

## Analisis Terstruktur Faktor Risiko Operasional Industri Manufaktur Kertas Menggunakan Pendekatan ISM-MICMAC

Dyah Ayu Febriana<sup>1</sup>, Febria Lucy Ardiani<sup>2</sup>, Eksya Yuliadi Wijaya<sup>3</sup>, Evi Yuliawati<sup>4\*</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya JL. Arief Rahman Hakim 100 Surabaya

Email: dyahayu6768@gmail.com, febialucya@gmail.com, eksawijaya99@gmail.com, eviyulia103@itats.ac.id

\* Corresponding Author

### ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis faktor risiko yang memengaruhi kinerja operasional manufaktur kertas dengan pendekatan ISM (*Interpretive Structural Modeling*) dan MICMAC. Sepuluh faktor utama teridentifikasi melalui wawancara dan observasi, termasuk produk gagal, produk ditolak bagian quality control (QC), produk dikembalikan konsumen, masalah mesin, serta keterampilan pekerja. Hasil penilaian menunjukkan produk dikembalikan konsumen dan keluhan pelanggan memiliki skor tertinggi (mean 4,0), diikuti kesalahan manusia (mean 3,7) dan produk ditolak QC (mean 3,3). Analisis ISM menempatkan faktor produk gagal (RF1), produk ditolak QC (RF2), dan produk dikembalikan (RF3) pada level tertinggi dengan driving power = 10, sehingga menjadi prioritas strategis. MICMAC mengklasifikasikan seluruh faktor dalam cluster linkage, menandakan tingkat keterkaitan yang tinggi antar risiko. Hasil ini mengimplikasikan bahwa optimasi pengendalian kualitas harus difokuskan pada reduksi defect produk, penguatan inspeksi QC, serta peningkatan kecepatan respon terhadap keluhan konsumen. Selain itu, departemen QC perlu menetapkan standar evaluasi berbasis data numerik untuk menurunkan tingkat produk cacat, sementara departemen produksi harus memperketat jadwal perawatan mesin guna mencegah *downtime*. Dengan demikian, perusahaan dapat merancang strategi mitigasi risiko yang lebih efektif, menekan biaya akibat retur konsumen, serta meningkatkan daya saing di industri manufaktur kertas.

**Kata kunci:** Faktor Risiko, Manufaktur Kertas, ISM dan MICMAC

### ABSTRACT

*This study analyzes the risk factors that influence operational performance in the paper manufacturing sector using Interpretive Structural Modeling (ISM) and MICMAC approaches. Ten major risk factors were identified through interviews and observations, including defective products, products rejected by Quality Control (QC), customer returns, machine issues, and worker skills. The assessment results show that customer returns and complaints had the highest mean score (4.0), followed by human error (3.7) and QC rejection (3.3). ISM analysis placed defective products (RF1), QC rejections (RF2), and customer returns (RF3) at the highest level with a driving power score of 10, making them the most strategic priorities. Furthermore, MICMAC analysis classified all risk factors into the linkage cluster, indicating strong interdependencies among them. These findings imply that quality control optimization must focus on reducing product defects, strengthening QC inspections, and improving responsiveness to customer complaints. The QC department should establish evaluation standards supported by numerical data to reduce rejection rates, while the production department must tighten preventive maintenance schedules to minimize machine downtime. By addressing these critical factors, companies can design more effective risk mitigation strategies, reduce costs caused by product returns, and enhance competitiveness in the paper manufacturing industry.*

**Keywords:** Risk Factors, Paper Manufacturing, ISM and MICMAC.

## I. PENDAHULUAN

Industri manufaktur merupakan proses yang mengolah bahan mentah, barang setengah jadi atau bagian lainnya menjadi produk jadi yang memenuhi standart spesifikasi tertentu sesuai dengan bidang manufaktur (Zahari & Chirzun, 2020). Dalam proses produksi suatu produk, peran karyawan sangat penting di semua tahap yang ada. Meskipun di era 4.0 telah dirapkan penggunaan mesin dalam beberapa proses produksi untuk memudahkan pekerjaan manusia, masih terdapat kemungkinan terjadinya kesalahan faktor yang berupa cacat. Cacat tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kesulitan, masalah insiden, dan kegagalan yang terjadi (Tahapary & Saptadi, 2022). Perusahaan-perusahaan disektor manufaktur dihadapkan pada tantangan

untuk memastikan kelangsungan usaha mereka. Salah satu langkah strategis yang diambil adalah meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Sebuah proses produksi dianggap efektif jika perusahaan mampu mencapai target produksi yang telah ditetapkan baik dari segi jumlah maupun waktu, serta dapat menghasilkan produk berkualitas dengan memanfaatkan sumber daya secara optimal. Namun, tidak menutup kemungkinan bahwa pegawai dapat melakukan kesalahan. Oleh karena itu, perusahaan perlu mengurangi risiko produk gagal dengan didukung oleh standart operasional prosedur yang baik, terutama dibagian pengendalian kualitas (Pangestu et al., 2021)

