

## **Analisis Dan Mitigasi Risiko Produksi Tuts Piano Dengan Metode House Of Risk (HOR) Dan Interpretative Structural Modeling (ISM) Pada Perusahaan Produksi Piano**

**Adriansyah Dwi Saputra<sup>1</sup>, Muhamad Sayuti<sup>2</sup>, Yuni Syifau<sup>3</sup>, Dicky Suryapranatha<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan Karawang, Karawang, Indonesia  
Jl. Ronggo Waluyo Simabaya, Puseurjaya, Teluk Jambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361  
email: [ti21.adriansyahsaputra@mhs.ubpkarawang.ac.id](mailto:ti21.adriansyahsaputra@mhs.ubpkarawang.ac.id)

### **ABSTRAK**

Penelitian ini menganalisis dan memitigasi risiko produksi tuts piano di perusahaan manufaktur menggunakan metode House of Risk (HOR) dan Interpretative Structural Modeling (ISM). Tujuannya adalah mengidentifikasi risiko yang dapat mengganggu proses produksi, seperti masalah rantai pasokan dan fluktuasi permintaan. Hasil HOR Fase 1 menunjukkan bahwa risiko dominan adalah "Produk tidak sesuai spesifikasi pesanan" (A1), "Takaran lem tidak sesuai" (A6), dan "Mesin sering breakdown" (A17), dengan A6 berada dalam zona risiko kritis. HOR Fase 2 mengembangkan strategi mitigasi, seperti menyusun standar spesifikasi produk (PA1) dan menambah checkpoint inspeksi (PA8), yang diprioritaskan berdasarkan efektivitas. ISM digunakan untuk memetakan hubungan antar faktor risiko dan strategi mitigasi, dengan analisis MICMAC menunjukkan bahwa semua strategi berada dalam kuadran autonomous. Rekomendasi perbaikan mencakup pengeleman yang lebih baik, pergantian pisau mesin terjadwal, pengendalian kualitas material, dan penjadwalan produksi yang efisien, untuk meningkatkan kualitas produk dan efisiensi operasional.

**Kata kunci:** Manufaktur, Risiko, HOR, ISM

### **ABSTRACT**

*This study uses House of Risk (HOR) and Interpretative Structural Modeling (ISM) methods to analyze and mitigate risks in piano key production in a manufacturing company. The goal is to identify risks that could disrupt production, such as supply chain issues and demand fluctuations. The results of HOR Phase 1 indicate that the dominant risks are "Product does not meet order specifications" (A1), "Incorrect glue dosage" (A6), and "Machine breakdowns frequently" (A17), with A6 in the critical risk zone. HOR Phase 2 develops mitigation strategies, such as establishing product specification standards (PA1) and adding inspection checkpoints (PA8), prioritized based on effectiveness. ISM maps the relationship between risk factors and mitigation strategies, with MICMAC analysis indicating that all strategy fall within the autonomous quadrant. Recommendations for improvement include better gluing, scheduled machine blade changes, material quality control, and efficient production scheduling to improve product quality and operational efficiency.*

**Keywords:** Manufacturing, Risk, HOR, ISM.

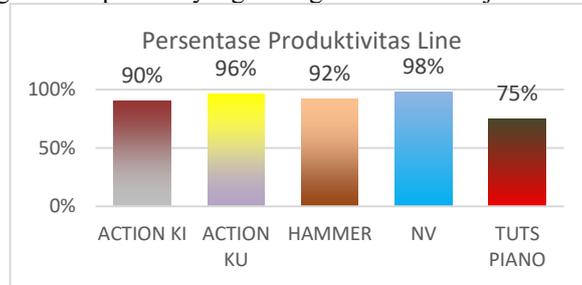
### **Pendahuluan**

Dalam era industri 4.0 yang semakin kompetitif dan dinamis, di mana inovasi dan teknologi terus berkembang dengan pesat, perusahaan-perusahaan manufaktur di seluruh dunia dihadapkan pada berbagai tantangan yang kompleks dan beragam untuk memproduksi barang-barang berkualitas tinggi dengan efisiensi yang optimal, sambil tetap menjaga biaya produksi agar tetap terjangkau [1], [2], [3]. Salah satu sektor yang mengalami perkembangan pesat dan menarik perhatian banyak pelaku industri, baik di dalam negeri maupun di pasar internasional, adalah industri alat musik, khususnya dalam hal produksi piano, yang merupakan salah satu instrumen musik yang paling diminati dan memiliki nilai artistik serta budaya yang tinggi [4], [5].

Di sebuah pabrik piano yang modern dan terintegrasi, yang dilengkapi dengan teknologi canggih dan proses produksi yang efisien, terdapat lima lini produksi yang masing-masing memiliki spesialisasi dan fungsi tertentu, yaitu lini action KU, lini action KI, lini Hammer, lini NV, dan lini Tuts piano atau keyboard. Setiap lini produksi ini berperan penting dalam memastikan bahwa setiap komponen piano diproduksi dengan standar kualitas yang tinggi dan memenuhi ekspektasi konsumen yang semakin meningkat. Dalam konteks yang lebih luas ini, penelitian yang dilakukan berfokus pada analisis mendalam dan mitigasi risiko yang mungkin muncul dalam proses produksi tuts piano di sebuah

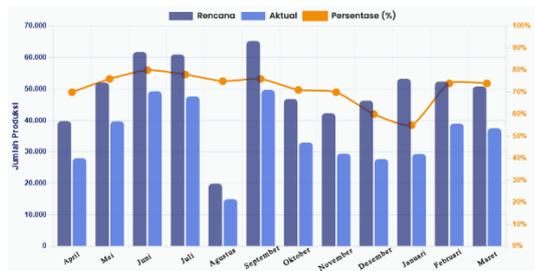
perusahaan yang bergerak di bidang produksi piano. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi risiko yang dapat mengganggu kelancaran proses produksi.

Dengan melakukan analisis yang komprehensif terhadap setiap tahap dalam proses produksi, diharapkan perusahaan dapat mengembangkan strategi yang efektif untuk mengurangi atau mengeliminasi risiko-risiko tersebut, sehingga dapat meningkatkan kualitas produk akhir serta memastikan kelancaran dan keberlanjutan proses produksi secara keseluruhan. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi pengembangan industri piano dan alat musik secara umum, serta memberikan wawasan yang berharga bagi para pemangku kepentingan dalam mengambil keputusan yang strategis dan berkelanjutan.



**Gambar 1.** Grafik persentase pada tiap-tiap line  
Sumber : Data Perusahaan, 2025

Berdasarkan gambar 1, dapat dilihat bahwa line tuts piano mempunyai persentase pencapaian produksi yang tidak baik jika dibandingkan dengan line lainnya. Tuts piano merupakan komponen krusial yang mempengaruhi kualitas suara dan performa alat musik tersebut. Namun, perusahaan sering kali menghadapi masalah seperti tingginya persentase perbaikan produk dan ketidaksesuaian antara rencana produksi dengan realisasi aktual. Hal ini tidak hanya berdampak pada produktivitas, tetapi juga pada kepuasan pelanggan dan reputasi perusahaan di pasar. Terdapat dua kategori risiko, yaitu risiko murni dan risiko spekulatif. Risiko murni merujuk pada risiko yang hanya melibatkan kemungkinan terjadinya kerugian tanpa adanya peluang untuk mendapatkan keuntungan, contohnya risiko yang terkait dengan aset fisik, karyawan, dan aspek hukum. Di sisi lain, risiko spekulatif melibatkan kemungkinan terjadinya kerugian sekaligus peluang untuk meraih keuntungan [6].



