



TESIS - T1185401

***INTEGRATED FMEA-MCDM* UNTUK PENENTUAN  
PRIORITAS GANGGUAN OPERASIONAL PADA  
PROSES PRODUKSI**

**MUQIMUDDIN**  
**02411850010002**

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., Ph.D., IPU.

Departemen Teknik Sistem Dan Industri  
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



TESIS - TI185401

***INTEGRATED FMEA-MCDM* UNTUK PENENTUAN  
PRIORITAS GANGGUAN OPERASIONAL PADA  
PROSES PRODUKSI**

**MUQIMUDDIN**  
**02411850010002**

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., Ph.D., IPU.

Departemen Teknik Sistem Dan Industri  
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**THESIS - TI185401**

**INTEGRATED FMEA-MCDM FOR PRIORITIZING  
OPERATIONAL DISRUPTION IN PRODUCTION  
PROCESS**

**MUQIMUDDIN  
02411850010002**

**Supervisor  
Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., Ph.D., IPU.**

**Department of Industrial and Systems Engineering  
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

**Magister Teknik (MT)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**MUQIMUDDIN**

**NRP: 02411850010002**

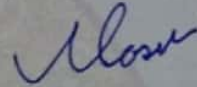
Tanggal Ujian: 15 Januari 2020

Periode Wisuda: Maret 2020

Disetujui oleh:

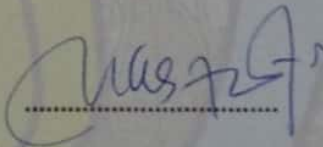
Pembimbing:

1. Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., Ph.D., IPU.  
NIP: 195908171987031002

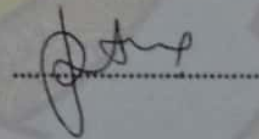


Penguji:

- A. Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP: 197504081998022001

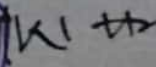


- B. Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.  
NIP: 197405081999032001



Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem



  
Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D.

NIP: 197005231996011001

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muqimuddin  
NRP : 02411850010002  
Program Studi : Magister Teknik Industri-ITS

Menyatakan bahwa tesis dengan judul

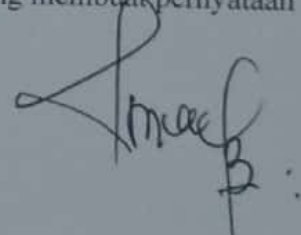
***“INTEGRATED FMEA-MCDM UNTUK PENENTUAN PRIORITAS  
GANGGUAN OPERASIONAL PADA PROSES PRODUKSI”***

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2020

Yang membuat pernyataan



Muqimuddin

NRP. 02411850010002

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN TESIS .....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	6
1.3    Tujuan Penelitian .....	7
1.4    Ruang Lingkup Penelitian .....	7
1.5    Manfaat Penelitian .....	7
1.6    Sistematika Penulisan .....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1    Gangguan dan risiko .....	9
2.1.1    Definisi gangguan .....	9
2.1.2    Risiko .....	10
2.1.3    Hubungan gangguan dan risiko .....	11
2.2 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> .....	11
2.3 <i>Uncertain infomation</i> .....	14
2.4 <i>Multi Criteria Decision Making</i> .....	16
2.4.1 <i>Analitical Hierarchy Process (AHP)</i> .....	16
2.4.2 <i>Best Worst Method (BWM)</i> .....	17
2.4.3 <i>Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS)</i> .....	18

2.4.4	<i>Grey Relation Analysis (GRA)</i> .....	19
2.4.5	<i>Data Envelopment Analysis (DEA)</i> .....	19
2.4.6	<i>Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR)</i> .....	20
2.5	Elemen RPN Penentuan Prioritas.....	21
2.6	Gap Penelitian .....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....		31
3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian .....	31
3.2	Penjelasan <i>Flowchart</i> .....	32
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA</b> .....		45
4.1	Pengumpulan Data .....	45
4.1.1	Deskripsi perusahaan.....	45
4.1.2	Identifikasi jenis gangguan.....	46
4.1.3	Perhitungan <i>Loss revenue</i> .....	48
4.1.4	Hasil penilaian RPN berdasarkan <i>pair-wise comparison</i> .....	51
4.1.5	Hasil penilaian gangguan .....	52
4.2	Pengolahan Data.....	53
4.2.1	Menghitung <i>rough number AHP</i> .....	53
4.2.2	Menghitung <i>rough number TOPSIS</i> .....	54
4.2.3	Perhitungan bobot optimal tiap elemen RPN.....	55
4.2.4	Perhitungan Matriks D, D*, D** .....	56
4.2.5	Penentuan Prioritas Gangguan .....	58
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> .....		61
5.1	Analisis hasil pengumpulan data.....	61
5.2	Analisis hasil penentuan prioritas .....	65
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....		69
6.1	Kesimpulan.....	69
6.2	Saran.....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		71
<b>LAMPIRAN</b> .....		75
<b>BIODATA PENULIS</b> .....		83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jumlah Perusahaan Industri Pengolahan Besar Dan Sedang Tahun 2017 – 2010 (Sumber: data BPS Nasional tahun 2019) .....	1
Gambar 2. 1 Tahapan FMEA .....	13
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	31
Gambar 4. 1 Tahapan Produksi Sarung Tangan (Sumber: Olah data perusahaan) .....	45
Gambar 5. 1 Grafik loss revenue pada 10 gangguan .....	61
Gambar 5. 2 Grafik hasil penilaian occurrence.....	62
Gambar 5. 3 Grafik hasil penilaian RPN detection.....	62
Gambar 5.4 Grafik bobot optimal tiap elemen RPN.....	64

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Contoh Tabel FMEA.....	14
Tabel 2. 2 Elemen RPN penentuan prioritas risiko.....	21
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu .....	24
Tabel 2. 4 Posisi Penelitian .....	28
Tabel 3. 1 Skala evaluasi <i>occurrence</i> .....	34
Tabel 3. 2 Skala penilaian <i>detection</i> .....	35
Tabel 3. 3 Skala penilaian perbandingan elemen RPN.....	36
Tabel 3. 4 <i>Random concistency index (RI)</i> .....	36
Tabel 4. 1 Data Mesin .....	46
Tabel 4. 2 Jenis Gangguan .....	47
Tabel 4. 3 Data Jumlah Produksi .....	48
Tabel 4. 4 Parameter perhitungan <i>loss revenue</i> .....	48
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan <i>loss revenue</i> per kejadian .....	50
Tabel 4. 6 Hasil penilaian RPN berdasarkan <i>pair-wise comparison</i> .....	51
Tabel 4. 7 Hasil penilaian RPN berdasarkan <i>pair-wise comparison</i> ( $CR < 0,1$ ) ..	52
Tabel 4. 8 Hasil Penilaian Gangguan.....	52
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan <i>rough number AHP</i> .....	53
Tabel 4. 10 Rough number penilaian gangguan i terhadap elemen RPN j .....	54
Tabel 4. 11 Bobot optimal tiap elemen RPN .....	55
Tabel 4. 12 Matriks D .....	56
Tabel 4. 13 Matriks D* .....	56
Tabel 4. 14 Matriks D** .....	57
Tabel 4. 15 Hasil perhitungan jarak geometri.....	58
Tabel 4. 16 Hasil perhitungan nilai <i>closeness coeffesient</i> .....	59
Tabel 5. 1 Hasil perbandingan penentuan prioritas gangguan .....	65

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

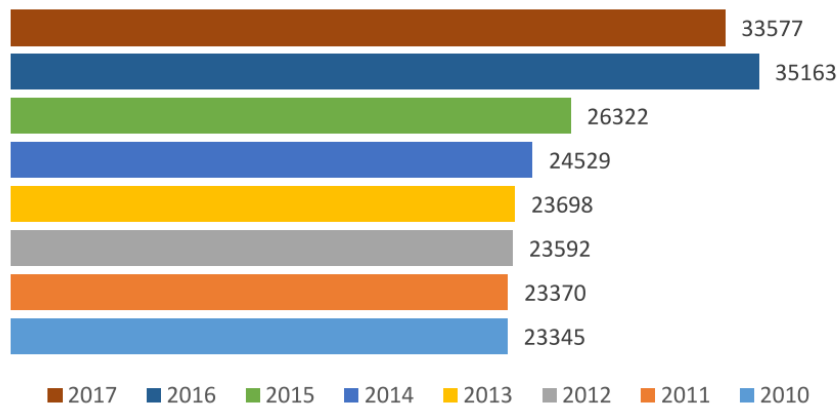


# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Berdasarkan data publikasi BPS Nasional mengenai perkembangan indeks produksi industri besar dan sedang Tahun 2017-2019, sektor industri pengolahan menunjukkan peningkatan yang cukup baik.