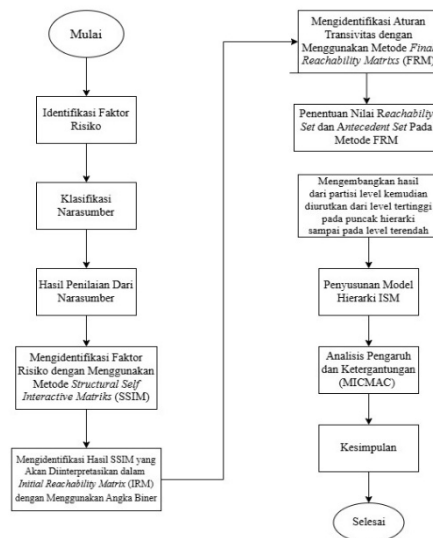
Perlu dilakukan pengendalian kualitas pada proses produksi agar perusahaan terhindar dari keluhan konsumen dan kehilangan pangsa pasar (Raden Vina Iskandya Putri1, 2023). Berdasarkan hasil wawancara mendalam dengan manajer produksi yang bekerja di suatu manufaktur yang memproduksi kertas, penurunan hasil produksi disebabkan oleh berbagai faktor terutama dalam faktor risiko kerja. Fakto-faktor tersebut biasanya berasal dari kelompok yang mempunyai kepentingan di manufaktur kertas, yang kemudian menyebabkan berbagai masalah operasional yang pada akhirnya menghambat kelancaran bisnis perusahaan (Prihartono et al., 2023). Risiko adalah istilah yang merujuk pada kemungkinan terjadinya suatu peristiwa yang memiliki catatan historis dan mengikuti distribusi probabilitas, sehingga risiko tersebut dapat diprediksi secara teoritis. Sementara itu, manajemen risiko adalah sekumpulan aturan dan prosedur yang diterapkan oleh organisasi untuk mengelola, memantau dan mengendalikan risiko yang ada (Wakhyudi et al., 2024).

Untuk mengatasi risiko kerja, langkah utama yang perlu diambil oleh perusahaan adalah memahami risiko tersebut, melakukan pengukuran, pengawasan dan pengendalian. Perusahaan yang menjalankan proses manajemen risiko bisa memperkirakan skenario terburuk yang mungkin terjadi serta dampaknya. Risiko operasional memiliki dimensi yang luas dan kompleks, serta sumber risiko yang berasal dari berbagai elemen dalam organisasi, termasuk kebijakan, sistem, teknologi, serta faktor-faktro yang berkaitan dengan manusia (Misman, 2022).

Berdasarkan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini tujuannya adalah mengidentifikasi faktor risiko serta memahami keterkaitan risiko dalam proses produksi kertas (Paramaditya & Vanany, 2023). Data awal menunjukkan tingginya defect pada produk, dengan skor tertinggi pada produk dikembalikan konsumen dan keluhan pelanggan (mean = 4,0), diikuti kesalahan manusia (3,7) serta penolakan QC (3,3). Kondisi ini menandakan rendahnya produktivitas dan kinerja operasional akibat tingginya biaya *retur*, *downtime*, dan penurunan kepuasan pelanggan. Pendekatan yang sistematis diperlukan untuk secara efektif mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi risiko. Dalam hal ini, MICMAC dan ISM dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan strategi manajemen risiko yang lebih terstruktur dan terfokus (Fahrudin & Islami, 2025). Modeling structural interpretive (ISM dimanfaatkan sebagai sarana untuk membangun koneksi struktural antara berbagai faktor. ISM adalah metode yang sering digunakan dalam mengidentifikasi hubungan antara faktor-faktor yang berkontribusi pada suatu masalah tertentu (Yulawati et al., 2021). Metode ISM menciptakan aturan sistematis menyeluruh yang mencerminkan rangkaian dari masalah yang menyeluruh. Selain itu ISM juga membantu dalam menetapkan rangkaian dan manfaat dalam hubungan yang rumit antar urutan pada proses. Belum banyak studi yang mengintegrasikan analisis risiko operasional manufaktur kertas dengan pendekatan integrasi ISM-MICMAC berbasis keterkaitan antar faktor. Oleh karena itu, beberapa peneliti yang memanfaatkan metode ISM untuk menanggulangi agar mengurangi risiko kecelakaan kerja (Haryono & Handayani, 2018). Metode MICMAC memberikan solusi terhadap kompleksitas dengan menyusun peringkat elemen-elemen dalam sebuah pendekatan yang terorganisasi dan terencana yang dilakukan dengan mempelajari keterkaitan di antara berbagai proses. Metode MICMAC sering digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor kunci (Rosalinda et al., 2022).

## II. METODE PENELITIAN

Pengumpulan informasi untuk studi kasus ini dilakukan dengan memanfaatkan metode wawancara langsung dengan beberapa narasumber pada departemen produksi. Observasi dilakukan untuk mendapatkan apa saja faktor risiko yang dapat mempengaruhi implementasi *green*, *lean*, dan *six sigma* dalam proses produksi. Di dapatkan sepuluh faktor risiko yang kemudian di analisis dengan menggunakan metode ISM dan MICMAC. Dalam penelitian ini tahap pengolahan data terdiri dari 4 tahap yaitu: identifikasi faktor risiko, penyusunan matrix ISM, penyusunan model hierarki ISM, dan analisis pengaruh dan ketergantungan (MICMAC). berikut ini tahapan penelitian yang ada pada gambar 1:



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Identifikasi Faktor Risiko

Informasi yang didapatkan dari penelitian adalah dengan melakukan wawancara dengan beberapa narasumber yang memiliki peran penting dalam sektor industri, khususnya pada bagian produksi. Berikut ini adalah tabel klasifikasi narasumber yang ada pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Narasumber

No	Narasumber	Sektor
1	Manajer Produksi	Industri
2	Bagian Produksi	Industri
3	Bagian Produksi	Industri

Berdasarkan hasil wawancara, diperoleh beberapa kategori faktor risiko yang mempengaruhi keberhasilan dalam implementasi *green*, *lean*, dan *six sigma* dalam proses manufaktur. Berikut ini adalah hasil kategori faktor risiko yang ada pada tabel 2.