**Gambar 2.** Grafik produksi line tuts piano  
Sumber : Data Perusahaan, 2025

Berdasarkan gambar 2, yaitu menampilkan data produksi pada line Tuts piano tahun 2024-2025, mencakup rencana produksi, produksi aktual, dan persentase pencapaian tiap bulan. Secara rinci, total rencana produksi tuts piano sepanjang tahun mencapai 591.712 pcs, tetapi realisasi aktual hanya 425.375 pcs menyisakan selisih 166.337 pcs (72% pencapaian). Berdasarkan tren bulanan, persentase pencapaian berfluktuasi antara 55% (Agustus, terendah) hingga 80% (Juni, tertinggi), dengan penurunan signifikan pada Desember dan Januari. Terlihat signifikan produksi aktual konsisten di bawah target setiap bulan, mengindikasikan tantangan sistematis dalam memenuhi rencana. Secara keseluruhan, temuan ini menyoroti perlunya evaluasi mendalam untuk mengidentifikasi akar masalah seperti inefisiensi operasional atau faktor eksternal dan menyusun strategi peningkatan produktivitas ke depan.

Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengadopsi dua metode manajemen risiko yang terbukti efektif, yaitu *House of Risk* (HOR) dan *Interpretative Structural Modeling* (ISM) [6], [7], [8]. Metode HOR digunakan untuk mengevaluasi tingkat keparahan dan kemungkinan terjadinya risiko, serta menentukan prioritas mitigasi berdasarkan nilai *Aggregate Risk Potential* (ARP) [9], [10], [11]. Sementara itu, ISM diterapkan untuk memetakan hubungan hierarkis antar faktor risiko, sehingga dapat merancang strategi penanganan yang sistematis [12], [13]. Berdasarkan dari risiko-risiko yang sudah dipaparkan, menganalisis risiko pada proses produksi pembuatan tuts piano dengan metode *House of Risk* (HOR) dan mencari kriteria kunci mitigasi risiko pada proses produksi pembuatan tuts piano dengan metode ISM (*interpretive structural modeling*) [6]. HOR adalah metode yang bekerja untuk menganalisis

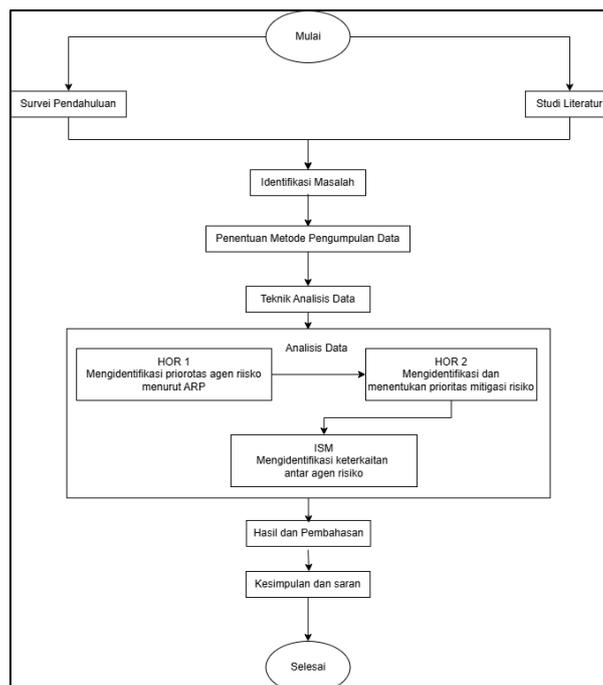
dan mengidentifikasi risiko yang dapat dikelola. Metode ini memiliki dasar proaktif dari manajemen risiko rantai pasokan yang harus menekankan tindakan pencegahan dengan mengurangi kemungkinan terjadinya risiko [9], [14], [15]. Metode *Interpretative Structural Modeling* (ISM) selanjutnya mengintegrasikan tiga tingkat linguistik yang berbeda, yaitu kata-kata, diagram, dan matematika. Metode ini digunakan untuk mengatur masalah yang kompleks dan memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai masalah tersebut melalui diagram ISM [6], [13], [16], [17].

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat dihasilkan rekomendasi tindakan pencegahan yang efektif, seperti perbaikan proses pengeleman, pergantian pisau mesin potong, pengendalian kualitas material, dan tindakan lain yang meningkatkan produktivitas. Dampak dari penelitian ini diharapkan tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi cacat produk, tetapi juga memberikan kontribusi teoritis dalam pengembangan model manajemen risiko di industri manufaktur [10]. Berdasarkan hasil wawancara yang mendalam dan survei yang dilakukan oleh peneliti di lini produksi tuts piano, teridentifikasi beberapa faktor yang signifikan yang dapat menghambat produktivitas pada lini tuts piano tersebut. Dengan demikian, artikel ini bertujuan untuk memberikan wawasan yang mendalam mengenai pentingnya manajemen risiko dalam proses produksi tuts piano, serta bagaimana penerapan metode *House Of Risk* (HOR) dan *Interpretative Structural Modeling* (ISM) dapat membantu perusahaan dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan mengelola risiko-risiko tersebut secara lebih efektif. Melalui pendekatan ini, diharapkan perusahaan dapat mencapai tujuan produksi yang lebih baik, meningkatkan efisiensi operasional, dan pada akhirnya menghasilkan produk tuts piano yang berkualitas tinggi yang dapat memenuhi ekspektasi konsumen dan bersaing di pasar yang semakin ketat. Selain itu, artikel ini juga akan membahas langkah-langkah konkret yang dapat diambil oleh manajemen untuk menerapkan metode tersebut dalam praktik sehari-hari, serta memberikan contoh kasus yang relevan untuk memperkuat argumen dan rekomendasi yang diajukan.

### Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di perusahaan produksi piano yang merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang penjualan alat musik, yaitu memproduksi komponen-komponen yang ada dalam piano yang sudah siap dipakai dari supplier dalam dan luar negeri. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan wawancara pada 7 orang produksi yang memproduksi tuts piano. Observasi langsung meliputi proses produksi operator pada lantai pabrik.

Penelitian ini dirancang untuk menganalisis dan memitigasi risiko dalam proses produksi tuts piano di sebuah perusahaan manufaktur alat musik. Fokus penelitian ini adalah pada proses produksi di perusahaan tersebut, dengan pengumpulan data yang dilakukan melalui pengamatan selama satu tahun terakhir, serta analisis laporan kualitas produksi dari tahun 2024-2025.



Gambar 3. Diagram alur penelitian

## 1. Survei Pendahuluan dan Studi Literatur

Tahapan ini dilakukan secara paralel karena keduanya saling melengkapi:

### a. Survei Pendahuluan

Survei ini dilakukan langsung ke lapangan atau lokasi penelitian untuk memperoleh pemahaman awal terhadap proses atau sistem yang sedang berjalan. Tujuannya adalah untuk mengenali potensi masalah yang mungkin timbul dalam proses produksi, alur kerja, atau sistem manajemen yang sedang dianalisis. Data yang dikumpulkan bersifat kualitatif dan kuantitatif untuk memberikan gambaran awal kondisi aktual.

### b. Studi Literatur

Sementara itu, studi literatur dilakukan untuk memahami teori-teori, konsep dasar, dan hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik yang diangkat. Sumber-sumber yang digunakan meliputi jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, dan publikasi lainnya. Studi literatur ini penting agar penelitian yang dilakukan memiliki dasar teoritis yang kuat dan mampu membandingkan hasil yang diperoleh dengan penelitian sebelumnya.