Gambar 1. 1 Jumlah Perusahaan Industri Pengolahan Besar Dan Sedang Tahun 2017 – 2010 (Sumber: data BPS Nasional tahun 2019)

Gambar 1.1 menunjukkan bahwa jumlah perusahaan industri pengolahan besar dan sedang Tahun 2010-2017 selalu meningkat, kecuali dari Tahun 2016 ke Tahun 2017. Tahun 2016 merupakan tahun dengan peningkatan terbesar jumlah perusahaan industri pengolahan yaitu sebesar 33,59 persen atau naik sebesar 8841 usaha, sedangkan pertumbuhan terendah terjadi pada Tahun 2011 yaitu 0,11 persen. Sementara pada Tahun 2012 sampai dengan Tahun 2014 jumlah perusahaan industri pengolahan besar dan sedang masing-masing mengalami peningkatan sebesar 0,95 persen, 0,45 persen, dan 3,51 persen.

Adanya peningkatan jumlah perusahaan industri, persaingan akan semakin ketat yang mana menuntut perusahaan mampu menjaga eksistensinya dengan mempertahankan dan meningkatkan produktifitas produksi. Suatu organisasi atau perusahaan bisa dikatakan berhasil, Apabila produktifitas perusahaan tersebut tinggi atau meningkat. Namun apabila lebih rendah dari standar atau menurun, maka dapat dinyatakan bahwa perusahaan kurang berhasil (Wibowo, 2007).

Produktifitas diukur berdasarkan rasio *output* terhadap *input* yang dihasilkan oleh perusahaan. Semakin tinggi rasio *output* maka semakin tinggi produktifitas perusahaan. Dengan kata lain, semakin rendah penggunaan *input* dan menghasilkan *output* yang tinggi maka semakin tinggi produktifitas sebuah perusahaan. Oleh Karena itu pentingnya mengelola produktivitas perusahaan agar suatu kegiatan produksi dapat berlangsung secara terus-menerus.

Tidak dapat dipungkiri bahwa gangguan operasional seringkali terjadi pada proses produksi. Gangguan merupakan kejadian yang disebabkan oleh faktor internal dan eksternal dan bersifat *unpredictable*. Gangguan dapat menyebabkan sebuah sistem menyimpang dari rencana semula, sehingga mempengaruhi kinerja sistem (Yu & Qi, 2004). Sebagian besar penelitian menyoroti gangguan produksi seperti; Gangguan daya, Kerusakan mesin, Gangguan penanganan material, Masalah penjadwalan, Seperti Kumrun Nahar et al., (2015) telah mengidentifikasi beberapa gangguan yang terjadi proses produksi yaitu gangguan pembangkit listrik, mesin yang tidak dapat beroperasi, demonstrasi, gangguan produksi oleh operator, produk cacat dan lain sebagainya. Gangguan – gangguan operasional seperti ini terjadi secara *unpredictable* bahkan secara tidak disadari akan menyebabkan produktifitas yang dihasilkan perusahaan menurun. Beberapa gangguan seperti kerusakan mesin dan gangguan pembangkit listrik masih dapat diperkirakan jumlah kejadiannya, sedangkan apabila gangguan disebabkan oleh operator, seperti kinerja operator menurun maka jumlah kejadian akan sulit diperkirakan. Penurunan jumlah produksi tentu akan menimbulkan risiko penurunan kepuasan akibat jumlah permintaan yang tidak dapat dipenuhi secara maksimal. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan evaluasi dan menentukan prioritas yang tepat dari beberapa jenis gangguan untuk meminimumkan risiko dampak gangguan.

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan salah satu metode yang sering digunakan oleh banyak peneliti terutama dalam penentuan prioritas. Namun, beberapa peneliti mengkritisi metode ini karena dalam menghitung nilai RPN, bobot tingkat kepentingan seluruh elemen RPN dianggap sama. Namun dalam penerapannya, setiap pembuat keputusan memiliki pendapat yang berbeda mengenai elemen RPN yang terpenting dipertimbangkan. Perbedaan pendapat ini

terjadi karena tiap pembuat keputusan memiliki pandangan dan tujuan berbeda mengenai faktor yang penting ditangani agar dapat meminimasi risiko gangguan. Apabila bobot tingkat kepentingan elemen RPN yang dipertimbangkan sama maka akan memungkinkan hasil prioritas yang tidak sesuai dengan tujuan yang diinginkan oleh pembuat keputusan seperti menghasilkan prioritas dengan tingkat *occurrence* tertinggi, namun pembuat keputusan bertujuan untuk mengurangi tingkat *severity* dari *failure mode*. Oleh karena itu menurut Kutlu (2012) dan Chang, et al (2013).dalam penentuan prioritas dengan metode FMEA perlu mempertimbangkan bobot tingkat kepentingan tiap elemen RPN

Dalam menghitung RPN dengan mengalikan tiap elemen RPN dianggap belum tangguh dalam menentukan prioritas (Lo & Liou 2018). Hal ini dikarenakan sangat mungkin menghasilkan nilai RPN yang sama. Sebagai contoh apabila nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* secara berturut-turut 2, 4 dan 5, maka nilai RPN yang dihasilkan yaitu 40. Sedangkan alternatif lainnya juga mungkin akan menghasilkan nilai RPN yang sama, walaupun 2 alternatif tersebut memiliki nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* yang berbeda-beda. Dengan demikian, akan sulit menentukan prioritas utama apabila terdapat beberapa nilai RPN yang sama pada prioritas teratas.

Menurut Lo & Liou (2018) dalam proses pengambilan keputusan, tim FMEA sulit mengungkapkan penilaian mereka dalam nilai numerik, sehingga penilaian sering dinyatakan dalam skala linguistik. Walaupun demikian, pembuat keputusan juga akan sulit mengungkapkan penilaian terhadap *failure mode* secara tepat. Dengan kata lain, akan muncul keraguan untuk memilih antara 2 atau lebih skala linguistik sebagai nilai sebuah *failure mode*. Hal ini dikarenakan kurangnya pemahaman pembuat keputusan mengenai *failure mode* yang dinilai atau *failure mode* memiliki ketidakpastian nilai terhadap elemen RPN. Apabila seluruh penilaian tiap pembuat keputusan telah dikumpulkan, maka akan menyebabkan hasil penilaian akan berbeda-beda. Dengan demikian, hasil penilaian ini dikatakan sebagai *uncertain information* yang mana tidak ada penilaian yang dapat diyakini sebagai nilai yang tepat (Yang & John, 2011). Adapun seluruh penilaian perlu dipertimbangkan dengan baik dalam penentuan prioritas. Oleh karena itu, dalam

penentuan prioritas menggunakan FMEA perlu mempertimbangkan *uncertain information* dari seluruh pendapat pembuat keputusan.

Ketepatan dalam penentuan prioritas sangat penting, karena apabila terdapat kesalahan dalam penentuan prioritas, tentu akan menimbulkan konsekuensi bagi perusahaan. Konsekuensi yang ditimbulkan dapat berupa meningkatnya risiko yang akan terjadi pada proses produksi. Menurut Ahsen (2008) keputusan mungkin menghasilkan prioritas utama yang tidak memiliki kerugian besar dari alternatif lainnya. Setiap gangguan memiliki karakteristik dimana kerugian yang ditimbulkan dipengaruhi oleh durasi terjadinya gangguan, sehingga kerugian biaya akan meningkat setiap satuan waktu (Hishamuddin, et al 2010). Apabila 2 jenis gangguan yang memiliki jumlah kerugian per satuan waktu yang berbeda, dan gangguan yang terpilih sebagai prioritas utama adalah jenis gangguan dengan kerugian biaya rendah, maka kerugian biaya yang dapat dikurangi tidaklah tinggi. Sedangkan gangguan dengan kerugian biaya tinggi akan terus meningkat apabila tidak segera ditangani.

