas perbaikan kegagalan proses ditentukan berdasarkan nilai *risk priority number* (RPN) yang merupakan hasil perkalian dari *severity* (S), *occurrence* (O) dan *detection* (D).

Secara singkat langkah langkah FMEA dapat dijelaskan sebagai berikut : mengidentifikasi sistem yang akan dianalisa, membagi sistem menjadi subsistem dan atau *assembly* dalam rangka melokalisir pencarian komponen, menentukan seluruh mode mode kegagalan dari tiap komponen, penyebab dan efek dari mode kegagalan tersebut pada fungsi dari komponen, subsistem dan keseluruhan sistem, mengevaluasi setiap mode kegagalan yang berpotensi memberikan *effect* terburuk. menetapkan peringkat *severity* (S) dari setiap mode kegagalan sesuai efek masing masing pada sistem, menentukan penyebab mode kegagalan dan memperkirakan kemungkinan setiap kegagalan yang terjadi. Menetapkan peringkat *occurrence* (O) untuk masing masing mode kegagalan menurut kemungkinan yang terjadi, mencatat pendekatan untuk mendeteksi kegagalan dan mengevaluasi kemampuan sistem untuk mendeteksi kegagalan sebelum kegagalan terjadi. Menetapkan peringkat *detection* (D) dari setiap mode kegagalan, hitung *risk priority number* (RPN) dimana RPN diperoleh dari perkalian indeks yang mewakili peringkat *severity* (S), *occurrence* (O) dan *detection* (D) dan menetapkan prioritas untuk perhatian, menentukan tindakan yang direkomendasikan untuk meningkatkan kinerja sistem, melakukan laporan FMEA dalam bentuk tabel[7].

2.2 Grey Theory

Grey Theory pertama kali diusulkan oleh Julong Deng pada tahun 1982, yang berkaitan dengan karakteristik keputusan berupa informasi yang tidak lengkap, dan memeriksa perilaku sistem dengan menggunakan analisa hubungan (*relational analysis*), dan penyusunan model (*model construction*). *Grey Theory* menyediakan suatu ukuran untuk menganalisa hubungan antara *discrete quantitative* dan *qualitative series*, dan semua komponen *series* akan memiliki karakteristik sebagai berikut : keberadaan (*existent*, dapat dihitung (*Countable*), dapat diperpanjang (*Extensible*), berdiri sendiri (*Independent*). Keuntungan utama dari penggunaan metode grey dalam FMEA adalah kemampuan untuk menentukan bobot yang berbeda untuk setiap faktor tidak memerlukan fungsi utilitas dari berbagai bentuk [8,10].

Untuk mengatasi kelemahan FMEA tradisional dalam penentuan prioritas resiko, digunakan pendekatan *grey theory*. Sebuah pendekatan yang rasional untuk mendapatkan nilai RPN dengan cara yang mudah dan sederhana tanpa memerlukan setiap fungsi utilitas. Beberapa kelemahan dari nilai RPN dalam metode FMEA yang sering diperdebatkan adalah [8,10] nilai RPN dapat menghasilkan nilai yang sama, tetapi mungkin mempunyai representasi risiko yang berbeda, penilaian ketiga parameter Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D) diasumsikan memiliki tingkat kepentingan yang sama, padahal secara relatif berbeda ketika diimplementasikan dalam dunia nyata, formulasi matematika untuk menghitung nilai RPN dipertanyakan dan diperdebatkan. Mengapa harus menggunakan perkalian untuk mendapatkan nilai RPN, konversi nilai berbeda untuk ketiga faktor, misalnya: konversi linear untuk O tetapi transformasi non linear digunakan untuk D, evaluasi RPN berbeda dari konsep pengukuran kualitas tradisional, RPN mengabaikan efek kuantitas produksi, RPN tidak dapat memperkirakan efektifitas tindakan perbaikan. Langkah-langkah Penentuan Prioritas dalam *Grey Theory* adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Penentuan Prioritas Masalah dengan Metode Grey Theory

Langkah-langkah penentuan prioritas dalam *grey theory* adalah sebagai berikut [8].