Tabel 2. Kategori Faktor Risiko

Kategori	Faktor risiko
Pencampuran Bahan Baku	a. Kesalahan manusia (dalam menakar bahan)
Pembentukan Lembaran Kertas	a. Mesin berjalan abnormal (pada <i>wire section</i> atau <i>roll</i> )
	b. Mesin tidak bisa berjalan lancar
Pengeringan dan Pematangan	a. Kurangnya perawatan mesin secara berkala
	b. Kecelakaan kerja ringan akibat suhu tinggi atau uap panas
Pengepakan dan Penyimpanan	a. Produk dikembalikan konsumen (akibat produk usang atau pengepakan yang tidak rapi)
	b. Kurangnya keterampilan pekerja
<i>Quality Control</i>	a. Produk gagal
	b. Produk ditolak QC
Pengelolaan masukan konsumen	a. Komplain dari konsumen

Kemudian narasumber memberikan penilaian relevansi dengan tujuan sebagai hasil dari penilaian narasumber yang memiliki nilai penting setiap faktor risikonya. Dengan menggunakan skala *likert* 1 hingga 5 dengan ketentuan sama sekali tidak sesuai, tidak sesuai, lumayan sesuai, sesuai, sangat sesuai. Dimana apabila hasil standar deviasi lebih kecil artinya semakin baik penilaian faktor risiko. Nilai rata-rata dan standar deviasi yang diperoleh menggambarkan kondisi awal kinerja operasional sebelum adanya usulan perbaikan. Berikut ini adalah tabel hasil penilaian narasumber yang bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Penilaian Narasumber

No	RFs to GLSCPs	Experts Inputs				
		1	2	3	Mean	SD
1	Produk gagal	3	3	3	3.0	0.00
2	Produk ditolak QC	4	3	3	3.3	0.47
3	Produk dikembalikan	5	4	3	4.0	0.82
4	Mesin berjalan abnormal	2	3	3	2.7	0.47
5	Mesin produksi tidak bisa jalan	2	3	2	2.3	0.47
6	Kecelakaan kerja ringan	3	3	3	3.0	0.00
7	Komplain dari konsumen	5	3	4	4.0	0.82
8	Kesalahan manusia (kelalaian)	5	3	3	3.7	0.94
9	Kurangnya keterampilan pekerja	3	2	3	3.0	0.82
10	Kurangnya perawatan mesin secara berkala	3	2	2	2.3	0.47

Pada tabel 3, memperlihatkan faktor dengan nilai tertinggi adalah produk dikembalikan, *complain* dari konsumen serta kesalahan manusia. Hasil penilaian ini menunjukkan bahwa kondisi awal perusahaan sudah menghadapi kendala terkait *defect* produk, retur, dan kepuasan pelanggan. Berdasarkan hasil penilaian relevansi, di dapatkan sepuluh faktor risiko yang akan dianalisis lebih lanjut dengan penjelasan pada tabel 4.

Tabel 4. Faktor Risiko Departemen Produksi

No	RF ke GLSCP	Deskripsi	Literatur Pendukung
RF1	Produk gagal (tidak sesuai dgn spesifikasi)	Produk dengan ketidaksempurnaan atau kecuaran yang dapat mempengaruhi fungsi, penampilan, atau keamanan dikenal sebagai produk cacat. Perusahaan harus selalu memperhatikan produk cacat dengan cermat agar tidak mengganggu proses operasi dan produksi yang efisien dan efektif.	(Sartika & Muttaqin, 2022), (Milah & Suseno, 2022)
RF2	Produk ditolak QC	Pemahaman mengenai hubungan antara satu risiko dengan peluang lainnya akan sangat membantu dalam pengambilan keputusan yang paling efektif untuk mengurangi risiko.	(Natalia et al., 2020)
RF3	Produk dikembalikan	Produk yang tidak sampai ke konsumen sesuai waktu yang ditentukan akibat hilang, tertukar, atau rusak dapat menyebabkan dampak negatif bagi perusahaan. Maka dari itu, analisis manajemen risiko harus dilakukan untuk mengatasi potensi masalah yang mungkin timbul selama distribusi barang ke konsumen.	(Keswari & Rinawati, n.d.), (Fajaruddin Pettawali et al., 2024)
RF4	Mesin produksi tidak bisa jalan	Risiko ini memerlukan tindakan yang cepat atau tidak sama sekali. Salah satu risiko potensial adalah jika biaya produk atau layanan lebih tinggi daripada nilainya, hanya satu manfaat yang akan direalisasikan. Risiko sangat rendah dan tidak layak untuk diambil, kesempatan lebih besar daripada risiko, risiko tidak memiliki pengakuan.	(Asrory, 2023)
RF5	Kecelakaan kerja ( <i>safety</i> )	Sebagai aturan umum, bisnis atau organisasi bisnis tidak dapat dinilai dengan mengevaluasi risiko. Bisnis yang menangani risikonya dengan baik akan memberikan dampak positif pada perspektif pasar. Oleh karena itu, manajemen risiko sangat penting bagi kesuksesan perusahaan.	(Wakhyudi et al., 2024)

Tabel 4. Faktor Risiko Departemen Produksi (Lanjutan)