Dengan adanya kekurangan ini, beberapa peneliti telah melakukan pengembangan dengan FMEA untuk menghasilkan prioritas kegagalan yang lebih baik. Salah satu penelitian yaitu dilakukan oleh Rezaee, et al (2017) yang mengintegrasikan FMEA dengan *Data Envelopment Analysis* (DEA) sebagai metode untuk menentukan prioritas gangguan. Dengan adanya integrasi ini, dalam penentuan prioritas tidak lagi mengalikan elemen RPN, namun dengan menghitung efisiensi input dan output menggunakan *Slack Based Measure* (SBM). Penelitian ini mempertimbangkan beberapa faktor sebagai kriteria penentuan prioritas kegagalan yaitu *severity*, *occurance* dan *detection* sebagai *input* SBM serta mempertimbangkan faktor biaya sebagai output pada model SBM. Hasil penelitiannya membuktikan bahwa tanpa mempertimbangkan biaya kegagalan akan menghasilkan prioritas utama namun biaya kegagalan tidaklah besar. Penelitian yang dilakukan masih menyisakan kekurangan yaitu dalam penilaian elemen RPN belum memperhatikan *uncertain information* dari responden yang mana nilai rata-rata menjadi representasi penilaian seluruh pembuat keputusan.

Penelitian lainnya yaitu dilakukan oleh Lo & Liou (2018) yang mengintegrasikan FMEA dengan metode MCDM seperti BWM, GRA dan *Interval Analysis*. Penelitiannya tersebut mempertimbangkan *severity, occurrence, detection* dan *expected cost* dalam penentuan prioritas kegagalan. Dengan integrasi beberapa metode, model ini memberikan keunggulan yaitu dalam penentuan tingkat risiko telah mempertimbangkan bobot tingkat kepentingan elemen RPN yang dihasilkan dari *Best Worst Method* (BWM). Selain itu, *uncertain information* dari pembuat keputusan juga telah dipertimbangkan dengan menggunakan *Grey Theory* yaitu *Grey Relation Analysis* (GRA) dalam penentuan prioritas. Model yang dikembangkan dalam penelitiannya juga telah mempertimbangkan *expected cost* sebagai salah satu faktor biaya yang dipertimbangkan dalam penentuan prioritas. *Expected cost* ini dimaknai sebagai jumlah biaya perbaikan apabila terdapat risiko. Penelitian ini sudah mempertimbangkan tingkat kepentingan tiap elemen RPN. selain itu juga telah memperhatikan *uncertain information* dari ahli dengan menggunakan *grey theory*. Menurut Yang & John (2011) *grey theory* dapat digunakan untuk penilaian sebuah sistem yang telah diketahui sebagian, sehingga dapat dikatakan bahwa tingkat ketidakpastian sebuah sistem (*failure mode*) yang dinilai rendah dan belum dapat mengakomodasi ketidakpastian dari sebuah sistem yang tinggi. Selain itu, dalam menganggregasi hasil penilaian yang dilakukan dalam model ini yaitu dengan metode *arithmetic average method*. Menurut Lo & Liou (2019), dalam penilaian sebuah *failure mode*, memungkinkan tidak tercapainya konsensus pendapat ahli. Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing ahli memiliki pendapat yang berbeda mengenai nilai sesungguhnya untuk sebuah *failure mode*, sehingga terjadinya ketidakpastian informasi yang dihasilkan dan belum dapat dipastikan pendapat ahli mana yang merepresentasikan nilai *failure mode* yang benar. Apabila dilakukan penentuan nilai failure mode menggunakan *arithmetic average method* atau nilai rata-rata dari penilaian, mungkin akan ada ketidaktepatan nilai yang diberikan pada sebuah failure mode, sehingga berdampak pada hasil keputusan.

Untuk memperbaiki kekurangan pada penelitian sebelumnya, selanjutnya Lo & Liou (2019) kembali mengembangkan FMEA dengan mengintegrasikan Rough BWM dan Rough TOPSIS dalam penentuan prioritas. Penggunaan metode *rough*

*set* dalam penelitian ini bertujuan untuk mengaggregasi hasil penilaian dari beberapa ahli, sehingga hasil keputusan akan lebih baik daripada mengaggregasi menggunakan nilai rata-rata karena dapat mengakomodasi seluruh perbedaan dari pendapat ahli. Namun, apabila hasil penilaian dari beberapa ahli sebagai masukan metode BWM diaggregasi menggunakan *rough set*, maka hanya dapat digunakan untuk pengambilan keputusan yang bersifat *grup desicion making*. Apabila jumlah ahli sama dengan jumlah elemen RPN yang dinilai, dan memiliki tingkat kepentingan yang berbeda, maka penggunaan *rough set* dalam agregasi akan tetap menghasilkan nilai yang belum memperhatikan *uncertain information*. Hal ini disebabkan oleh penentuan bobot optimal pada metode BWM dilakukan untuk setiap ahli. Dengan kata lain, agregasi hanya dapat dilakukan setelah bobot optimal dihasilkan tanpa agregasi terlebih dahulu mengenai hasil penilaian dari beberapa ahli.

Dengan demikian, perlu adanya pengembangan kembali model FMEA agar menghasilkan prioritas yang lebih baik untuk mengurangi risiko akibat gangguan yaitu dengan menambahkan bobot tingkat kepentingan elemen RPN dan mempertimbangkan tingkat *uncertain information* dari pendapat pembuat keputusan. Pengembangan akan dilakukan dengan mengintegrasikan metode FMEA dengan metode MCDM lainnya agar hasil keputusan penentuan prioritas menggunakan FMEA tradisional menjadi lebih baik dan dapat digunakan untuk menentukan prioritas gangguan operasional pada proses produksi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang muncul adalah bagaimana memperoleh bobot tingkat kepentingan elemen RPN dan memPERTimbangkannya dalam penentuan prioritas gangguan. selain itu Bagaimana memPERTimbangkan *uncertain information* dalam penentuan prioritas gangguan agar seluruh pendapat pembuat keputusan dipertimbangkan dengan baik dan menghasilkan keputusan yang lebih akurat.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini memiliki beberapa tujuan sebagai berikut:

1. Menentukan metode yang cocok digunakan untuk menentukan bobot optimal tiap elemen RPN dan teori yang dapat mengakomodasi *uncertain information* dari ahli.
2. Menentukan bobot elemen tiap RPN yang akan dipertimbangkan dalam penentuan prioritas gangguan dan menentukan pengaruhnya terhadap hasil keputusan.
3. Mempertimbangkan *uncertain information* dari penilaian pembuat keputusan dalam penentuan prioritas gangguan dan menentukan pengaruh *uncertain information* pada hasil keputusan.

### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan dan asumsi sebagai berikut:

Batasan penelitian adalah:

1. Tingkat *severity* diukur berdasarkan aspek *loss revenue* yang ditimbulkan oleh gangguan.
2. Setiap responden tidak memiliki waktu lama untuk melakukan diskusi mengenai penilaian terhadap gangguan.

Asumsi penelitian adalah:

1. Perusahaan tidak memiliki data histori mengenai *occurrence* gangguan.
2. Jumlah produksi yang dihasilkan oleh perusahaan bersifat tetap.
3. Setiap gangguan tidak memiliki interdependensi sehingga penurunan jumlah produksi tidak dipengaruhi oleh jenis gangguan lainnya.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui cara pengambilan keputusan mengenai penentuan prioritas gangguan menggunakan FMEA dan mengurangi tingkat subjektivitas dalam mempertimbangkan bobot tingkat kepentingan tiap elemen RPN.

2. Mengetahui cara pengambilan keputusan dengan mempertimbangkan *uncertain information* dari ahli agar menghasilkan keputusan yang lebih baik.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang gambaran umum dari teori yang digunakan dan literatur yang berkaitan dengan penelitian sebelumnya sebagai referensi.

### **BAB III: METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan metode penelitian, yang berisi tahapan sistematis untuk menjawab identifikasi masalah pada penelitian.

### **BAB IV: PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini memuat tentang hasil pengumpulan data yang diperoleh berdasarkan wawancara dan kuisioner. Selain itu memuat tentang tahapan pengolahan data berdasarkan metode yang digunakan.

### **BAB V: ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini memuat tentang analisis dan pembahasan dari hasil pengolahan data yang berdasarkan teori yang ada.

### **BAB VI: KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil analisis dan pembahasan, serta memberikan saran dan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini memuat tentang kajian beberapa teori yang dibutuhkan sebagai penunjang penelitian yang meliputi definisi gangguan, definisi risiko, *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), *Uncertain Information*, *Multi Criteria Decision Making* (MCDM), dan Gap Penelitian.