## 2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan hasil dari survei pendahuluan dan studi literatur, peneliti mulai mengidentifikasi permasalahan utama yang terjadi. Identifikasi ini meliputi penentuan risiko atau gangguan yang sering terjadi dalam proses, penyebab utama dari permasalahan tersebut, serta dampak yang ditimbulkan. Masalah yang diidentifikasi harus spesifik, terukur, dan relevan dengan tujuan penelitian. Proses ini menjadi dasar utama untuk tahapan selanjutnya.

## 3. Penentuan Metode Pengumpulan Data

Setelah masalah teridentifikasi, langkah berikutnya adalah menentukan metode apa yang paling tepat untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan. Metode pengumpulan data bisa meliputi:

- Wawancara dengan pekerja atau manajer terkait.
- Observasi langsung di lapangan.
- Pengumpulan data historis dari dokumen atau laporan perusahaan.

Tujuan dari tahapan ini adalah memperoleh data yang valid dan relevan untuk proses analisis risiko pada tahap berikutnya.

## 4. Teknik Analisis Data

Pada tahap ini dijelaskan bahwa analisis data dilakukan dengan menggabungkan dua metode utama, yaitu:

- House of Risk (HOR): digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memprioritaskan risiko serta strategi mitigasinya.
- Interpretative Structural Modeling (ISM): digunakan untuk menganalisis keterkaitan antar risiko dan membentuk struktur hubungan hierarkis antara elemen-elemen risiko tersebut.

Teknik ini dipilih karena mampu memberikan gambaran menyeluruh dan terstruktur mengenai risiko dan mitigasinya.

## 5. Analisis Data

Tahap ini merupakan inti dari proses penelitian, yang terdiri dari tiga subproses utama:

*House Of Risk* (HOR) bertujuan untuk mengidentifikasi, menilai, dan memetakan berbagai risiko guna menentukan prioritas pengendalian. Hal ini diperlukan karena keterbatasan waktu dan sumber daya, sehingga perusahaan harus fokus pada risiko paling kritis terlebih dahulu. Sehingga perlu dilakukan perhitungan *Aggregate Risk Potential* (ARP) untuk mengevaluasi dampak keseluruhannya. Analisis pada tahap ini mencakup tiga langkah utama yaitu, mengidentifikasi kejadian risiko, menyusun matriks korelasi antara kejadian dan sumber risiko, serta menghitung nilai ARP guna menetapkan skala prioritas pengendalian [6], [7], [18].

Sebelum menentukan prioritas penanganan agen risiko, HOR Tahap 1 melibatkan serangkaian langkah sistematis. Pertama, dilakukan identifikasi risiko pada seluruh aktivitas produksi melalui berbagai metode pemetaan hingga diperoleh daftar kejadian risiko. Selanjutnya, tingkat keparahan setiap kejadian dinilai menggunakan skala 1-10. Tahap ketiga mencakup identifikasi agen risiko beserta probabilitas kemunculannya, yang juga diberi skor 1-10. Terakhir, kejadian risiko ( $i$ ) dan sumber risiko ( $j$ ) diklasifikasikan serta diuji korelasinya melalui matriks ( $R_{ij}$ ) dengan nilai 0, 1, 3, atau 9 [19].

Jika  $O_{(j)}$  adalah probabilitas terjadinya agen risiko  $j$ ,  $S_{(i)}$  adalah tingkat keparahan dampak jika kejadian risiko  $i$  terjadi, dan  $R_{(ij)}$  adalah korelasi antara agen risiko  $j$  dan kejadian risiko  $i$  (yang ditafsirkan sebagai seberapa besar kemungkinan agen risiko  $j$  akan menyebabkan kejadian risiko  $i$ ) maka  $ARP_{(j)}$  (potensi risiko agregat dari agen risiko  $j$ ) dapat dihitung sebagai berikut.

$$ARP_j = O_j \sum S_j R_{ij} \tag{1}$$

Deskripsi:

ARP(j) : potensi risiko agregat dari sumber risiko j;

O(j) : nilai frekuensi kejadian dari sumber risiko j;

S(i) : nilai dampak risiko (tingkat keparahan) dari kejadian risiko i yang terjadi;

R(ij) : nilai korelasi antara sumber risiko j dan kejadian risiko i.

Kami mengadaptasi model HOQ untuk mengidentifikasi agen risiko yang perlu diprioritaskan dalam tindakan pencegahan. Setiap agen risiko diberi peringkat berdasarkan nilai ARP yang diperoleh. Dengan demikian, jika terdapat banyak agen risiko, perusahaan dapat memilih beberapa yang dianggap memiliki potensi besar untuk menyebabkan kejadian risiko. Dalam makalah ini, kami mengusulkan dua model penyebaran yang disebut HOR, yang keduanya didasarkan pada modifikasi HOQ.

1. HOR1 digunakan untuk menentukan agen risiko yang harus diprioritaskan untuk tindakan pencegahan.
2. HOR2 memberikan prioritas pada tindakan yang dianggap efektif, dengan mempertimbangkan komitmen dana dan sumber daya yang wajar.

### 1. HOR 1

Dalam model HOQ, kita mengaitkan satu kumpulan persyaratan (apa) dengan satu kumpulan tanggapan (bagaimana), di mana setiap tanggapan dapat memenuhi satu atau lebih persyaratan. Tingkat korelasi umumnya dikategorikan sebagai tidak ada (diberi nilai 0), rendah (nilai 1), sedang (nilai 3), dan tinggi (nilai 9). Setiap persyaratan memiliki kesenjangan tertentu yang perlu diatasi, dan setiap tanggapan akan memerlukan berbagai jenis sumber daya dan dana.

Dengan mengadopsi prosedur di atas, HOR1 dikembangkan melalui langkah-langkah berikut :

- (1) Mengidentifikasi kejadian risiko yang dapat terjadi pada setiap proses bisnis. Hal ini dapat dilakukan melalui pemetaan proses seperti plan, source, deliver, make, dan return dan kemudian mengidentifikasi "apa yang bisa salah" dalam setiap proses tersebut Ackermann dkk (2007) memberikan cara yang sistematis untuk mengidentifikasi dan menilai risiko. Dalam model HOR1 yang ditunjukkan pada Tabel I, kejadian risiko diletakkan di kolom kiri, direpresentasikan sebagai  $E_i$ .

**Tabel 1.** Model HOR (*House Of Risk*) 1

Proses Bisnis Risiko	Kejadian	Risiko Agen							Tingkat Keparahan Risiko Kejadian
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>7</sub>	
Rencana	E <sub>1</sub>	R <sub>11</sub>	R <sub>12</sub>	R <sub>13</sub>					S <sub>1</sub>
	E <sub>2</sub>	R <sub>21</sub>	R <sub>22</sub>						S <sub>2</sub>
Sumber	E <sub>3</sub>	R <sub>31</sub>							S <sub>3</sub>
	E <sub>4</sub>	R <sub>41</sub>							S <sub>4</sub>
Membuat	E <sub>5</sub>								S <sub>5</sub>
	E <sub>6</sub>								S <sub>6</sub>
Menyampaikan	E <sub>7</sub>								S <sub>7</sub>
	E <sub>8</sub>								S <sub>8</sub>
Kembali	E <sub>9</sub>								S <sub>9</sub>
Kemunculan agen j		O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>4</sub>	O <sub>5</sub>	O <sub>6</sub>	O <sub>7</sub>	
Potensi risiko agregat j		ARP <sub>1</sub>	ARP <sub>2</sub>	ARP <sub>3</sub>	ARP <sub>4</sub>	ARP <sub>5</sub>	ARP <sub>6</sub>	ARP <sub>7</sub>	
Peringkat prioritas agen j									

Sumber: Pujawan dan Geraldine, 2009.