No	RF ke GLSCP	Deskripsi	Literatur Pendukung
RF6	Komplain dari konsumen	Mewujudkan kepuasan pelanggan sangat penting karena pelanggan tidak selalu memberikan informasi berdasarkan perbandingan antara persepsi mereka terhadap produk atau layanan yang diterima dan ekspektasi yang telah mereka miliki sebelumnya. Oleh karena itu, memahami dan memenuhi harapan pelanggan menjadi kunci dalam menciptakan kepuasan yang berkelanjutan. <i>Human error</i> adalah penyimpangan dari standar performansi yang telah ditetapkan, yang dapat mengakibatkan penundaan dan berbagai masalah, seperti kecelakaan kerja, penurunan efisiensi produksi, cacat produk, serta gangguan dalam transportasi dan distribusi.	(Yahya et al., 2021)
RF7	Kesalahan manusia ( <i>human error</i> )	Pengalaman kerja memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja individu di suatu perusahaan, karena keterampilan, pengetahuan, dan kemampuan yang diperoleh dari pekerjaan sebelumnya. Keterampilan dan kemampuan kerja sering dianggap sebagai faktor eksternal yang dapat meningkatkan kinerja karyawan.	(Tahapary & Saptadi, 2022)
RF8	Kurangnya keterampilan pekerja	Tindakan memperbaiki atas terjadinya kegagalan pada suatu mesin atau peralatan, walaupun keperawatan melibatkan langkah-langkah pencegahan, keperawatan merupakan gabungan dari segala tindakan aspek teknis, administratif, dan manajerial sepanjang siklus hidup mesin atau peralatan.	(Triana et al., 2023)
RF9	Kurangnya perawatan mesin secara berkala	Perawatan korektif umumnya dilakukan ketika mesin atau peralatan produksi menunjukkan gejala operasi yang tidak normal, meskipun masih dapat berjalan, namun tidak dalam kondisi optimal. Sasaran perawatan adalah untuk memberikan arahan dan meningkatkan proses sehingga proses produksi dapat berjalan secara efektif dan efisien.	(Wibowo et al., 2021)
RF 10	Mesin produksi berjalan abnormal		(Aliyah, 2019)

### 3.2 Penyusunan Matrix ISM

#### 1. *Struktural Self Interaktif Matrix (SSIM)*

Sepuluh faktor risiko tersebut kemudian digunakan untuk menyusun hubungan kontekstual yang terjadi ke dalam matrix yang dinamakan *struktural self interaktif matrix* (SSIM) dengan menggunakan huruf yaitu:

V: faktor i akan mempengaruhi faktor j

A: faktor i akan dipengaruhi oleh faktor j

X: faktor i dan faktor j saling mempengaruhi

O: faktor i dan faktor o tidak berhubungan

Dengan menggunakan bagian segitiga separuh, untuk meningkatkan efisiensi dalam pengisian dan pembacaan data, dan untuk menghindari pengulangan informasi yang sama karena setiap hubungan hanya memerlukan satu kali penilaian hubungan. Berikut ini hasil dari *struktural self interaktif matrix* (SSIM) dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. *Struktural Self Interaktif Matrix (SSIM)*

No	RF10	RF9	RF8	RF7	RF6	RF5	RF4	RF3	RF2	RF1
RF1	V	V	V	A	O	O	A	X	X	X
RF2	O	V	X	X	O	O	A	X	X	
RF3	A	A	A	X	O	O	A	X		
RF4	A	A	X	O	V	V	X			
RF5	A	A	A	O	O	X				
RF6	O	X	X	O	X					
RF7	A	A	A	X						
RF8	V	V	X							
RF9	V	X								
RF10	X									

### 2. *Initial Rechability Matrix (IRM)*

Setelah melakukan tahap *struktural self interaktif matrix (SSIM)*, akan diinterpretasikan ke dalam *initial rechability matrix (IRM)* dengan menggunakan angka biner dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jika entri xij dalam SSIM adalah V, maka entri xij dalam IRM menjadi 1 dan entri xij menjadi 0
  - Jika entri xij dalam SSIM adalah A, maka entri xij dalam IRM menjadi 0 dan entri xij menjadi 1
  - Jika entri xij dalam SSIM adalah X, maka entri xij dalam IRM menjadi 1 dan entri xij juga menjadi 1
  - Jika entri xij dalam SSIM adalah O, maka entri xij dalam IRM menjadi 0 dan xij juga menjadi 0
- Berikut ini adalah hasil dari *initial rechability matrix (IRM)* pada tabel 6.

Tabel 6 *Initial Rechability Matrix (IRM)*

No	RF1	RF2	RF3	RF4	RF5	RF6	RF7	RF8	RF9	RF10
RF1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
RF2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
RF3	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
RF4	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
RF5	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
RF6	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
RF7	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
RF8	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
RF9	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
RF10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1

### 3. *Final Rechability Matrix (FRM)*

Setelah menyelesaikan matriks *rechability* awal (IRM), kita akan beralih ke matriks *rechability* akhir (FRM). Langkah ini akan menerapkan aturan transitivitas, yang menyatakan bahwa jika A menguntungkan B dan B menguntungkan C, maka A juga harus menguntungkan C. Hasil matriks *rechability* akhir (FRM) pada Tabel 7 ditunjukkan di bawah ini.

Tabel 7. *Final Rechability Matrix (FRM)*

No	RF1	RF2	RF3	RF4	RF5	RF6	RF7	RF8	RF9	RF10	<i>Driving power</i>
RF1	1	1	1	1	1*	1*	1	1	1	1	10
RF2	1	1	1	1	1*	1*	1	1	1	1	10
RF3	1	1	1	1	1*	1*	1	1	1	1	10
RF4	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	8
RF5	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	5
RF6	0	0	0	1	1	1	1*	1	1	1*	7
RF7	0	0	0	1	1*	0	1	1	1	1	6
RF8	1	1	1*	1	1	0	1	1	1	1	9
RF9	1	1	1*	1	1	1	1	1	1	1	10
RF10	1	1	1*	1	1	1	1	1	1	1	10
<i>Dependence power</i>	7	7	6	10	10	7	8	10	10	10	

Seperti contoh pada tabel 7, terdapat hubungan antara RF 1 dan RF 5 yang semula pada IRM bernilai 0 kemudian dicari hubungan tidak langsung (transitivitas) anantara keduanya. Sehingga di dapatkan hubungan RF 1 dan RF 4 kemudian dilanjutkan ke RF 4 kr RF.