#### **2.1 Gangguan dan risiko**

##### **2.1.1 Definisi gangguan**

Beberapa definisi gangguan dikemukakan oleh ahli dalam penelitiannya yaitu sebagai berikut:

- 1) Yu & Qi (2004) menyebutkan gangguan merupakan segala faktor internal maupun eksternal yang seringkali menyebabkan sistem menyimpang dari keadaan yang direncanakan. Adapun sumber faktor tersebut dapat meliputi perubahan lingkungan, parameter sistem, sumberdaya, adanya kejadian yang tidak terprediksi, performansi sistem yang tidak pasti, adanya perubahan kebijakan, dan adanya pertimbangan lain dalam proses perencanaan.
- 2) Stricker and Lanza (2014) menyebutkan bahwa gangguan merupakan sesuatu yang tidak diinginkan, tidak disengaja yang muncul sewaktu-waktu tanpa rencana atau tidak dapat diprediksi sebelumnya.
- 3) Galaske & Anderl (2016) yang mana mendefinisikan bahwa gangguan merupakan kejadian yang tidak terprediksi yang bersifat sementara dan disebabkan oleh *failure* dan *disturbance*. Sedangkan *failure* dimaknai sebagai sistem yang tidak berfungsi sebagaimana mestinya dan *disturbance* dimaknai sebagai sistem berfungsi menyimpang dari keadaan normal.
- 4) Nelson (2011) mendefinisikan bahwa gangguan merupakan kejadian yang diakibatkan oleh kehilangan produktifitas, kegagalan, halangan dan terhentinya suatu proses sehingga menyebabkan penurunan efisiensi.

Menurut Yu & Qi (2004) didalam buku *Disruption Management* menyebutkan bahwa gangguan terjadi pada banyak aspek yaitu :

- 1) *Change in system environment* yaitu perubahan yang terjadi pada kondisi lingkungan, seperti adanya salju dan angin topan.
- 2) *Unpredictable event* yaitu kejadian yang tidak diduga-duga seperti serangan teroris, mogok kerja dan listrik mati.
- 3) *Change in system parameter* yaitu adanya perubahan pada parameter system, seperti adanya perubahan harga material dan perubahan waktu.
- 4) *Change in availability of resources* yaitu adanya perubahan pada ketersediaan sumber daya, seperti mesin *breakdown*, karyawan yang tidak masuk kerja, dan kualitas sumberdaya yang menurun.
- 5) *New retrictions* yaitu pembatasan baru ditambahkan ke sistem, sehingga dapat membuat rencana sebelumnya tidak dapat terlasana dengan baik atau bahkan tidak mungkin, seperti peraturan baru dari pemerintah, kontrak kerja baru, peraturan baru dari perusahaan.
- 6) *Uncertainties in system performance* yaitu pemahaman yang terbatas mengenai sistem sehingga menghasilkan performansi yang tidak sesuai dengan harapan, seperti waktu untuk menyelesaikan tugas dalam proyek baru mungkin jauh dari perkiraan dan dengan demikian dapat menyebabkan keterlambatan seluruh proyek.
- 7) *New considerations* yaitu adanya pertimbangan baru yang tidak ada dalam tahap perencanaan, namun harus ditangani dengan benar dan tepat waktu, atau sistem akan menanggung biaya dan penalti. Sebagai contoh dalam hal pesanan pelanggan yang baru atau prioritas pelanggan yang berubah jika sistem tidak segera merespons dan dengan benar, hal itu akan menyebabkan kehilangan pangsa pasarnya.

### **2.1.2 Risiko**

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), risiko diartikan sebagai sesuatu yang kurang menyenangkan dan mengakibatkan kerugian atau membahayakan dari suatu tindakan. Menurut Emmett J & Therese M (2013) risiko merupakan kondisi di mana adanya kemungkinan penyimpangan yang merugikan

dari hasil yang diinginkan. selain itu beliau juga mendefinisikan risiko sebagai berikut:

- 1) *The chance of loss* yaitu risiko menimbulkan kemungkinan kerugian.
- 2) *Uncertainty* yaitu risiko memiliki sifat ketidakpastian.
- 3) *The dispersion of actual from expected result* yaitu risiko menyebabkan hasil nyata menyimpang dari hasil yang diharapkan.

Berdasarkan kedua definisi tersebut, menunjukkan bahwa risiko merupakan sesuatu yang muncul akibat adanya perbuatan atau tindakan yang dilakukan dan bersifat tidak pasti. Akibat tindakan tersebut menghasilkan sesuatu yang menyimpang dan bersifat tidak diinginkan dari hasil yang diinginkan.

### **2.1.3 Hubungan gangguan dan risiko**

Dari kedua definisi mengenai gangguan dan risiko menunjukkan terdapat hubungan antara keduanya. Hubungan gangguan dan risiko yaitu apabila terdapat gangguan, maka terdapat risiko yang mungkin muncul sebagai akibat dari gangguan tersebut. Apabila risiko terjadi, maka akan menyebabkan sebuah gangguan bagi sistem. Oleh karena itu, dengan melakukan penanganan gangguan sama dengan mengurangi terjadinya risiko.

## **2.2 Failure Mode and Effect Analysis**

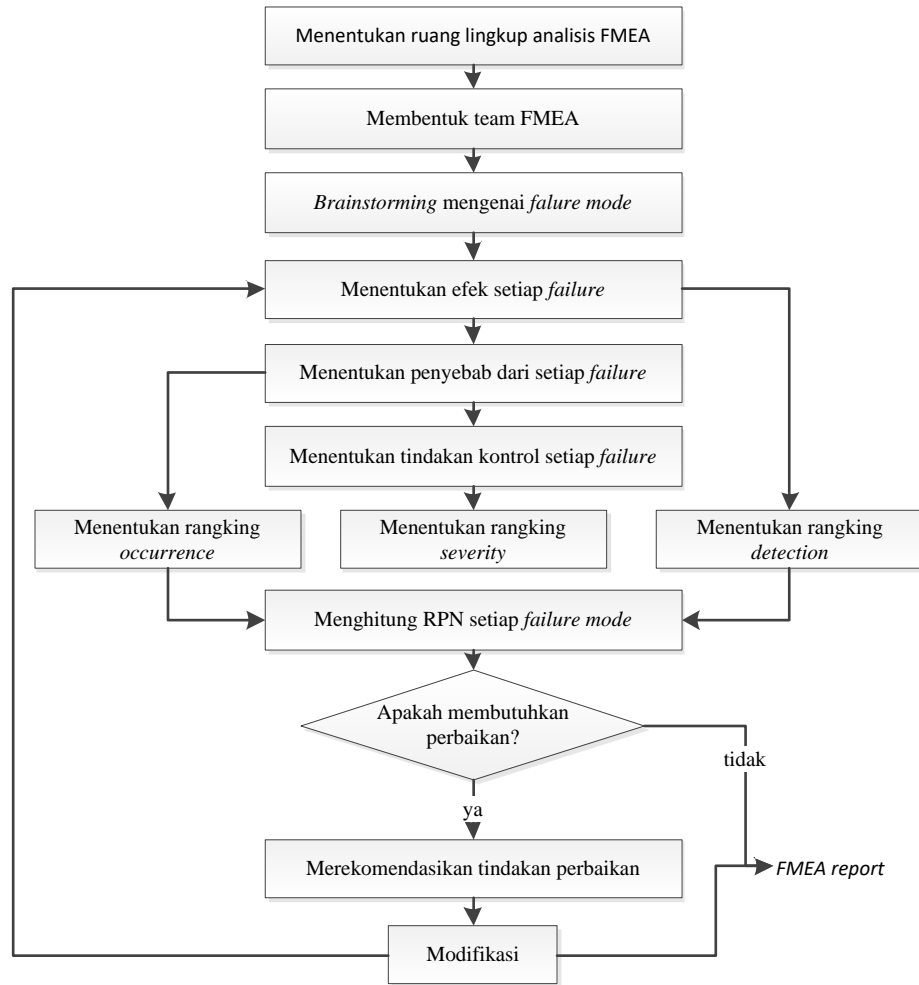
Menurut E. Mcdormett, et al (2009) didalam bukunya *The Basic of FMEA* menjelaskan FMEA adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi dan mencegah masalah produk dan proses sebelum terjadi. FMEA berfokus pada pencegahan cacat, meningkatkan keselamatan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Beberapa istilah mengenai FMEA secara spesifik menurut Liu (2016) yaitu:

- a) *Function* yaitu dimana sistem, desain, proses, komponen, subsistem, dan layanan dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Dengan adanya FMEA ini diharapkan tujuan dari tiap–tiap item tersebut dapat terwujud.
- b) *Failure Mode* merupakan deskripsi fisik tentang asal kegagalan terjadi. selain itu dengan kegagalan tersebut dapat menggambarkan bagaimana suatu produk/komponen dapat mengalami kegagalan dalam melakukan suatu fungsi sesuai dengan yang diinginkan. *Failure mode* mungkin

memiliki lebih dari satu tingkat tergantung pada kompleksitas sistem, desain, proses, atau layanan yang ditentukan.