Membuat baris komparatif dengan rumus :

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1(1) & X_1(2) & \dots & X_1(k) \\ X_2(1) & X_2(2) & \dots & X_2(k) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_n(1) & X_n(2) & \dots & X_n(k) \end{bmatrix} \quad (1)$$

dimana $x'_i(k)$ berarti faktor ke-k dari x_i

1. Membuat baris standar

$$X_0 = X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(k) = (1, 1, \dots, 1) \quad (2)$$

2. Mendapatkan perbedaan antara baris komparatif dan baris standar

$$D_0 = \begin{bmatrix} \Delta_{01}(1) & \Delta_{01}(2) & \Delta_{01}(3) & \dots & \Delta_{01}(k) \\ \Delta_{02}(1) & \Delta_{02}(2) & \Delta_{02}(3) & \dots & \Delta_{02}(k) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \Delta_{0m}(1) & \Delta_{0m}(2) & \Delta_{0m}(3) & \dots & \Delta_{0m}(k) \end{bmatrix} \quad (3)$$

dimana $\Delta_{0j}(k) = \|X_0(k) - X_j(k)\|$

3. Menghitung koefisien hubungan

$$\gamma(X_0(k), X_i(k)) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0j}(k) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (4)$$

Dimana : $j = 1, \dots, m$; $k = 1, \dots, n$; $x_0(k)$ adalah baris standard dan $x_i(k)$ adalah baris komparatif series $\Delta_{0j} = \|X_0 - X_j(k)\|$; $\Delta_{\min} = \min_{j \in i} \min_{k} \|X_0(k) - X_j(k)\|$
 $\Delta_{\max} = \max_{j \in i} \max_{k} \|X_0(k) - X_j(k)\|$ ζ adalah *identifier*, $\zeta \in (0,1)$, hanya mempengaruhi nilai relatif risiko tanpa merubah prioritas. Secara umum ζ bisa bernilai 0,5.

4. Menentukan derajat relasi

$$\Gamma(X_i, X_j) = \sum_{k=1}^n \beta_k \gamma(X_i(k), X_j(k)) \quad (5)$$

dimana β_k adalah koefisien bobot faktor dan $\sum_{k=1}^n \beta_k = 1$; Jika semua faktor sama pentingnya, formulasi di atas dapat diubah sebagai:

$$\Gamma(X_i, X_j) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(X_i(k), X_j(k)) \quad (6)$$

5. Merangking prioritas resiko

Dirangking berdasarkan derajat hubungan antara baris komparatif dan baris standar, suatu baris *relational* dapat dibangun. Jika $r(X_0, X_i) \geq r(X_0, X_j)$, yang menandakan derajat hubungan antara X_i dan X_0 adalah lebih besar dari antara X_j dan X_0

3. Studi Kasus

PT. Kutai Timber Indonesia (PT. KTI) adalah perusahaan *joint venture* antara PT. Kaltimex Jaya (Kalimantan Timur) dengan Sumitomo Forestry Co., Ltd. Tokyo, Japan. PT. KTI pada dasarnya memproduksi kayu lapis (*plywood*) tetapi dengan adanya permintaan kebutuhan yang terus meningkat sehingga bukan hanya memproduksi *plywood* saja tetapi menjadi berbagai macam barang seperti *Wood Working*, *Secondary Processing* dan *Particle Board*. Pengamatan dilakukan pada fungsi proses dua divisi proses produksi yaitu *wood working* pada produksi *bare core falcate* dan divisi *particle board* pada unit *forming and press line*.

3.1 Penentuan Prioritas pada bare core falcate Divisi Wood Working

Urutan proses produksi pembuatan *bare core falcate* adalah sebagai berikut: *Cross Cut*, *Double Planer*, *Gang Rip*, *Arranging*, *Bare Core Compossor*, *Sander*. Rata-rata permintaan produksi adalah 2000 unit per bulan. Dengan mengikuti langkah-langkah pada FMEA didapatkan identifikasi data ragam kegagalan yang potential (*potensial failure mode*) yang terjadi pada tiap fungsi proses produksi *bare core falcate* dan dari hasil kuisioner pada 4 *expert* yaitu dua *supervisor* produksi, dua *supervisor maintenance* dapat diketahui nilai RPN adalah sebagai berikut:

Tabel 1. FMEA pada produksi *bare core falcate*

No	Fungsi Proses / Component	Failure Mode	Failure Effect	S	O	Current Process Control		D	RPN	Prioritas
						Alat ukur	Visual			
1	Cross Cut	Hasil potong tidak siku	Sambungan panjang renggang	3	3	√		4	36	5
2	Double Planer	Hasil <i>planer</i> tidak rata	Proses pengeleman kurang lem dan tekanan	8	4		√	5	160	1
3	Gang Rip	Hasil potong tidak rata	Produk akhir kurang tebal	8	3		√	3	72	3
4	Draft	Hasil <i>draft</i> terlalu panjang	Sampah sisa potong besar	3	1		√	2	6	6
5	Bare Compossor	<i>Temperatur</i> kurang tinggi	Lem tidak lengket	8	5	√		3	120	2
6	Sander	Hasil <i>sanding</i> tidak rata	Tebal produk tidak sesuai standard	8	4	√		2	64	4