#### 4. Partisi Level

Pada tahap ini, penentuan nilai *reachability set* dan *antecedent set* pada metode FRM. Dimana *reachability set* di dapatkan dari faktor yang berada pada posisi horizontal, dan *antecedent set* di dapatkan dari faktor yang berada pada posisi vertikal. Faktor-faktor yang memiliki kesamaan akan ditempatkan pada *intersection set* pada level tertinggi, dan di ulang secara bertahap hingga semua faktor memiliki level masing-masing. Berikut ini adalah hasil dari partisi level yang ada pada tabel 8.

Tabel 8. Partisi Level

Code	<i>Reachability set</i> (R)	<i>Antecedent set</i> (A)	<i>Intersection set</i> (RnA)	Level
#1	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #8, #9, #10	
#2	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #8, #9, #10	
#3	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #8, #9, #10	
#4	#1, #2, #4, #5, #6, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #4, #5, #6, #8, #9, #10	1
#5	#4, #5, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	#4, #5, #8, #9, #10	1
#6	#4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #6, #7, #8, #9, #10	#6, #9, #10	
#7	#4, #5, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #6, #7, #8, #9, #10	#7, #9, RF 10	
#8	#1, #2, #3, #4, #5, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #5, #7, #8, #9, #10	
#9	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	1
#10	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	#1, #2, #3, #4, #5, #6, #7, #8, #9, #10	1
<b>Iterasi 2</b>				
#1	#1, #2, #3, #6, #7, #8	#1, #2, #3, #8	#1, #2, #3, #8	
#2	#1, #2, #3, #6, #7, #8	#1, #2, #3, #8	#1, #2, #3, #8	
#3	#1, #2, #3, #6, #7, #8	#1, #2, #3, #8	#1, #2, #3, #8	
#6	#6, #7, #8	#1, #2, #3, #6	#6	
#7	#7, #8	#1, #2, #3, #6, #7, #8	#7, #8	2
#8	#1, #2, #3, #7, #8	#1, #2, #3, #6, #7, #8	#1, #2, #3, #7, #8	
<b>Iterasi 3</b>				
#1	#1, #2, #3, #6, #8	#1, #2, #3, #8	#1, #2, #3, #8	
#2	#1, #2, #3, #6, #8	#1, #2, #3, #8	#1, #2, #3, #8	
#3	#1, #2, #3, #6, #8	#1, #2, #3, #8	#1, #2, #3, #8	
#6	#6, #8	#1, #2, #3, #6	#6	
#8	#1, #2, #3, #8	#1, #2, #3, #6, #8	#1, #2, #3, #8	3
<b>Iterasi 4</b>				
#1	#1, #2, #3, #6	#1, #2, #3	#1, #2, #3	
#2	#1, #2, #3, #6	#1, #2, #3	#1, #2, #3	
#3	#1, #2, #3, #6	#1, #2, #3	#1, #2, #3	
#6	#6	#1, #2, #3, #6	#6	4
<b>Iterasi 5</b>				
#1	#1, #2, #3	#1, #2, #3	#1, #2, #3	5
#2	#1, #2, #3	#1, #2, #3	#1, #2, #3	5
#3	#1, #2, #3	#1, #2, #3	#1, #2, #3	5

Keterangan: Tanda # melambangkan RF

### 5. Conical Matrix

Pada tahap selanjutnya, mengembangkan hasil dari partisi level kemudian diurutkan dari level tertinggi pada puncak hierarki sampai pada level terendah dan di kelompokkan berdasarkan kesamaan level yang dimiliki oleh setiap faktor. Berikut ini hasil dari *conical matrix* dapat dilihat pada tabel 9.

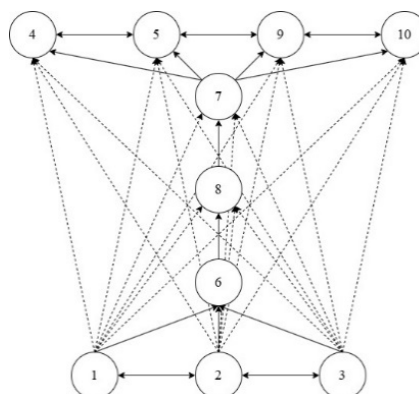
Tabel 9 Conical Matrix

No	RF4	RF5	RF9	RF10	RF7	RF8	RF6	RF1	RF2	RF3
RF4	I	1	1	1	0	1	1	1	1	0
RF5	1	I	1	1	0	1	0	0	0	0
RF9	1	1	I	1	1	1	1	1	1	1*
RF10	1	1	1	I	1	1	1	1	1	1*
RF7	1	1*	1	1	II	1	0	0	0	0
RF8	1	1	1	1	1	III	0	1	1	1*
RF6	1	1	1	1*	1*	1	IV	0	0	0
RF1	1	1*	1	1	1	1	1*	V	1	1
RF2	1	1*	1	1	1	1	1*	1	V	1
RF3	1	1*	1	1	1	1	1*	1	1	V

### 3.3 Penyusunan Model Hierarki ISM

#### 1. Diagram ISM

Pada tahap ini, diagram ISM berisi tingkatan level dan hubungan antara faktor-faktor risiko yang digambarkan dengan tanda panah untuk menunjukkan hubungan langsung dan tidak langsung yang terjalin antara satu faktor dengan faktor lainnya. Berikut ini adalah hasil dari digraf ISM yang ada di gambar 2.