- c) *Effect of Failure* yaitu dampak yang terjadi akibat dari kegagalan pada sistem, desain, proses, atau layanan. Dampak kegagalan ini dapat diatasi dengan 2 sudut pandang yaitu yang pertama adalah lokal, di mana kegagalan itu terisolasi dan tidak mempengaruhi hal lain. Yang kedua adalah global, di mana kegagalan dapat mempengaruhi fungsi dan / atau komponen lainnya. atau dapat dimaknai sebagai memiliki efek domino. Secara umum, kegagalan dengan efek global lebih serius daripada kegagalan dengan sifat lokal.
- d) *Current Control* merupakan cara atau tindakan yang saat ini direncanakan atau telah ada dan bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko yang terkait dengan setiap potensi dari *Failure mode*.
- e) *Recommended Action* yaitu tindakan spesifik yang di sarankan oleh tim FMEA sebagai referensi yang dapat diterapkan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko terkait dengan potensi penyebab kegagalan pada *failure mode*. Tindakan ini perlu mempertimbangkan kontrol yang telah diterapkan, tingkat kepentingan (prioritas) masalah, dan biaya dan efektivitas dari tindakan perbaikan.

Adapun langkah-langkah FMEA tradisional dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 1 Tahapan FMEA

Sumber : (Liu, 2016)

Menurut E. Mcdormett et al. (2009) relatif risiko dari kegagalan dan dampaknya ditentukan oleh tiga faktor yaitu *severity*, *occurance* dan *detection*. *Severity* (S) merupakan tingkat konsekuensi yang ditimbulkan akibat adanya kegagalan. *Occurance* (O) merupakan tingkat kemungkinan frekuensi terjadinya kegagalan. Selanjutnya *Detection* (D) merupakan tingkat kemungkinan kegagalan dapat dideteksi sebelum menghasilkan dampak kegagalan. Sedangkan dalam menentukan prioritas kegagalan (*Risk Priority Number*) yang biasa disingkat RPN pada FMEA yaitu sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D \quad (2. 1)$$

Dimana:

- S = *severity* yaitu nilai preferensi tingkat keparahan
- O = *occurance* yaitu nilai preferensi tingkat kemungkinan kejadian
- D = *detection* yaitu nilai preferensi tingkat kemampuan dideteksi

Contoh FMEA yang umum digunakan dalam *risk assessment* yaitu dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2. 1 Contoh Tabel FMEA

FMEA Report																
System		:							FMEA No		:					
Subsystem		:							Page		:					
Component		:							FMEA Date (original)		:					
FMEA Team		:							(revised)		:					
FMEA Process		:							Action result		:					
FMEA Process	Component/proc	Potential failure mode	potential effect of failure	S	Potential cause of failure	O	Current control Mechanisms	D	RPN	Recommended action	Rresponsibility and completion date	Action taken	S	O	D	RPN

Sumber : Liu (2016)

### 2.3 Uncertain infomation

Dalam mengevaluasi risiko secara praktis menggunakan FMEA sering dipengaruhi oleh informasi yang tidak pasti (*uncertain information*). Dalam proses pengambilan keputusan, tim FMEA tidak secara tepat dapat mengungkapkan penilaian mereka dalam nilai numerik, namun penilaian sering dinyatakan dalam skala linguistik (Lo & Liou, 2018). Adapun menurut Yang & John (2011) dalam mengakomodasi *uncertain information* ini, beberapa metode yang dapat digunakan yaitu *Fuzzy theory*, *Rough set theory*, dan *Gray number theory*.

#### 1. Fuzzy set theory

*Fuzzy set theory* pertama kali dikembangkan oleh Zadeh (1965) untuk memecahkan masalah fenomena *fuzzy* yang ada di dunia nyata, seperti situasi yang tidak jelas, tidak tepat, tidak spesifik, dan bersifat *fuzzy* (kabur) . Teori ini memiliki keunggulan dibandingkan teori himpunan tradisional ketika mengukur ambiguitas konsep yang terkait dengan penilaian subjektif manusia

(Liu, 2016). Konsep utama dalam konsep *fuzzy* ini adalah mengakomodasi *uncertain information* dari ahli dengan himpunan *fuzzy* yang bersifat deterministik, sehingga nilai himpunan telah ditentukan sebelum dilakukan penilaian oleh responden. Adapun kelebihan dan kekurangan *fuzzy theory* menurut Saelan (2009) adalah sebagai berikut:

- 1) Kelebihan dari teori ini yaitu andal dalam mengendalikan tingkat ketidakpastian data dan membutuhkan waktu dan usaha yang kecil dalam penerapannya.
- 2) Kekurangan teori fuzzy yaitu tidak mampu mengendalikan data yang bersifat non deterministik atau memiliki ketidakpastian yang tinggi.

## 2. *Rough set theory*

Teori ini diusulkan oleh Profesor Pawlak pada tahun 1982, teori *rough set* adalah metode matematika yang dapat untuk menangani *imprecise*, *incosistent*, dan *incomplete information* atau pengetahuan (Zhang, et al. 2016). Metode *rough set* efektif mengekstraksi pendapat nyata para ahli dan menghilangkan subjektivitas para ahli yang *bersifat non-deterministic* untuk meningkatkan objektivitas dalam pengambilan keputusan (Yang & John, 2011). Metode ini dapat mengatasi hasil penilaian responden yang sangat menyimpang dan tidak dapat diakomodir dengan himpunan *fuzzy*. Adapun kelebihan dan kekurangan metode ini adalah sebagai berikut:

- 1) Kelebihan teori ini adalah andal dalam mengakomodasi data yang memiliki ketidakpastian tinggi.
- 2) Adapun kelemahan teori ini adalah membutuhkan usaha yang besar dalam pengaplikasiannya.

## 3. *Gray number theory*

Menurut Yang & John (2011) *Grey theory* merujuk pada informasi yang diketahui sebagian dan *grey number* merupakan angka-angka yang diketahui sebagian. Dalam pengertian ini, seluruh angka interval bisa dianggap sebagai *grey number* di mana kita mengetahui ruang lingkup nilai yang mendasarinya tetapi tidak tahu posisinya yang tepat di dalam ruang lingkup. Namun, kandidat dari nilai yang diketahui sebagian dapat dipilih dari himpunan angka yang terbatas atau serangkaian interval. Pada teori *grey set*, informasi yang

jas pada sistem disebut *white* sedangkan, informasi yang tidak tersedia pada sistem itu disebut hitam. Pada *grey number theory*, suatu nilai yang diketahui sebagian tidak akan mungkin berada pada himpunan lainnya. Adapun kelebihan dan kekurangan teori ini adalah sebagai berikut:

- 1) Kelebihan teori ini yaitu sangat mudah diterapkan karena memiliki himpunan yang pasti seperti teori *fuzzy*.
- 2) Kekurangan teori ini yaitu hanya andal digunakan untuk kasus-kasus yang mana informasi memiliki ketidakpastian rendah.

## **2.4 Multi Criteria Decision Making**

*Multi Criteria Decision Making* (MCDM) merupakan salah satu cabang pembuat keputusan yang sangat dikenal (Triantaphyllou, 2000). Metode ini secara luas digunakan oleh beberapa peneliti untuk melakukan perbaikan terhadap performansi metode FMEA yang mana dapat mengakomodasi kekurangan dalam menghitung *Risk Priority Number* (RPN) konvensional (Liu, et al, 2019). beberapa metode MCDM yang dapat digunakan untuk memperbaiki kekurangan FMEA tradisional adalah sebagai berikut:

### **2.4.1 Analytical Hierarchy Process (AHP)**

AHP merupakan salah satu metode yang populer digunakan oleh banyak pembuat keputusan untuk berbagai masalah salah satunya adalah dalam penentuan bobot elemen RPN. Metode ini memiliki kemampuan untuk mengukur konsistensi preferensi, dan mengelola pengambilan keputusan yang melibatkan penilaian subjektif (Zhu, et al., 2015).

#### **1. Kelebihan AHP**

Metode AHP memiliki beberapa kelebihan menurut Munthafa & Mubarak (2017) sebagai berikut:

- 1) Metode ini dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang memiliki struktur yang tidak beraturan bahkan tidak terstruktur.
- 2) Metode ini dapat digunakan pada elemen-elemen yang saling bebas tanpa ada hubungan linear.
- 3) Metode ini memberikan jaminan keputusan yang andal karena dilengkapi dengan pengujian konsistensi dari hasil penilaian ahli.