- (2) Menilai dampak (tingkat keparahan) dari peristiwa risiko tersebut (jika terjadi). Kami menggunakan skala 1-10 di mana 10 menunjukkan dampak yang sangat parah atau. Tingkat keparahan dari setiap kejadian risiko dimasukkan ke dalam kolom kanan Tabel I, yang ditunjukkan sebagai S<sub>i</sub>.

- (3) Mengidentifikasi agen risiko dan menilai kemungkinan terjadinya setiap agen risiko. Di sini, skala 1-10 juga diterapkan di mana 1 berarti hampir tidak pernah terjadi dan nilai 10 berarti hampir pasti terjadi. Agen risiko ( $A_j$ ) ditempatkan di baris atas tabel dan kejadian terkait berada di baris bawah, dinotasikan sebagai  $O_j$ .
- (4) Buatlah matriks hubungan, yaitu hubungan antara setiap agen risiko dan setiap kejadian risiko,  $R_{ij} \{0, 1, 3, 9\}$  di mana 0 menunjukkan tidak ada hubungan dan 1, 3, dan 9 menunjukkan korelasi rendah, sedang, dan tinggi.
- (5) Hitung potensi risiko agregat dari agen  $j$  ( $ARP_j$ ) yang ditentukan sebagai hasil kali antara kemungkinan terjadinya agen risiko  $j$  dengan dampak agregat yang dihasilkan oleh kejadian risiko yang disebabkan oleh agen risiko  $j$  seperti pada persamaan (1) di atas.
- (6) Beri peringkat agen risiko berdasarkan potensi risiko agregatnya dalam urutan menurun (dari nilai yang besar ke yang kecil).

## 2. HOR 2

HOR 2 digunakan untuk mengidentifikasi tindakan mana yang harus diutamakan, dengan mempertimbangkan variasi efektivitas, sumber daya yang diperlukan, serta tingkat kesulitan dalam pelaksanaannya. Perusahaan sebaiknya memilih serangkaian tindakan yang tidak terlalu rumit untuk dilaksanakan, tetapi mampu secara efektif mengurangi kemungkinan terjadinya agen risiko.

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- (1) Pilih beberapa agen risiko yang memiliki peringkat prioritas tinggi, mungkin dengan memanfaatkan analisis Pareto dari  $ARP_j$ , untuk ditangani dalam HOR kedua. Agen-agen yang terpilih akan ditempatkan di sisi kiri (apa) dari HOR2, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel II. Tempatkan nilai  $ARP_j$  yang relevan di kolom sebelah kanan.
- (2) Tentukan tindakan yang dianggap sesuai untuk mencegah agen risiko. Perlu dicatat bahwa satu agen risiko dapat ditangani dengan lebih dari satu tindakan, dan satu tindakan dapat secara bersamaan mengurangi kemungkinan terjadinya lebih dari satu agen risiko. Tindakan-tindakan tersebut akan ditempatkan di baris paling atas sebagai "Bagaimana" untuk HOR ini.

**Tabel 2.** Model HOR (*House Of Risk*) 2

Agen risiko yang akan diperbaiki	Tindakan pencegahan ( $P_{ak}$ )					Agregat risiko potensi ( $ARP_j$ )
	$PA_1$	$PA_2$	$PA_3$	$PA_4$	$PA_5$	
$A_1$	$E_{11}$					
$A_2$						
$A_3$						
$A_4$						
Efektivitas total tindakan k	$TE_1$	$TE_2$	$TE_3$	$TE_4$	$TE_5$	
Tingkat kesulitan melakukan tindakan	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_3$	$D_4$	
Rasio efektivitas terhadap tingkat kesulitan	$ETD_1$	$ETD_2$	$ETD_3$	$ETD_4$	$ETD_5$	
Peringkat prioritas	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$	

Sumber : Pujawan dan Geraldine.

- (3) Tentukan hubungan antara setiap tindakan pencegahan dan setiap agen risiko,  $E_{jk}$ . Nilai yang digunakan dapat berupa  $\{0, 1, 3, 9\}$ , yang masing-masing mewakili tidak ada, rendah, sedang, dan tinggi hubungan antara tindakan k dan agen j. Hubungan ini ( $E_{jk}$ ) dapat dianggap sebagai tingkat keefektifan tindakan k dalam mengurangi kemungkinan terjadinya agen risiko j.
- (4) Hitung efektivitas total dari setiap tindakan sebagai berikut:

$$TE_k = \sum ARP_j E_{(jk)} \quad (2)$$

Deskripsi:

$TE_k$ : total efektivitas tindakan mitigasi k;  $ARP_{(j)}$ : nilai potensi risiko agregat dari sumber risiko j;

$E_{(jk)}$ : nilai korelasi antara sumber risiko j dan tindakan mitigasi k

- (5) Tentukan nilai tingkat kesulitan untuk setiap tindakan,  $D_k$ , dan tempatkan nilai-nilai tersebut dalam satu baris di bawah total efektivitas. Tingkat kesulitan, yang dapat diwakili oleh sebuah skala (seperti skala Likert atau skala lainnya), harus mencerminkan dana dan sumber daya lain yang diperlukan untuk melaksanakan tindakan tersebut.
- (6) Hitunglah rasio efektivitas total terhadap tingkat kesulitan, yaitu  $ETD_k = TE_k/D_k$ .
- (7) Tetapkan peringkat prioritas untuk setiap tindakan ( $R_k$ ) dimana Peringkat 1 diberikan untuk tindakan dengan  $ETD_k$  tertinggi.

### 3. ISM Untuk Mengidentifikasi Keterkaitan Antar Agen Risiko

Saat berhadapan dengan sistem yang rumit, individu sering kali perlu menjelaskan hubungan antara berbagai faktor dalam sistem tersebut. Meskipun seseorang dapat mengidentifikasi hubungan antara setiap pasangan faktor, memperoleh pemahaman menyeluruh tentang interaksi semua faktor dalam sistem secara keseluruhan bisa menjadi tantangan. Interpretive Structural Modeling (ISM) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah ini [20]. Metode ISM mengubah sistem yang ambigu dan kurang terdefinisi menjadi sebuah model yang jelas dan terstruktur [21].

Interpretive Structural Modeling (ISM) adalah sebuah teknik berbasis komputer yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara elemen-elemen tertentu yang mendefinisikan suatu masalah atau isu, dimulai dengan penentuan variabel-variabel yang relevan dengan masalah atau isu tersebut [22]. Proses pengolahan data menggunakan metode *Interpretive Structural Modeling* (ISM) dimulai dengan pembuatan *Structural Self Interaction Matrix* (SSIM), *Reachability Matrix*, *Conical Matrix*, Model ISM, serta *Matrix of Cross Impact Multiplication Applied to Classification* (MICMAC) dan Model ISM [23].

## 6. Hasil dan Pembahasan

Semua hasil dari tahapan analisis data (HOR 1, HOR 2, dan ISM) kemudian dijabarkan dan dibahas secara rinci disini.

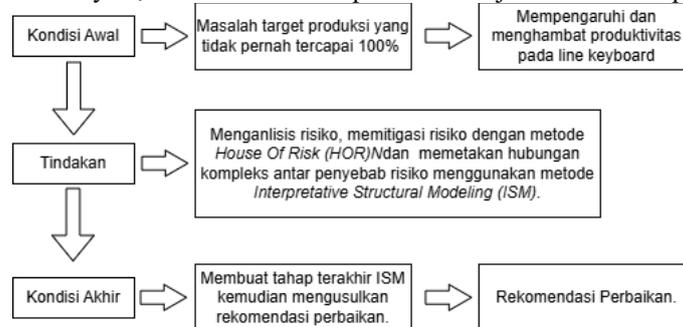
- Interpretasi terhadap hasil ARP dan prioritas mitigasi.
- Keterkaitan antar risiko berdasarkan ISM.
- Implikasi dari hasil terhadap proses produksi atau sistem yang diteliti.
- Perbandingan dengan literatur atau studi sebelumnya (jika ada).