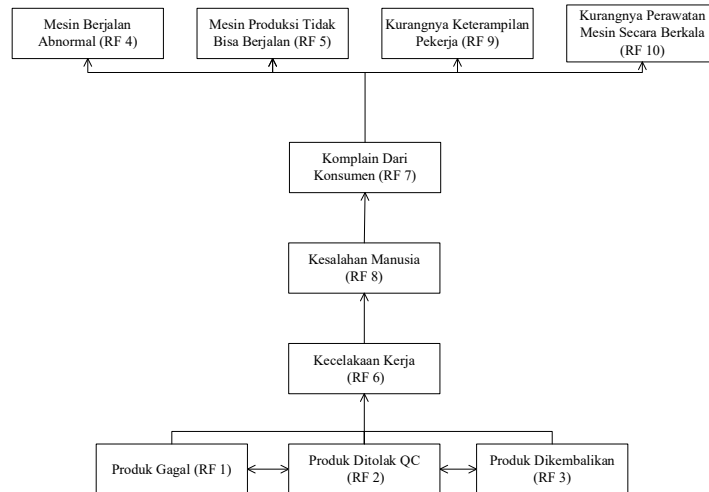
Gambar 2. Diagram ISM

Gambar 2 menunjukkan bahwa faktor risiko yang berada pada level teratas, yaitu RF4 (Mesin Berjalan Abnormal), RF5 (Mesin Produksi Tidak Bisa Jalan), RF9 (Kurangya Keterampilan Pekerja), RF10 (Kurangya Perawatan Mesin Secara Berkala) yang di tempatkan pada posisi hierarki pada level puncak. Kemudian dilanjutkan pada level 2 di tempatkan di bawah level teratas dan begitu seterusnya hingga level terendah, yaitu RF1 (Produk Gagal), RF2 (Produk Ditolak QC), dan RF3 (Produk Dikembalikan).

#### 2. Struktur ISM dari RF

Pada tahap ini, digraf kemudian di ubah menjadi model ISM dengan menghilangkan garis transitivitas. Berikut ini adalah hasil dari struktur ISM dari RF yang dapat dilihat pada gambar 3 terdapat tiga faktor utama yang berada pada level tertinggi (level 5) yaitu RF1 (Produk Gagal), RF2 (Produk Ditolak QC), dan RF3 (Produk Dikembalikan). Dimana faktor-faktor ini memiliki daya pengaruh tertinggi terhadap sistem dan menjadikannya faktor utama (*driving factors*) yang harus diprioritaskan. Sedangkan faktor risiko seperti RF4 (Mesin Berjalan Abnormsl), RF5 (Mesin Produksi Tidak Bisa Jalan), RF9 (Kurangya Keterampilan Pekerja), RF10 (Kurangya Perawatan Mesin Secara Berkala), lebih dipengaruhi oleh faktor lain dan berfungsi sebagai indikator efektivitas sistem secara keseluruhan.





Gambar 3. Struktur ISM dari RF

### 3.4 Analisis Pengaruh dan Ketergantungan (MICMAC)

#### 1. Perbandingan daya penggerak dan daya keterjangkauan

Tahap pertama yang dilakukan adalah dengan membandingkan antara daya penggerak (*driving power*) dan daya keterjangkauan (*dependence power*), untuk mengelompokkan seberapa besar faktor risiko mempengaruhi sistem dan seberapa besar faktor tersebut dipengaruhi oleh faktor lainnya. Dibawah ini adalah hasil dari pengelompokkan *driving power* dan *dependence power* yang ada pada tabel 10.

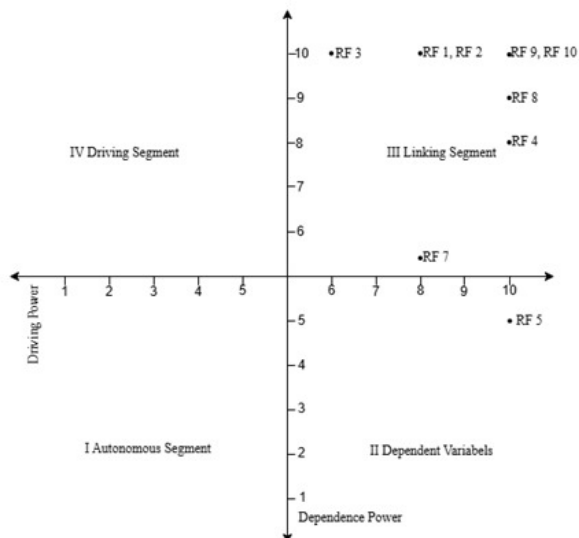
Tabel 10 *Driving Power* dan *Dependence Power*

No	<i>Driving Power</i>	<i>Ranking According To Driving Power</i>	<i>Dependence Power</i>	<i>Ranking According To Dependence Power</i>
RF1	10	I	7	III
RF2	10	I	7	III
RF3	10	I	6	IV
RF4	8	III	10	I
RF5	5	VI	10	I
RF6	7	IV	7	III
RF7	6	V	8	II
RF8	9	II	10	I
RF9	10	I	10	I
RF10	10	I	10	I

Berdasarkan perbandingan *driving power* dan *dependence power*, dapat disimpulkan bahwa faktor risiko produk gagal, produk ditolak QC, dan produk dikembalikan merupakan faktor pendorong utama dengan pengaruh tinggi terhadap sistem, sedangkan faktor mesin yang tidak dapat berjalan lebih bersifat dependen. Oleh karena itu, spesifikasi defect produk perlu dijadikan fokus utama pengendalian kualitas. Optimalisasi QC department dapat dilakukan dengan penggunaan data numerik sebagai indikator penolakan produk, peningkatan skill pekerja, serta penguatan perawatan mesin secara berkala untuk mengurangi risiko ketergantungan.