- 4) Metode ini tidak membutuhkan konsensus dari hasil penilaian beberapa ahli karena hasil penilaian akan diaggregasi menjadi satu penilaian.
- 5) Metode ini mudah dipahami oleh ahli dalam menilai dan mengukur suatu elemen.

## **2. Kekurangan AHP**

Disamping kelebihan yang dimiliki oleh metode AHP, menurut Munthafa & Mubarak (2017) metode ini juga memiliki beberapa kelemahan sebagai berikut:

- 1) Metode ini bergantung pada input utama yaitu persepsi ahli yang bersifat subjektif sehingga hasil akan bias jika hasil penilaian yang tidak tepat.
- 2) Metode ini merupakan metode dengan menggunakan pendekatan matematis tanpa ada pengujian secara statistik mengenai kebenaran model yang terbentuk.

### **2.4.2 Best Worst Method (BWM)**

*Best Worst Method* (BWM) ini dikembangkan oleh Rezaei (2015) sebagai salah satu metode MCDM yang dapat digunakan untuk menentukan bobot tiap elemen RPN yang dihasilkan dari perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Metode ini memiliki karakteristik tujuan yang sama dengan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) yang mana dapat menentukan bobot tingkat kepentingan serta konsistensi penilaian. Metode BWM memiliki beberapa keunggulan salah satunya adalah hanya menggunakan lebih sedikit pertanyaan dibanding AHP. BWM hanya membutuhkan  $2n-3$  perbandingan, sedangkan AHP memerlukan  $n(n-1)/2$  perbandingan. Walaupun demikian, tetap menghasilkan nilai bobot yang tidak signifikan berbeda.

#### **1. Kelebihan BWM**

Metode BWM memiliki kelebihan yaitu memiliki efisiensi waktu penerapan sehingga penentuan keputusan dapat dilakukan dengan cepat.

#### **2. Kekurangan BWM**

Disamping memiliki kelebihan, metode ini juga memiliki kekurangan sebagai berikut:

- 1) Metode ini membutuhkan kemampuan dalam membangun model optimasi.

- 2) Metode ini sulit dipahami karena penentuan bobot optimal menggunakan model optimasi.
- 3) Penerapan metode ini akan membutuhkan waktu yang lama apabila jumlah elemen RPN sangat banyak dan elemen RPN *the best* serta *the worst* yang dipilih berbeda-beda.

#### **2.4.3 *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* (TOPSIS)**

*Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution* (TOPSIS) pertama kali dikenalkan oleh Hwang and Yoon pada tahun 1981. Konsep utama metode ini adalah pemilihan alternatif terbaik berdasarkan pada jarak terdekat dengan solusi ideal positif (solusi optimal) dan terjauh dari solusi ideal negatif (Tzeng & Huang, 2011). TOPSIS digunakan beberapa peneliti dalam pengambilan keputusan karena konsepnya yang sederhana, mudah dimengerti, perhitungan yang efisien, dan memiliki kemampuan mengukur kinerja relatif dari keputusan alternatif (Łatuszyńska, 2014).

##### **1. Kelebihan TOPSIS**

Adapun kelebihan metode TOPSIS menurut Velasquez & Hester (2013) adalah sebagai berikut:

- 1) Metode ini merupakan metode dengan pendekatan matematis yang mudah dipahami karena memiliki perhitungan yang sederhana.
- 2) Langkah penentuan keputusan pada metode ini tetap sama meskipun jumlah alternatif atau jumlah elemen RPN meningkat.

##### **2. Kelemahan TOPSIS**

Disamping memiliki kelebihan, metode TOPSIS juga memiliki beberapa kelemahan meliputi:

- 1) Dalam menghitung *Euclidean Distance* tidak mempertimbangkan korelasi antar kriteria.
- 2) Sulit untuk menentukan bobot kepentingan dari kriteria, sehingga membutuhkan metode lain untuk penentuan bobot kriteria tersebut.
- 3) Belum adanya pengujian konsistensi mengenai hasil penilaian ahli.

#### 2.4.4 Grey Relation Analysis (GRA)

GRA pertama kali dikenalkan oleh Deng (1982) yang mengembangkan *grey theory* untuk mengatasi *uncertain information* dan *ambiguity* yang diperoleh dari informasi pembuat keputusan dengan mengkombinasi *space theory*, *system theory* dan *control theory*. *Grey theory* dapat dikolaborasi dengan FMEA dalam penentuan prioritas seperti yang dilakukan oleh Zhou & Thai (2016), Lo & Liou (2018).

##### 1. Kelebihan GRA

Metode GRA memiliki beberapa kelebihan yaitu dalam penentuan keputusan sangat efisien waktu karena penentuan solusi ideal hanya berdasarkan pada jarak terdekat terhadap solusi ideal positif atau negatif.

##### 2. Kekurangan GRA

Adapun kekurangan metode GRA yaitu tidak dapat menentukan urutan prioritas secara keseluruhan, karena terdapat beberapa alternatif yang menghasilkan nilai jarak mendekati solusi ideal positif atau negatif (Wang, et al, 2018)

#### 2.4.5 Data Envelopment Analysis (DEA)

DEA merupakan metode yang bertujuan untuk mengukur performansi dari *Decision Making Unit* (DMU). DEA memiliki 2 jenis yaitu *radial* dan *non radial*. Radial yaitu model CCR yang dikenalkan oleh Charnes (1978) dan model BCC yang dikembangkan oleh Banker, Charnes, & Cooper (1984). Sedangkan non radial model dikenal oleh Tone (2001) yaitu *Slack Based Measure* (SBM).

##### 1. Kelebihan DEA

Metode DEA memiliki beberapa kelebihan meliputi:

- 1) Metode ini dapat digunakan untuk penentuan prioritas berdasarkan nilai performansi RPN input terhadap RPN output.
- 2) Dapat digunakan untuk penentuan prioritas yang memiliki multi input dan multi *output*.
- 3) Dapat digunakan untuk menentukan prioritas yang mana input dan output yang berbeda satuan nilai.

## 2. Kekurangan DEA

Disamping kelebihan yang dimiliki oleh metode DEA, metode ini juga memiliki beberapa kekurangan meliputi:

- 1) Metode ini sulit dipahami karena penentuan bobot alternatif menggunakan model optimasi matematis.
- 2) Bobot input dan output yang bernilai terlalu banyak nol dapat menghasilkan nilai efisiensi tinggi yang tidak masuk akal untuk model *optimistic* dan efisiensi terlalu rendah untuk model *pesimistic* (Wang, et al. 2018)

### 2.4.6 *ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje* (VIKOR)

Metode ini dikembangkan untuk optimasi sistem multi kriteria yang kompleks. Metode ini berfokus pada penentuan prioritas dan pemilihan dari serangkaian alternatif berdasarkan kompromi antara alternatif terpilih dengan kriteria yang saling bertentangan. Metode ini memperkenalkan indeks peringkat multikriteria berdasarkan pada ukuran khusus (*closeness*) terhadap solusi ideal (Tzeng & Huang, 2011). Adapun metode ini sangat cocok digunakan pada situasi dimana pengambil keputusan tidak memiliki kemampuan untuk menentukan pilihan pada saat desain sebuah sistem (Sayadi, et al. 2009)

#### 1. Kelebihan VIKOR

Metode VIKOR memiliki kelebihan yaitu dapat menentukan pilihan atau prioritas yang mana tiap kriteria bersifat bertentangan dalam penentuan keputusan. Kriteria bertentangan yang dimaksud adalah terdapat kriteria yang menggunakan penilaian berbeda, sehingga keputusan dapat dapat berupa nilai tertinggi semakin baik atau nilai terendah semakin baik.

#### 2. Kekurangan VIKOR

Disamping itu, metode VIKOR juga memiliki kekurangan meliputi:

- 1) bobot kepentingan tiap kriteria hanya diberikan begitu saja secara subjektif pembuat keputusan.
- 2) Metode ini membutuhkan waktu yang lama dalam perhitungan sampai dengan menghasilkan nilai index (*closeness*).