Diskusi ini harus menjawab pertanyaan penelitian dan menunjukkan bagaimana solusi yang ditawarkan bisa mengurangi atau mengeliminasi risiko.

## 7. Kesimpulan

Pada tahap akhir ini, peneliti menyusun:

- Kesimpulan: Ringkasan dari hasil penelitian, mencakup risiko-risiko utama, strategi mitigasi yang direkomendasikan, dan hubungan antar risiko.
- Saran: Rekomendasi untuk perusahaan, manajer produksi, atau pihak terkait agar dapat menerapkan hasil penelitian secara nyata, serta usulan untuk penelitian lanjutan di masa depan.



Gambar 4. Kerangka Pemikiran

Gambar 4. menggambarkan tahapan dalam analisis dan perbaikan masalah produksi yang tidak mencapai target 100% pada line keyboard. Kondisi awal menunjukkan adanya masalah yang mempengaruhi dan menghambat produktivitas. Selanjutnya, dalam tahap tindakan, dilakukan analisis risiko dengan menggunakan metode *House of Risk* (HOR) dan pemetaan hubungan kompleks antar penyebab risiko melalui metodologi *Interpretative Structural Modeling* (ISM). Untuk mencapai kondisi akhir, tahap terakhir dari ISM dilakukan, di mana rekomendasi perbaikan diusulkan untuk meningkatkan produktivitas dan mencapai target produksi yang diinginkan.

## Hasil Dan Pembahasan

### 1. Pengolahan Data Metode HOR

- HOR Fase 1 Proses Tuts Piano

Tujuan dari pengolahan data pada tahap HOR 1 ini adalah untuk mengidentifikasi *risk event* dan *risk agent* yang terjadi dalam proses produksi tuts piano. Hasil perhitungan ARP dari seluruh *risk agent* disajikan dalam Tabel 5.

**Tabel 3.** Risk Event Proses Tuts Piano

Criteria	Risk Event	Code	Severity
Quality	Complain External	E1	7
	Hasil Pemotongan Tidak Presisi	E2	8
	Pengeleman Renggang	E3	8
	Material Tidak Sesuai Standar	E4	8
Safety	Tersayat Pisau Cutter	E5	6
	Terkena Jig Mesin Press	E6	6
Productivity	Tidak Mencapai Target	E7	6

Risk event yang berhasil diidentifikasi tercantum pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel tersebut, terdapat tujuh peristiwa risiko utama yang dikategorikan ke dalam aspek kualitas (*quality*), keselamatan kerja (*safety*), dan produktivitas (*productivity*), dengan tingkat severity yang bervariasi.

**Tabel 4.** Risk Agent Proses Tuts Piano

Criteria	Risk Agent	Code	Occurrence
Quality	Produk tidak sesuai spesifikasi pesanan	A1	4
	Kurangnya inspeksi kualitas akhir	A2	7
	Mesin pemotong tidak dikalibrasi	A3	5
	Operator kurang teliti	A4	5
	Pisau yang sudah habis masa pakai	A5	5
	Takaran lem tidak sesuai	A6	6
	Waktu pengepresan tidak standar	A7	4
	Lem berkualitas rendah	A8	9
	Tidak ada inspeksi material masuk	A9	6
	Pemasok tidak konsisten	A10	5
	Perubahan dimensi material	A11	7
Safety	Operator tidak menggunakan APD	A12	6
	SOP tidak dijalankan	A13	7
	Operator terburu-buru	A14	4
Productivity	Waktu setup terlalu lama	A15	7
	Terlalu banyak rework	A16	6
	Mesin sering breakdown	A17	5

Sementara itu, *risk agent* yang telah teridentifikasi ditampilkan pada Tabel 4. Sebanyak 17 *risk agent* muncul dalam proses tuts piano, masing-masing dilengkapi dengan nilai *occurrence* yang menggambarkan seberapa sering risiko tersebut terjadi. Data tersebut kemudian digunakan dalam proses perhitungan *Aggregate Risk Potential* (ARP) untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan dampak dan kemungkinan terjadinya.

**Tabel 5.** Pengolahan data HOR 1 proses tuts piano

Risk Event	Risk Agent																	Severity
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	
E1	9	9	9	9				3	1									6
E2	9	3	1		9	3												8
E3						9	9	9				1	9					8
E4	9	1	3	9		3	3	9	9	3								8
E5											9	3						5
E6												1	1	9				6
E7													1	3	9	9	9	8
Occurrence	4	7	5	5	5	6	4	4	6	5	7	6	7	4	7	6	9	
ARP	792	602	430	630	360	720	288	384	540	390	168	306	259	600	504	432	648	

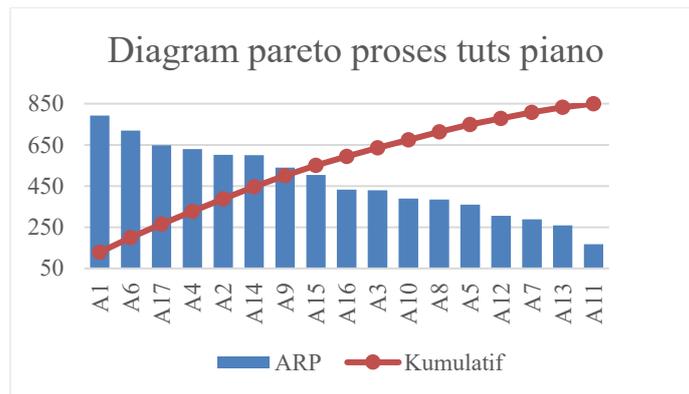
Rank	1	5	1	4	1	2	1	1	7	1	1	1	1	6	8	9	3
			0	3	3	5	2	2	1	1	7	4	6	6	8	9	3

Pada Tabel 5. terdapat korelasi bahwa angka 1 merupakan korelasi rendah, angka 3 korelasi sedang, dan angka 9 korelasi tinggi antara *risk agent* dengan *risk event*. Berikut ini merupakan perhitungan manual dari ARP proses *tuts piano*.

$$\text{ARP}_j = \sum O_j \times S_i \times R_{ij}$$

$$\text{ARP (A1)} = 4 \times [(9 \times 6) + (9 \times 8) + (9 \times 8)] = 792$$

Berdasarkan perhitungan HOR fase 1 pada proses *tuts piano* maka dapat ditentukan *risk agent* dominan dengan menggunakan diagram pareto.



Gambar 5. Diagram pareto proses tuts piano

Berdasarkan Gambar 5 terdapat 10 *risk agent* dominan yang terpilih pada proses *tuts piano*. Menurut prinsip pareto 20:80, maka harapannya 80% *risk agent* dapat dikendalikan.