#### 2. Analisis MICMAC

Langkah selanjutnya, yaitu mengelompokkan faktor tersebut menjadi empat kategori, yaitu faktor risiko otonom, dependen, *linkage*, dan independen. Berikut ini adalah hasil dari MICMAC yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik MICMAC

- Cluster 1* (Faktor risiko otonom): tidak ada.
- Cluster 2* (Faktor risiko dependen): RF5 (Mesin Produksi Tidak Bisa Jalan).
- Cluster 3* (Faktor risiko *linkage*): RF1 (Produk Gagal), RF2 (Produk Ditolak QC), RF3 (Produk Dikembalikan), RF4 (Mesin Berjalan Abnormal), RF6 (Kecelakaan Kerja), RF7 (Komplain Dari Konsumen), RF8 (Kesalahan manusia), RF9 (Kurangnnya Keterampilan Pekerja), RF10 (Kurangnnya Perawatan Mesin Secara Berkala).
- Cluster 4* (Faktor risiko independen): tidak ada.

Berdasarkan hasil grafik MICMAC menunjukkan tidak ada faktor dalam kategori otonom dan dependen, ini berarti bahwa seluruh factor risiko memiliki keterkaitan dalam sistem. Kategori dependent hanya berisi RF5 (mesin tidak bisa berjalan), menandakan faktor ini lebih dipengaruhi daripada memengaruhi. Sementara itu, sembilan faktor lainnya masuk dalam *linkage cluster*, yaitu RF1, RF2, RF3, RF4, RF6, RF7, RF8, RF9, dan RF10. Hal ini menunjukkan faktor-faktor tersebut memiliki pengaruh dan ketergantungan yang tinggi secara bersamaan, sehingga perubahan pada satu faktor dapat memicu efek berantai pada faktor lainnya. Temuan ini menekankan perlunya strategi mitigasi yang terintegrasi, khususnya pada pengendalian kualitas, keterampilan pekerja, dan perawatan mesin.

Analisis ISM berkontribusi pada tahap *design* dengan menyusun faktor risiko sehingga terlihat faktor mana yang paling mempengaruhi sistem. Sementara itu, hasil MICMAC mendukung tahap *improvement* karena mampu mengelompokkan faktor ke dalam *cluster linkage*, yang mengindikasikan perlunya perbaikan secara terpadu. Dengan demikian, integrasi ISM-MICMAC bukan hanya memetakan risiko, tetapi juga menghasilkan prioritas perbaikan yang berpotensi dapat meningkatkan kualitas, mengurangi produk cacat, serta memperbaiki produktivitas operasional. Oleh karena itu, penelitian ini menyediakan pedoman pengukuran untuk fase instalasi strategi dimasa mendatang dengan menggunakan indikator kinerja operasional utama yang relevan untuk memvalidasi *improvement* kinerja secara kuantitatif.

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil ISM pada level tertinggi yaitu RF1, RF2, RF3 memiliki pengaruh yang tinggi terhadap sistem yang menjadikannya sebagai faktor pendorong utama yang harus diprioritaskan, sementara pada level terendah yaitu RF4, RF5, RF9, RF10 lebih dipengaruhi faktor lain. Sedangkan pada analisis MICMAC dapat disimpulkan bahwa semua faktor masuk pada kuadran 3 yaitu *linkage* dimana artinya saling terkait dengan pengaruh dan ketergantungan yang tinggi. Integrasi ISM-MICMAC membantu meningkatkan kinerja operasional dengan cara memetakan faktor risiko utama melalui ISM dan mengklasifikasikan pengaruh-ketergantungan dengan MICMAC. Hasilnya, perusahaan dapat memfokuskan mitigasi pada faktor pendorong seperti produk gagal, penolakan QC, dan retur konsumen. Strategi ini berdampak langsung pada penurunan defect, peningkatan kualitas produk, serta perbaikan produktivitas.

Penelitian ini relevan untuk menggambarkan kondisi industri kertas di Indonesia, sebab faktor-faktor yang ditemukan antara lain produk cacat, produk ditolak QC, produk dikembalikan, pemeliharaan mesin, dan kemampuan pekerja merupakan permasalahan umum yang terdapat hampir di seluruh proses produksi kertas.

Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada beberapa aspek. Faktor risiko yang dibangkitkan dapat dilengkapi dengan mempertimbangkan update literatur dan observasi terkini. Kemudian pihak industri kertas yang terlibat dalam penelitian dapat diperbanyak, baik secara jumlah maupun peran fungsionalnya dalam industri.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aliyah, N. H. (2019). Pengembangan Sistem Maintenance Pada Pabrik Baja PT. Asian Profile. *UMSurabaya Repository*.
- Asrory, F. F. (2023). Analisis Risiko Rantai Pasok Menggunakan Metode Supply Chain Operation Reference (Scor) Dan House of Risk (Hor) Pada Pt Indo Pusaka Berau. *Sebatik*, 27(2), 535–545. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v27i2.2415>
- Fahrudin, K., & Islami, M. C. P. A. (2025). *Risk Management In The Procurement Process of Upstream Oil Companies Using The House of Risk and Interpretive Structural Modelling*. 9(1), 115–120.
- Fajaruddin Pettawali, A. L., Raya, J., Selatan, M., & Khusus, D. (2024). Analisis Risiko Rantai Pasok Bahan Baku Dalam Memenuhi Permintaan Konsumen Pada Industri Pertambangan Andesit Di Cilegon. *Jisi: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 11(2), 191–212. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/jisi>
- Haryono, H., & Handayani, D. I. (2018). Pemodelan Sistem Traceability Halal Supply Chain dalam menjaga Integritas Produk Makanan Halal Dengan Pendekatan Interpretive Structural Modeling (ISM). *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, 2(2), 70–79. <https://doi.org/10.21070/prozima.v2i2.2196>
- Keswari, A. I., & Rinawati, D. I. (n.d.). *Ayu Inggriani Keswari\*, Dyah Ika Rinawati\*\**. 0.
- Milah, A. S., & Suseno, S. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Eq Spacing Dengan Metode Statistic Quality Control (SQC) Dan Failure Mode And Effects Analysis (FMEA) Pada PT. Sinar Semesta. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan*, 1(3), 183–201. <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i3iii.51>
- Misman, R. A. (2022). Analisis Manajemen Risiko Dalam Operasional Usaha Roti Bakar 77. *Journal of Islamic Philanthropy and Disaster (JOIPAD)*, 2(2), 66–96. <https://doi.org/10.21154/joipad.v2i2.5081>
- Natalia, C., Br. Hutapea, Y. F. T., Oktavia, C. W., & Hidayat, T. P. (2020). Interpretive Structural Modeling and House of Risk Implementation for Risk Association Analysis and Determination of Risk Mitigation Strategy. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 19(1), 10–21. <https://doi.org/10.23917/jiti.v19i1.9014>
- Pangestu, A. D., Sunarya, E., & Z, F. M. (2021). Peran Quality Control Terhadap Efektivitas Proses Produksi. *Businnes Management And Entrepreneurship Jurnal*, 3(4), 47–62.
- Paramaditya, & Vanany, I. (2023). *Model Keterkaitan Risiko Pada Rantai Pasok Minyak Goreng*. 143(2), 2541–5115.
- Prihartono, B., Annasthacia, G. A. P., & Fahlevi, F. (2023). Perancangan Strategi Pengelolaan Risiko Pemangku Kepentingan Berbasis Proses Bisnis Pada Pt X. *J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 18(2), 120–129. <https://doi.org/10.14710/jati.18.2.120-129>
- Raden Vina Iskandya Putri1, T. A. R. (2023). “Бсп За България” Е Под Номер 1 В Бюлетината За Вота, Герб - С Номер 2, Пп-Дб - С Номер 12. *Peran Kepuasan Nasabah Dalam Memediasi Pengaruh Customer Relationship Marketing Terhadap Loyalitas Nasabah*, 2(3), 310–324. <https://bnr.bg/post/101787017/bsp-za-bulgaria-e-pod-nomer-1-v-buletinata-za-vota-gerb-s-nomer-2-pp-db-s-nomer-12>
- Rosalinda, S., Faridz, R., Purwandari, U., & Fansuri, H. (2022). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi keberlanjutan mata pencaharian petambak garam di madura menggunakan metode MICMAC. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 16(3), 305–315. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i3.12965>
- Sartika, N., & Muttaqin, H. (2022). Analisis Perlakuan Produk Rusak Dan Produk Cacat Dalam Penentuan Harga Jual Produk (Studi Kasus Pada Bumdesa Langgam Sako Desa (Teluk Latak). *Seminar Nasional Industri Dan Teknologi (SNIT)*, November, 134–149.
- Tahapary, G. L., & Saptadi, S. (2022). Analisis Human Error Dengan Metode Systematic Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA) dan Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART) Pada Operator CV. Catur Bhakti Mandiri Studi Kasus: CV. Catur Bhakti Mandiri. *Industrial Engineering Online Journal*, 1–13.
- Triana, A., Munfaqiroh, S., Liana, Y., Manajemen, J., & Malangkuçewara, S. (2023). Pengaruh Pengalaman Kemampuan dan Keterampilan terhadap Kinerja Karyawan ( Study pada Home Industry FreshyBag Malang ). *Jurnal Penelitian Manajemen Terapan (PENATARAN)*, 8, 159–168.
- Wakhyudi, T., Sayuti, M., & Karnadi, K. (2024). Analisis Mitigasi Risiko Kecelakaan Kerja Divisi AC pada Perusahaan Elektronik di Karawang dengan Menerapkan Metode HOR dan ISM. *Journal of Integrated System*, 7(1), 83–97. <https://doi.org/10.28932/jis.v7i1.9154>

- Wibowo, T. J., Hidayatullah, T. S., & Nalhadi, A. (2021). Analisa Perawatan pada Mesin Bubut dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Rekayasa Industri (Jri)*, 3(2), 110–120. <https://doi.org/10.37631/jri.v3i2.485>
- Yahya, J. A., Surjasa, D., & Safitri, D. M. (2021). Perancangan Strategi Customer Satisfaction Improvement Menggunakan Interpretive Structural Modelling pada Operator Seluler di Indonesia. *Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 1–7. <https://doi.org/10.25105/jti.v11i1.9659>
- Yuliatwati, E., Pratikto, & Sugiono, O. N. (2021). Linkage analysis among factors in obtaining return quantity / volume: An interpretive structural modelling on construction machinery remanufacturing industries. *Industrial Engineering and Management Systems*, 19(4), 730–743. <https://doi.org/10.7232/iems.2020.19.4.730>
- Zahari, S. F., & Chirzun, A. (2020). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Celana di Pt. Alpina Menggunakan Peta Kendali dan FMEA. *Prosiding Industrial Engineering National Conference (IENACO)*, 200–206.
-