## 2.5 Elemen RPN Penentuan Prioritas

Terdapat 3 elemen RPN dalam menentukan prioritas kegagalan yang digunakan oleh beberapa peneliti berdasarkan metode FMEA yaitu *severity*, *occurrence* dan *detection*. Tiap elemen RPN tersebut memiliki cara pengukuran yang berbeda-beda tergantung pada objek penelitian. Adapun secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2. 2 Elemen RPN penentuan prioritas risiko

Peneliti	(Ahsen, 2008)	(Rezaee et al., 2017)	(Wang, et al 2018)	(Ardeshir, Mohajeri, & Amiri, 2016)	(Lo & Liou, 2018)
RPN	<i>Internal failure cost</i> <i>External failure cost</i> <i>Cost of false inspection</i> <i>Occurrence</i> <i>Detection</i>	<i>Severity</i> <i>Cost of failure</i> <i>Occurrence</i> <i>Detection</i>	<i>Strength</i> <i>Stiffness</i> <i>Precision</i> <i>Stability</i> <i>Direct Loses</i> <i>Indirect loses</i> <i>Disassembly</i> <i>Difficulty</i> Biaya perbaikan Efek Manusia Efek Lingkungan <i>Occurrence</i> <i>Detection</i>	Efek Manusia Efek Waktu Efek Lingkungan Efek keuangan <i>Occurrence</i> <i>Detection</i>	<i>Severity</i> <i>Occurrence</i> <i>Detection</i> <i>Expected cost</i>

Adapun tiap-tiap RPN secara detil dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Internal failure cost* merupakan biaya yang muncul akibat kegagalan yang dideteksi oleh perusahaan secara langsung sebelum produk dikemas dan masih dapat dilakukan perbaikan. Adapun biaya yang dimaksud adalah biaya membuang sisa-sisa produk yang tidak digunakan, biaya untuk mengganti material, biaya untuk memperbaiki produk, biaya mengerjakan ulang produk, biaya pengemasan ulang produk (Ahsen, 2008).
2. *Eksternal failure cost* merupakan biaya yang muncul akibat kegagalan yang dideteksi oleh pihak eksternal perusahaan (konsumen) setelah produk diterima oleh konsumen. Biaya-biaya yang terkait antara lain yaitu biaya penggantian produk, biaya transportasi dari pabrik menuju tempat pengiriman, kehilangan keuntungan (Ahsen, 2008).
3. *Cost of false inspection* merupakan biaya yang muncul setelah produk dilakukan pengemasan dan dilakukan inspeksi (Ahsen, 2008).

4. *Occurrence* merupakan kemungkinan jumlah terjadinya kegagalan pada masa akan datang (Ahsen, 2008; Rezaee et al., 2017; Wang, et al, 2018; Ardeshir et al., 2016; Lo & Liou, 2018)
5. *Detection* merupakan kemungkinan kegagalan dapat dideteksi oleh sistem (Ahsen, 2008; Rezaee et al., 2017; Wang, et al 2018; Ardeshir et al., 2016; Lo & Liou, 2018)
6. *Cost of failure* merupakan biaya yang muncul akibat kegagalan yang menimbulkan kerugian bagi perusahaan seperti kehilangan pendapatan perusahaan. Biaya ini meliputi biaya *internal failure cost* dan *external failure cost* (Rezaee et al., 2017).
7. *Strength* merupakan aspek *severity* yang diukur berdasarkan efek risiko yang ditimbulkan menyebabkan kekuatan komponen atau sistem menurun (Wang, et al., 2018).
8. *Stiffness* merupakan aspek *severity* yang diukur berdasarkan efek risiko yang ditimbulkan menyebabkan kekakuan komponen atau sistem meningkat (Wang, et al., 2018).
9. *Precision* merupakan aspek *severity* yang diukur berdasarkan efek risiko yang ditimbulkan menyebabkan komponen atau sistem tidak presisi terhadap kondisi semula (Wang, et al., 2018).
10. *Stability* merupakan aspek *severity* yang diukur berdasarkan efek risiko yang ditimbulkan menyebabkan komponen atau sistem pada stabilitas kerja komponen atau sistem (Wang, et al., 2018).
11. *Direct Losses* merupakan aspek *severity* yang diukur berdasarkan efek risiko losses (kehilangan) secara langsung dari kegagalan yang terjadi seperti mesin tidak berfungsi maksimal sehingga menghasilkan produk cacat (Wang, et al., 2018).
12. *Indirect losses* merupakan aspek *severity* yang diukur berdasarkan efek risiko losses (kehilangan) secara tidak langsung dari kegagalan yang terjadi seperti mesin tidak berfungsi maksimal sehingga mengkonsumsi energi lebih banyak dibanding keadaan semula (Wang, et al., 2018).

13. *Disassembly difficulty* merupakan aspek *severity* yang diukur berdasarkan kesulitan sistem atau komponen dibongkar untuk diperbaiki (Wang, et al., 2018).
14. Biaya perbaikan merupakan biaya yang digunakan untuk perbaikan jika terjadi kegagalan sebuah komponen atau sistem bekerja sesuai fungsinya (Wang, et al., 2018).
15. Efek Manusia merupakan aspek *severity* yang diukur berdasarkan efek bahaya yang ditimbulkan bagi manusia (Wang, et al., 2018; Ardeshir et al., 2016).
16. Efek Lingkungan merupakan aspek *severity* yang diukur berdasarkan efek bahaya yang ditimbulkan bagi lingkungan kerja maupun lingkungan sekitar perusahaan (Ardeshir et al., 2016; Wang, et al., 2018) .
17. Efek Waktu merupakan aspek *severity* yang diukur berdasarkan efek risiko yang menyebabkan waktu penyelesaian target semakin lama (Ardeshir et al., 2016).
18. Efek keuangan merupakan aspek *severity* yang diukur berdasarkan efek kerugian yang ditimbulkan jika risiko terjadi (Ardeshir et al., 2016).
19. *Expected cost* merupakan biaya perbaikan yang diharapkan jika risiko kegagalan produk yang dihasilkan terjadi pada konsumen (Lo & Liou, 2018).

## **2.6 Gap Penelitian**

Beberapa penelitian telah melakukan pengembangan terhadap FMEA dengan berbagai metode dan sektor. Secara rinci dapat dilihat pada Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu dan Tabel 2.4 Posisi Penelitian terkait dengan penelitian saat ini yang akan dilakukan.

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Kritik
1	<i>A novel failure mode and effect analysis model for machine tool risk analysis (Lo &amp; Liou 2019)</i>	Studi ini mengusulkan model FMEA baru untuk MCDGM dengan Mengembangkan dan mengintegrasikan model <i>Rough Best Worse Method</i> dan <i>Rough TOPSIS</i> untuk menghasikan ranking yang ideal pada tingkat kegagalan. Selain itu menambahkan <i>expected cost</i> sebagai salah satu elemen RPN.	Beberapa keuntungan dari model yang diajukan yaitu <i>simple</i> dan efektif untuk menentukan bobot RPN dari berbagai ahli serta menambahkan <i>expected cost</i> sebagai salah satu elemen RPN. Selain itu dengan R-TOPSIS dapat mengidentifikasi tingkat risiko berdasarkan <i>Closeness Coefisient (CCh)</i> . Dan terakhir yaitu menghasilkan sebuah kerangka model penilaian baru yang dapat memmanagement risiko pada peralatan pemesinan produksi.	Model yang dikembangkan belum mempertimbangkan <i>uncertain information</i> apabila tiap responden memiliki tingkat kepentingan yang berbeda – beda.
2	<i>A novel multiple-criteria decision-making-based FMEA model for risk assessment (Lo &amp; Liou, 2018)</i>	Mengusulkan model baru yang menggunakan MCDM dalam kombinasi dengan <i>grey teory</i> untuk FMEA serta menambahkan <i>expected cost</i> sebagai salah satu elemen RPN.	Mengintegrasikan FMEA dengan MCDM merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan kekurangan teknik FMEA konvensional yaitu dapat meningkatkan <i>centain information</i> dengan menggunakan <i>grey teory</i> . Selain itu mempertimbangkan tingkat kepentingan tiap-tiap elemen RPN dalam perangkungan.	Aggregasi penilaian dari responden masih menggunakan <i>arithmetic average method</i> . Sedangkan jika responden memiliki pengetahuan yang sangat berbeda dan ditunjukan dengan hasil penilaian yang memiliki rentang yang besar, maka hasil penilaian akan bias, sehingga aggregasi dengan metode ini kurang tepat dilakukan.