Tabel 6. Risk agent dominan proses tuts piano

Rank	Code	Risk Agent	ARP
1	A1	Produk tidak sesuai spesifikasi pesanan	792
2	A6	Takaran lem tidak sesuai	720
3	A17	Mesin sering breakdown	648
4	A4	Operator kurang teliti	630
5	A2	Kurangnya inspeksi kualitas akhir	602
6	A14	Operator terburu-buru	600
7	A9	Tidak ada inspeksi material masuk	540
8	A15	Waktu setup terlalu lama	504
9	A16	Terlalu banyak rework	432
10	A3	Mesin pemotong tidak dikalibrasi	430

10 *risk agent* dominan tercantum pada Tabel 6 di atas. Tabel 6 merupakan *risk agent* dominan proses *tuts piano* berdasarkan hasil diagram pareto dan nilai ARP tertinggi.

b. Hor Fase 2 Proses Tuts Piano

Setelah dilakukan pengolahan data pada HOR fase 1 selesai, langkah selanjutnya yaitu pengolahan data HOR fase 2 pada proses *tuts piano*. Pada HOR fase 2 ini dibutuhkan wawancara dan juga diskusi dengan karyawan yang sudah berpengalaman di bidangnya agar mengetahui strategi penanganan *risk agent* dominan.

Tabel 7. Strategi penanganan proses tuts piano

Code	Preventive Action	Tingkat Kesulitan (Dk)
PA1	Menyusun dan mensosialisasikan standar spesifikasi produk secara rinci kepada seluruh lini produksi.	2
PA2	Menggunakan dispenser lem otomatis dengan volume terkontrol.	5

PA3	Menetapkan SOP takaran lem dan checklist harian untuk pengecekan takaran.	1
PA4	Melatih teknisi internal untuk troubleshooting awal.	3
PA5	Menyediakan suku cadang kritis dengan jumlah minimum.	4
PA6	Memberikan pelatihan ulang secara periodik.	2
PA7	Menambahkan sistem kontrol ganda atau verifikasi oleh operator kedua.	3
PA8	Menambah jumlah checkpoint inspeksi pada proses akhir.	2
PA9	Melakukan penyesuaian target produksi yang realistis.	2
PA10	Menyusun form standar pemeriksaan material (material incoming checklist).	2
PA11	Standardisasi proses setup dengan panduan visual (Visual SOP).	3
PA12	Melakukan Root Cause Analysis atas defect yang sering terjadi.	5
PA13	Memberikan pelatihan ulang untuk proses yang paling banyak rework.	4
PA14	Menetapkan jadwal kalibrasi rutin (mingguan/bulanan).	2

Tabel 9 merupakan tabel strategi penanganan atau preventive action pada proses tuts piano. Setelah menemukan strategi penanganan atau preventive action untuk risk agent dominan pada proses tuts piano dan menentukan tingkat kesulitan atau (Dk), kemudian langkah berikutnya adalah mencari korelasi antara risk agent dominan dengan strategi penanganan atau preventive action.

**Tabel 8.** Pengolahan data HOR fase 2 proses tuts piano

Risk Agent	Preventive Action														AR P
	PA 1	PA 2	PA 3	PA 4	PA 5	PA 6	PA 7	PA 8	PA 9	PA 10	PA 11	PA 12	PA 13	PA 14	
A1	9			1		1	3	3	1	1		9	3		79
A6		9	3						1			1			72
A17				9	9				3			1	1		64
A4	9		1	3		3	9	3							63
A2							9	9					1		60
A14						3	9	3							60
A9	3								1	9					54
A15											9			3	50
A16	1		1	1	1	3	3	3		1	3	9	9	1	43
A3	3			3		3	1	3		1	1	1		9	43
Tek	16140	6480	3222	10236	6264	7068	20590	14610	8316	1654	6262	12814	7514	5814	
Dk	2	5	1	3	4	2	3	2	2	2	3	5	4	2	
ETD K	8070	1296	3222	3412	1566	3534	6863	7305	4158	827	2087	2563	1879	2907	
Ran k	1	13	7	6	12	5	3	2	4	14	10	9	11	8	

Tabel 10 merupakan perhitungan nilai TEK (*Total Effectiveness*) dan ETDk (*Effectiveness to Difficulty Ratio*) proses tuts piano tercantum pada Tabel 10. Pada Tabel 10 terdapat korelasi yang

menunjukkan bahwa angka 1 merupakan korelasi rendah, angka 3 menunjukkan korelasi sedang, dan angka 9 menunjukkan korelasi tinggi antara risk agent dengan strategi penanganan. Berikut ini merupakan perhitungan manual dari nilai TEK dan ETDk pada proses tuts piano:  
 $TEK (PA1) = (9 \times 792) + (9 \times 630) + (3 \times 630) + (1 \times 432) + (3 \times 430) = 16140$   
 $ETDk (PA1) = 16140 / 2 = 8070$

**Tabel 9.** Urutan prioritas strategi mitigasi risiko proses tuts piano

Code	Preventive Action	(ETDk)	Rank
PA1	Menyusun dan mensosialisasikan standar spesifikasi produk secara rinci kepada seluruh lini produksi.	8070	1
PA8	Menambah jumlah checkpoint inspeksi pada proses akhir.	7305	2
PA7	Menambahkan sistem kontrol ganda atau verifikasi oleh operator kedua.	6863	3
PA9	Melakukan penyesuaian target produksi yang realistis.	4158	4
PA6	Memberikan pelatihan ulang secara periodik.	3534	4
PA4	Melatih teknisi internal untuk troubleshooting awal.	3412	6
PA3	Menetapkan SOP takaran lem dan checklist harian untuk pengecekan takaran.	3222	7
PA14	Menetapkan jadwal kalibrasi rutin (mingguan/bulanan).	2907	8
PA12	Melakukan Root Cause Analysis atas defect yang sering terjadi.	2563	9
PA11	Standardisasi proses setup dengan panduan visual (Visual SOP).	2087	10
PA13	Memberikan pelatihan ulang untuk proses yang paling banyak rework.	1879	11
PA5	Menyediakan suku cadang kritis dengan jumlah minimum.	1566	12
PA2	Menggunakan dispenser lem otomatis dengan volume terkontrol.	1296	13
PA10	Menyusun form standar pemeriksaan material (material incoming checklist).	827	14

Strategi prioritas mitigasi risiko proses tuts piano yang didapat setelah pengolahan data HOR fase 2 tercantum pada Tabel 11 di atas. Tabel 11 menunjukkan urutan prioritas mitigasi risiko proses tuts piano yang diurutkan berdasarkan peringkat nilai ETDk tertinggi. Strategi dengan nilai ETDk tertinggi menjadi prioritas utama karena dinilai paling efektif dan relatif mudah untuk diimplementasikan. Beberapa strategi prioritas tersebut antara lain adalah menyusun dan mensosialisasikan standar spesifikasi produk secara rinci kepada seluruh lini produksi (PA1), menambah jumlah checkpoint inspeksi pada proses akhir (PA8), dan menambahkan sistem kontrol ganda atau verifikasi oleh operator kedua (PA7). Sementara itu, strategi dengan nilai ETDk terendah seperti menyusun form standar pemeriksaan material (PA10) berada pada urutan terakhir dalam prioritas mitigasi.

## 2. Pengolahan Data Metode ISM Pada Proses Tuts Piano

Setelah memperoleh beberapa strategi mitigasi dari metode HOR fase 2 selanjutnya proses penginputan pada *software* Exsimpro.

### a. *Structural Self Interaction (SSIM) Proses Tuts Piano*

Proses SSIM yaitu pemberian notasi V, A, X, O melalui kuesioner keterkaitan subkriteria, notasi yang digunakan memiliki arti sebagai berikut:

1. Notasi V = hubungan dari elemen  $E_i$  terhadap  $E_j$ , tidak sebaliknya.
2. Notasi A = hubungan dari elemen  $E_j$  terhadap  $E_i$ , tidak sebaliknya.
3. Notasi X = hubungan interaksi antara  $E_i$  dan  $E_j$ , dapat sebaliknya.
4. Notasi O = tidak ada hubungan antara  $E_i$  dan  $E_j$ .