Perbaikan penentuan prioritas kegagalan diperbaiki dengan menggunakan *grey theory* dengan memberi bobot pada S, O, D adalah 45%, 35%, 20% dan didapatkan hasil sbb :

Tabel 2. Prioritas perbaikan pada *bare core falcate* dengan *grey theory*

No	Fungsi Proses / Component	Failure Mode	Comp series			Perbe daan			relational coefficient			Nilai grey theory	Prioritas
			3	3	4	2	2	3	0.64	0.64	0.54		
1	Cross Cut	Hasil potong tidak siku	3	3	4	2	2	3	0.64	0.64	0.54	0.616783	5
2	Double Planer	Hasil <i>planer</i> tidak rata	8	4	5	7	3	4	0.33	0.54	0.47	0.431795	1
3	Gang Rip	Hasil potong tidak rata	8	3	3	7	2	2	0.33	0.64	0.64	0.5	4
4	Draft	Hasil <i>draft</i> terlalu panjang	3	1	2	2	0	1	0.64	1.00	0.78	0.791919	6
5	Bare Compossor	<i>Temperatur</i> kurang tinggi	8	5	3	7	4	2	0.33	0.47	0.64	0.440606	2
6	Sander	Hasil <i>sanding</i> tidak rata	8	4	2	7	3	1	0.33	0.54	0.78	0.494017	3

Perbandingan penentuan prioritas perbaikan *potential failure mode* pada *bare core falcate* memberikan informasi bahwa dari 6 urutan prioritas terdapat 2 prioritas yang berbeda yaitu pada fungsi proses *gang Rip* dan *Sander*.

3.2 Penentuan Prioritas pada unit Forming and Press Line Divisi Particle Board

Diidentifikasi ada 49 jenis *failure mode*, kemudian dari hasil kuesioner penentuan nilai S,O,D, didapatkan 10 data ragam kegagalan (*potensial failure mode*) yang terjadi pada tiap fungsi proses produksi di unit *Forming* sehingga dapat dihitung nilai RPN adalah sebagai berikut :

Tabel 3. FMEA pada unit *Forming and Press Line*

No	Fungsi Proses/ Component	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN	Prio ritas
1	Main screw silo	V belt aus	Proses terganggu	6	4	1	24	1
8	Shuttle belt conveyor	Pneumatik Harfdener Valve rusak	Proses terganggu	7	2	3	42	2
6	Shuttle belt conveyor	Flap kotor	Over temperatur	8	3	3	72	4
2	Motor Glue blender	Belt putus	Mesin stop & produksi tidak bisa berlanjut	7	4	3	84	5
4	Motor Glue blender	V belt putus	Proses terganggu	7	4	3	84	6
5	Flap Glue blender	Motor Terbakar	Mesin stop & produksi tidak bisa berlanjut	8	4	3	96	8
7	Disc separator	Disc Kotor	Mesin stop & produksi tidak bisa berlanjut	7	7	3	147	9
9	Glue kitchen	Acceleration Belt Miring	Proses terganggu	5	3	6	90	7
3	Acceleration Belt	Bearing aus	Proses terganggu	7	4	6	168	10
10	Main Cylinder	MC Bocor	Mesin stop & produksi tidak bisa berlanjut	7	1	9	63	3

Perbaikan penentuan prioritas kegagalan diperbaiki dengan menggunakan *grey theory* dengan memberi bobot pada S, O, D adalah 45%, 35%, 20% dan didapatkan hasil sbb :

Tabel 4. Prioritas perbaikan pada unit *Forming and Press Line* dengan *grey theory*