Kriteria dan subkriteria hasil dari pengolahan HOR fase 2 dapat dilihat pada Tabel 12 di bawah ini. Tabel 12 merupakan elemen proses *tuts piano* yang digunakan sebagai *input* pada *software* Exsimpro.

**Tabel 10.** Kriteria dan subkriteria proses tuts piano

Kriteria	Elemen/Subkriteria	Kode
<i>Quality</i>	Menyusun dan mensosialisasikan standar spesifikasi produk secara rinci kepada seluruh lini produksi.	PA1

Quality	Menambah jumlah checkpoint inspeksi pada proses akhir.	PA2
Quality	Menambahkan sistem kontrol ganda atau verifikasi oleh operator kedua.	PA3
Quality	Melakukan penyesuaian target produksi yang realistis.	PA4
Quality	Memberikan pelatihan ulang secara periodik.	PA5
Productivity	Melatih teknisi internal untuk troubleshooting awal.	PA6
Quality	Menetapkan SOP takaran lem dan checklist harian untuk pengecekan takaran.	PA7
Quality	Menetapkan jadwal kalibrasi rutin (mingguan/bulanan).	PA8
Quality	Melakukan Root Cause Analysis atas defect yang sering terjadi.	PA9
Quality	Standardisasi proses setup dengan panduan visual (Visual SOP).	PA10
Quality	Memberikan pelatihan ulang untuk proses yang paling banyak rework.	PA11
Productivity	Menyediakan suku cadang kritis dengan jumlah minimum.	PA12
Quality	Menggunakan dispenser lem otomatis dengan volume terkontrol.	PA13
Quality	Menyusun form standar pemeriksaan material (material incoming checklist).	PA14

NO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
A1		X	V	X	X	X	X	X	A	X	X	A	V	X
A2			X	X	X	A	V	X	X	X	X	A	V	A
A3				X	A	A	V	A	X	X	A	X	V	V
A4					X	V	V	X	X	X	X	V	V	V
A5						X	X	X	X	X	X	V	V	X
A6							X	X	X	X	X	X	X	V
A7								X	X	X	X	X	X	X
A8									X	X	V	X	X	X
A9										X	V	V	X	X
A10											X	X	X	A
A11												A	V	V
A12													A	X
A13														V
A14														

Gambar 6. Structural self-interaction matrix (ssim) proses tuts piano

Gambar 6 merupakan matrix SSIM proses Tuts Piano dalam bentuk notasi v,a,x,o yang telah dimasukkan ke software Exsimpro.

b. Reachability Matrix Proses Tuts Piano

Tabel 11. Reachability matrix proses tuts piano

NO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
A1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
A2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
A3	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
A4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A6	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A7	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A11	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0

A12	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1
A13	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
A14	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1

Setelah mendapatkan *Structural Self Interaction Matrix* (SSIM) Proses Tuts Piano maka akan muncul *reachability matrix*. Tabel 11 merupakan *reachability matrix* proses tuts piano, *reachability matrix* merupakan tahap mengubah notasi v,a,x,o menjadi angka 0 atau 1.

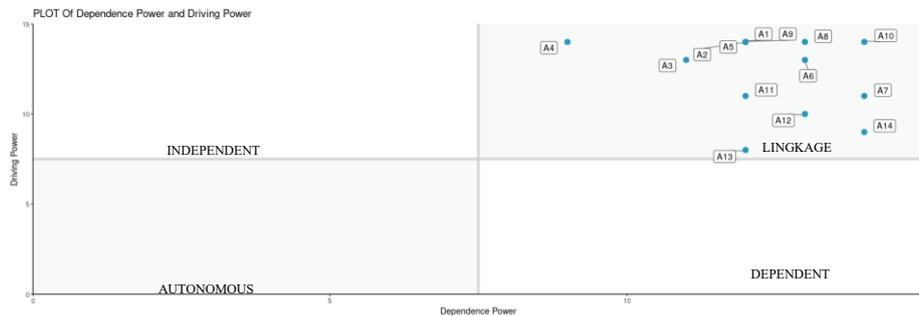
c. *Comical Matrix* Proses Tuts Piano

Tabel 12. Comical matrix proses tuts piano

NO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A1	A1	A1	A1	A1	D	R
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	P	
A1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	14	1
A2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	14	1
A3	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	13	2
A4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	1
A5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	1
A6	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	2
A7	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	3
A8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	1
A9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	1
A10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	1
A11	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	11	3
A12	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	10	4
A13	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8	6
A14	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	9	5
D	12	12	11	0	12	13	14	13	12	14	12	13	12	14		
L	3	3	4	5	3	2	1	2	3	1	3	2	3	1		

Setelah diketahui *reachability matrix* proses tuts piano, akan muncul output comical matrix. Tabel 12 adalah comical matrix proses tuts piano, yang menunjukkan dependence dan driven power tertinggi

d. *MICMAC Proses Tuts Piano*



Gambar 7. MICMAC Proses tuts piano

Gambar 7 merupakan *Matrix of cross impact multiplication* (MICMAC) dibuat dengan menggunakan nilai *driven power* dan nilai ketergantungan untuk setiap subkriteria. Tujuan dibuatnya MICMAC adalah untuk menentukan subkriteria mana yang termasuk dalam setiap sektor atau kuadran. Hasil analisis MICMAC pada proses *tuts piano* menunjukkan bahwa dari total 14 sub elemen, seluruhnya menempati kuadran *linkage*. Elemen-elemen dalam kuadran keterkaitan dianggap memiliki hubungan yang kuat dengan elemen-elemen lainnya.

e. *Model ISM Proses Tuts Piano*



Gambar 8. Model ISM proses tuts piano

Gambar 8 menunjukkan grafik yang menggambarkan berbagai level dengan titik-titik berwarna yang mewakili kategori tertentu. Pada sumbu vertikal, terdapat label "LEVEL" yang menunjukkan urutan level dari A1 hingga A14. Setiap titik memiliki warna yang berbeda, yang menunjukkan tingkatannya level 1 diwakili oleh warna merah, level 2 oleh cokelat, level 3 oleh hijau, level 4 oleh turquoise, level 5 oleh biru, dan level 6 oleh magenta.

Titik-titik yang lebih tinggi, seperti A13 dan A14, berada di level lebih atas, menunjukkan bahwa item-item tersebut mungkin lebih kompleks atau memiliki bobot yang lebih berat. Sebaliknya, titik A1, A2, dan A3 berada pada level yang lebih rendah, menunjukkan kesederhanaan atau tingkat dasar. Secara keseluruhan, grafik ini memberikan visualisasi yang jelas mengenai distribusi item berdasarkan level yang berbeda, memperlihatkan seberapa banyak item dalam masing-masing kategori tersebut.