No	Fungsi Proses/ Component	Failure Mode	S	O	D	RPN	Prio ritas	Comp series	Perbe daan	relational coefficient			Nilai	Prio ritas				
										grey theory								
1	Main screw silo	V belt aus	6	4	1	24	10	6	4	1	5	3	0.44	0.57	1.00	0.60	10	
2	Shuttle belt conveyor	Pneumatik Harfdener Valve rusak	7	2	3	42	9	7	2	3	6	1	2	0.40	0.80	0.67	0.59	8
3	Shuttle belt conveyor	Flap kotor	8	3	3	72	7	8	3	3	7	2	2	0.36	0.67	0.67	0.53	6
4	Motor Glue blender	Belt putus	7	4	3	84	5	7	4	3	6	3	2	0.40	0.57	0.67	0.51	4
5	Motor Glue blender	V belt putus	7	4	3	84	6	7	4	3	6	3	2	0.40	0.57	0.67	0.51	5
6	Flap Glue blender	Motor Terbakar	8	4	3	96	3	8	4	3	7	3	2	0.36	0.57	0.67	0.50	3
7	Disc separator	Disc Kotor	7	7	3	147	2	7	7	3	6	6	2	0.40	0.60	0.67	0.45	1
8	Glue kitchen	Acceleration Belt Miring	5	3	6	90	4	5	3	6	4	2	5	0.50	0.67	0.44	0.55	7
9	Acceleration Belt	Bearing aus	7	4	6	168	1	7	4	6	6	3	5	0.40	0.57	0.44	0.47	2
10	Main Cylinder	MC Bocor	7	1	9	63	8	7	1	9	6	0	8	0.40	1.00	0.33	0.60	9

Perbandingan penentuan prioritas perbaikan *potential failure mode* pada unit *forming and press line* memberikan informasi bahwa dari 10 urutan prioritas terdapat 8 prioritas yang berbeda dan 2 prioritas yang sama yaitu pada fungsi *proses main screw silo* dan *flap glue blender*.

4. Kesimpulan

Menentukan prioritas perbaikan kegagalan proses produksi dengan metode FMEA tradisional memberikan ragam kegagalan potensial yang harus segera diatasi untuk menjaga kualitas produk sesuai yang distandarkan perusahaan. Dari penerapan model FMEA dan *grey Theory* dalam menentukan prioritas perbaikan pada studi kasus industri penghasil *plywood* PT. KTI Probolinggo di dua divisi yang berbeda, menghasilkan perbedaan urutan prioritas yang signifikan yaitu dari 10 prioritas perbaikan ragam kegagalan proses produksi, terdapat 8 perbedaan prioritas dan 2 urutan prioritas yang sama di Divisi *Particle Board*. Sedangkan di Divisi *work working* hanya terdapat dua urutan prioritas perbaikan kegagalan proses yang berbeda.

5. Daftar Referensi

- [1] Chung-Ho Chen, *The Modified Economic Manufacturing Quantity Model for Product with Quality Loss Function*, Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 12, No. 2, pp. 109_112, 2009.
- [2] Nia Budi Puspitasari & Arif M., Penggunaan FMEA dalam mengidentifikasi resiko kegagalan proses produksi sarung ATM (Alat Tenun Mesin), J@TI Undip Vol IX No.2, Mei 2014.
- [3] Sekar Vinodh, D.Santhosh, *Application of FMEA to an automotive leaf spring manufacturing organization*, The TQM Journal, Vol 24 Iss: 3 pp 260 – 274, 2012.
- [4] Wang Ying-Ming; Kwai-Sang Chin, Gary Ka Kwai Poon, Jian Bo Yang, *Risk Evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy*, Expert systems applications 36 , 1195-1207, 2009.
- [5] Zhang Zaifang, Xuening Chu, *Risk Prioritization in failure mode and effects analysis under uncertainty*, Expert Systems with Applications 38 , 206 – 214, 2011.
- [6] Liu, H.C., Liu, L., Liu N., "Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis : a literature review", Expert Systems with applications. 40, 828-838, 2013.
- [7] Sharma, R.K., Kumar, D., Kumar, P. "Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using Fuzzy linguistic modelling", International journal of quality & reliability management, Vol. 22 , Iss:9 pp. 986 – 1004, 2005.
- [8] Chang, C.L., Liu, P.H., & Wei, C.C., "Failure mode and effects analysis using grey theory", *Integrated Manufacturing Systems*, 12(3), 211 – 216, 2001.
- [9] Geum Youngjung, Yangrae Cho, Yongtae Park , *A systematic approach for diagnosing service failure : Service-specific FMEA and grey relational analysis approach* , Mathematical and Computer Modelling 54 , 3126 – 3142, 2011.
- [10] Liu, H.C., Liu, L., Bian, Q.H., Lin, Q.L., Dong, N., Xu, P.C. , "Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory", Expert Systems with applications , vol. 38 , 4403-4415, 2011.