## Simpulan

Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa hasil identifikasi di proses tuts piano terdapat 7 *risk event* dan 17 *risk agent* yang terjadi. Berdasarkan hasil perhitungan HOR fase 1 terdapat 10 *risk agent* dominan yang terpilih pada proses tuts piano. Menurut prinsip pareto 20:80, maka harapannya 80% *risk agent* dapat dikendalikan. Sedangkan hasil dari HOR fase 2 didapatkan 14 tindakan pencegahan yang menjadi prioritas dalam mengatasi *risk agent* yang terjadi pada proses tuts piano, data yang didapat berdasarkan urutan ETDK dari yang terbesar hingga yang terkecil. Dengan urutan pertama yang menjadi prioritas utama yaitu Menyusun dan mensosialisasikan standar spesifikasi produk secara rinci kepada seluruh lini produksi. Dan berdasarkan hasil dari metode ISM dengan *input* 14 tindakan pencegahan didapatkan *output* 7 kriteria kunci yang paling berpengaruh, yang didapat berdasarkan level tertinggi. Tujuh (7) kriteria kunci yang didapat yaitu, A1, A2, A4, A5, A8, A9, A10. Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan di atas, maka peneliti menyarankan bagi peneliti selanjutnya untuk melanjutkan mencari prioritas kriteria kunci dari mitigasi risiko yang telah diperoleh dari metode ISM menggunakan bantuan perangkat atau software yang lebih modern seperti teknologi AI (*Artificial Intelligence*) dikarenakan penelitian ini membutuhkan waktu yang tidak sebentar untuk melakukan penelitian. Hal ini merupakan suatu hal yang harus bisa di atasi supaya bisa menyelesaikan penelitian dengan waktu yang efisien dengan bantuan teknologi yang lebih modern.

## Daftar Pustaka

- [1] T. Jeske, M. Würfels, and F. Lennings, "Development of Digitalization in Production Industry - Impact on Productivity, Management and Human Work," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 180, pp. 371–380, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.01.358.
- [2] I. Setiawan, "Integration of total productive maintenance and industry 4.0 to increase the productivity of nc bore machines in the musical instrument industry," *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, no. March, pp. 4701–4711, 2021, doi: 10.46254/an11.20210826.
- [3] H. Hendra, I. Setiawan, H. Hernadewita, and H. Hermiyetti, "Evaluation of Product Quality Improvement Against Waste in the Electronic Musical Instrument Industry," *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 7, no. 3, p. 402, 2021, doi: 10.26555/jiteki.v7i3.21904.
- [4] S. Brezas *et al.*, "applied sciences Review of Manufacturing Processes and Vibro-Acoustic Assessments of Composite and Alternative Materials for Musical Instruments," 2024.
- [5] W. Zou, T. Hin-on, and P. Sapaso, "Implementing practices for the Chinese Nationalized Piano teaching model in undergraduate music education," *Cogent Educ.*, vol. 11, no. 1, p., 2024, doi:

- 10.1080/2331186X.2024.2374173.
- [6] T. Wakhyudi, M. Sayuti, and K. Karnadi, "Analisis Mitigasi Risiko Kecelakaan Kerja Divisi AC pada Perusahaan Elektronik di Karawang dengan Menerapkan Metode HOR dan ISM," *J. Integr. Syst.*, vol. 7, no. 1, pp. 83–97, 2024, doi: 10.28932/jis.v7i1.9154.
- [7] I. N. Pujawan and L. H. Geraldin, "House of risk: A model for proactive supply chain risk management," *Bus. Process Manag. J.*, vol. 15, no. 6, pp. 953–967, 2009, doi: 10.1108/14637150911003801.
- [8] C. Natalia, Y. F. T. Br. Hutapea, C. W. Oktavia, and T. P. Hidayat, "Interpretive Structural Modeling and House of Risk Implementation for Risk Association Analysis and Determination of Risk Mitigation Strategy," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 19, no. 1, pp. 10–21, 2020, doi: 10.23917/jiti.v19i1.9014.
- [9] D. Kristanto and D. A. Kurniawati, "Development of halal supply chain risk management framework for frozen food industries," *J. Islam. Mark.*, vol. 14, no. 12, pp. 3033–3052, 2023, doi: 10.1108/JIMA-04-2022-0112.
- [10] H. Susanto, S. A. Salma, and H. Rahmani, "Risk Mitigation Analysis for Tofu Production Process to Minimize Product Defects Using House of Risk Approach †," 2025.
- [11] N. Syamsiyah, S. R. Qanti, and D. Rochdiani, "Risk Mitigation in Environmental Conservation for Potato Production in Cisangkuy Sub-Watershed, Bandung Regency, West Java, Indonesia," *Agric.*, vol. 14, no. 10, 2024, doi: 10.3390/agriculture14101726.
- [12] H. Zhang, X. Wu, and M. Ju, "Developing a cognitive model of solid geometry based on Interpretive Structural Modeling method," *Heliyon*, vol. 10, no. 5, p. e27063, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e27063.
- [13] M. Krivoshapkina, Y. S. Choi, M. Listan Bernal, and G. T. Yeo, "Vitalizing logistics strategies for Tiksi Port using the interpretive structural modelling method," *Asian J. Shipp. Logist.*, vol. 40, no. 1, pp. 36–41, 2024, doi: 10.1016/j.ajsl.2023.12.004.
- [14] P. Jittamai, S. Toek, P. Sathaporn, K. Kongkanjana, and N. Chanlawong, "Risk Mitigation in Durian Cultivation in Thailand Using the House of Risk (HOR) Method: A Case Study of Pak Chong GI Durian," *Sustain.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–19, 2025, doi: 10.3390/su17010222.
- [15] D. Arviana and W. Prastika, "Optimalisasi Produktivitas dan Manajemen Risiko pada Sistem Produksi Aleta Leather Menggunakan Metode House of Risk," vol. 3, no. 2, pp. 160–170, 2024.
- [16] P. S. P. C. Oliveira, F. A. F. Ferreira, M. Dabić, J. J. M. Ferreira, and N. C. M. Q. F. Ferreira, "Analyzing the causal dynamics of circular-economy drivers in SMES using interpretive structural modeling," *Energy Econ.*, vol. 138, no. August, 2024, doi: 10.1016/j.eneco.2024.107842.
- [17] D. M. Aziz, M. Sayuti, and S. Suryadi, "Analisis Faktor Risiko Keterlambatan pada Proyek HRSG di PT XYZ dengan Menerapkan Metode PERT, CPM, dan HOR," *J. Integr. Syst.*, vol. 7, no. 2, pp. 223–237, 2025, doi: 10.28932/jis.v7i2.10222.
- [18] M. Rozudin and N. A. Mahbubah, "Implementasi Metode House Of Risk Pada Pengelolaan Risiko Rantai Pasokan Hijau Produk Bogie S2hd9c (Studi Kasus: PT Barata Indonesia)," *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.24853/jisi.8.1.1-11.
- [19] I. Technology and R. Analysis, "JURNAL AKSI Akuntansi dan Sistem Informasi of Risk ( HOR ) for SIAK in Western Seram Regency," vol. 7, no. 2, pp. 137–147, 2022.
- [20] S. Sorooshian, M. Tavana, and S. Ribeiro-Navarrete, "From classical interpretive structural modeling to total interpretive structural modeling and beyond: A half-century of business research," *J. Bus. Res.*, vol. 157, no. January, 2023, doi: 10.1016/j.jbusres.2022.113642.
- [21] R. Attri, S. Grover, N. Dev, and D. Kumar, "Analysis of barriers of total productive maintenance (TPM)," *Int. J. Syst. Assur. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 4, pp. 365–377, 2013, doi: 10.1007/s13198-012-0122-9.
- [22] V. Jain and H. Qureshi, "Modelling the factors affecting Quality of Life among Indian police officers: a novel ISM and DEMATEL approach," *Saf. Health Work*, vol. 13, no. 4, pp. 456–468, 2022, doi: 10.1016/j.shaw.2022.07.004.
- [23] A. S. Hariyanto and H. Prasetyo, "Usulan Pemilihan Supplier Tepung Resin dengan Menggunakan Metode Interpretive Structural Modelling (ISM) dan Analytical Network Process (ANP) di CV Loveina Solid Surface," pp. 1–10, 2022.