3	<i>Identifying and managing failures in stone processing industry using cost-based FMEA (Rezaee et al., 2017)</i>	Mengintegrasikan FMEA dengan <i>Data Envelopment Analysis (DEA)</i> untuk menghasilkan prioritas risiko. Selain itu, penelitian ini <i>cost of failure</i> dipertimbangkan sebagai salah satu faktor dalam menentukan prioritas risiko.	Model yang di dikembangkan dapat memperbaiki kekurangan FMEA konvensional dengan mempertimbangkan <i>cost of failure</i> dalam memprioritaskan risiko.	Model ini masih memiliki kekurangan yaitu masih belum mempertimbangkan <i>uncertain information</i> dari ahli. Selain itu, tingkat kepentingan tiap-tiap elemen RPN tidak diperhitungkan dalam penentuan prioritas.
4	<i>Cost-oriented failure mode and effects analysis (Ahsen 2008)</i>	Memodifikasi FMEA sebagai alat untuk pengambilan keputusan dengan mengintegrasikan <i>quality cost perspective</i> untuk menetapkan sumber daya yang terbatas untuk tindakan pencegahan.	Model ini menghitung RPN berdasarkan 3 faktor biaya secara penuh yaitu <i>internal cost, external cost</i> dan <i>cost of false inspection</i> secara penuh. Dan dihitung berdasarkan model matematis yang dikembangkan. Kemudian membandingkannya dengan elemen FMEA konvensional. sehingga menyimpulkan bahwa jika dilihat dari sudut pandang ekonomi, FMEA konvensional mengarah kepada keputusan yang salah bagi pemasok. Sedangkan konsumen dan produsen menginginkan peningkatan pada potensi kegagalan yang parah. Namun menurut hasil penelitian ini, tingkat kegagalan yang parah belum	Model yang dikembangkan belum memperhatikan <i>uncertain information</i> dari ahli. Begitu pula hasil perhitungan tiap biaya yang masih memungkinkan adanya ketidakakuratan perhitungan.

			tentu menghasilkan biaya kegagalan yang mahal.	
5	<i>Failure mode and effects analysis by data envelopment analysis (Chin, et al.,2009)</i>	Mengusulkan sebuah FMEA yang menggunakan data <i>envelopment analysis</i> (DEA), untuk menentukan prioritas risiko mode kegagalan. Adapun penelitian ini mempertimbangkan fakta bahwa FMEA mungkin melibatkan informasi penilaian yang tidak lengkap dan tidak tepat, kami juga mengembangkan model DEA interval untuk FMEA.	Model ini mempertimbangkan bobot kepentingan, mempertimbangkan <i>imprecise information</i> . Selain itu model dapat digunakan dengan menambahkan faktor lainnya.	Model yang dikembangkan belum mempertimbangkan aspek biaya dalam menentukan prioritas. Adapun tingkat <i>severity</i> diukur berdasarkan efek performansi yang di timbulkan oleh risiko yang terjadi pada sistem.
6	<i>Generalized multi-attribute failure mode analysis (Chang, 2016)</i>	Mengkombinasi <i>Multi Attribute Failure Mode Analysis</i> (MAFMA) dan <i>2-tuple representation</i> .	integrasi ini memiliki 4 keunggulan: yaitu melakukan analisis dengan hierark, cukup mempertimbangkan bobot hubungan antara parameter evaluasi, mempertimbangkan informasi yang disediakan oleh para ahli secara memadai, mengurangi tingkat pengulangan prioritas.	Model yang dikembangkan belum mempertimbangkan aspek biaya dalam menentukan prioritas.
7	<i>Evaluation of safety risks in construction using Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis ( FFMEA ) (Ardeshir et al., 2016)</i>	Mengajukan model identifikasi dan evaluasi risiko yang terjadi pada proyek kontruksi menggunakan Fuzzy-FMEA	Dengan model yang dikembangkan dapat mengevaluasi risiko pada proyek. Penentuan prioritas risiko dilakukan dengan mengukur <i>severity</i> dengan 4 sub level. Penilain pada model ini telah mempertimbangkan tingkat kepentingan	Dalam menghitung RPN masih menggunkan perkalian elemen RPN. selain itu dalam menghitung <i>severity</i> masih belum memperhatikan <i>uncertain information</i> . selain itu, model ini hanya dapat digunakan untuk proyek kontruksi. Hal ini dikarenakan faktor

			tiap faktor, telah memperhatikan <i>uncertain information</i> .	atau elemen RPN yang digunakan belum tentu sesuai dengan objek penelitian lainnya.
8	<i>HSE risk prioritization using robust DEA - FMEA approach with undesirable outputs: A study of automotive parts industry in Iran (Youse, et al., 2018)</i>	Mengajukan model <i>robust FMEA-DEA</i> untuk menentukan prioritas <i>HSE risk</i> pada berbagai jenis industri.	Dengan model yang telah dikembangkan, telah mengakomodasi beberapa kekurangan FMEA konvensional seperti telah mempertimbangkan biaya dan durasi <i>treatment</i> sebagai salah satu faktor.	Model yang dikembangkan belum memperhatikan tingkat <i>uncertain information</i> oleh ahli pada faktor <i>severity, occurrence</i> dan <i>detection</i> .
9	<i>Failure mode and Effects analysis using Dempster-Shafer theory and TOPSIS method: Application to the gas insulated metal enclosed transmission line (GIL) (Wang, Gao, Wang, Chen, Gao, et al., 2018)</i>	Mengembangkan model FMEA untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi kegagalan.	Model yang dikembangkan mengukur <i>severity</i> dengan 11 sub level. Model juga telah mempertimbangkan tingkat kepentingan tiap RPN walau tidak menggunakan metode tertentu dalam penentuannya. Selain itu model ini sudah memperhatikan <i>uncertain information</i> dalam penilaian <i>responden</i> .	Model yang dikembangkan masih perlu metode lainnya untuk memperhitungkan tingkat kepentingan tiap elemen RPN. Selain itu, model ini hanya dapat digunakan pada objek tertentu dimana elemen RPN yang digunakan diperoleh dari karakteristik <i>failure</i> komponen tersebut.

Tabel 2. 4 Posisi Penelitian

No	Peneliti	Objek Penelitian	Skala penilaian	Metode	Faktor
1	Ahsen (2008)	Identifikasi potensi <i>failure</i> pada beberapa komponen yang di produksi oleh perusahaan <i>automotive</i>	-	Matematis	<i>Internal cost, external cost, cost of false inspection</i>
2	Chin, et al (2009)	Identifikasi <i>failure</i> pada komponen <i>fishing vessel</i>	<i>Grey Number</i>	DEA	<i>Severity, Occurance, Detection.</i>
3	Chang (2016)	Identifikasi <i>failure</i> pada komponen TFT-LCD monitor	<i>2-tuple linguistic</i>	AHP	<i>Severity, Occurance, Detection, Expected Cost</i>
4	Rezaee, et al (2017)	Identifikasi <i>failure</i> pada <i>stone processing industry</i>	<i>Likert</i>	DEA	<i>Severity, Occurance, Detection, Cost of Failure</i>
5	Ardeshir et al., (2016)	Penilaian risiko pada proyek kontruksi	<i>Fuzzy</i>	AHP-DEA	<i>Severity, Occurence, Detection dan Severity dibagi menjadi 4 sub level</i>
6	Youse, et al (2018)	Penilaian risiko <i>failure</i> pada <i>automotive parts industry</i>	<i>Likert</i>	DEA	<i>Severity, Occurance, Detection, Treatment Cost, Treatment Duration</i>
7	Lo and Liou (2018)	Penilaian risiko kegagalan pada produk <i>Smartphone manufacturing</i>	<i>Grey Number</i>	BWM, GRA	<i>Severity, Occurance, Detection, Expected Cost</i>
8	Lo and Liou (2019)	Penilaian risiko kegagalan pada mesin <i>CNC rotary</i>	<i>Rough set</i>	BWM, TOPSIS	<i>Severity, Occurance, Detection, Expected Cost</i>
9	Wang et al., (2018)	Penilaian risiko <i>failure</i> pada <i>transmission system</i> dari sebuah <i>vertical machining center</i>	<i>Rough set</i>	HoR based VIKOR	<i>Severity, Occurence, Detection, dan Severity dibagi menjadi 11 sub level.</i>
10	Penelitian ini	Penilaian Gangguan pada proses produksi	<i>Rough set</i>	AHP, TOPSIS	<i>Severity, Occurrence dan Detection</i>

Pada Tabel 2.4. menunjukan beberapa penelitian yang telah melakukan pengembangan mengenai model FMEA, Namun model yang dikembangkan masih perlu mempertimbangkan bobot tingkat kepentingan tiap elemen RPN agar penentuan prioritas sesuai dengan tujuan yang diharapkan oleh pembuat keputusan. Selanjutnya dalam penentuan prioritas menggunakan FMEA juga perlu mempertimbangkan tingkat *uncertain information* dari pendapat pembuat keputusan. *Uncertain information* muncul akibat kurangnya pemahaman pembuat keputusan mengenai jenis *failure mode* yang dinilai, sehingga nilai yang diberikan oleh pembuat keputusan akan berbeda-beda. Semakin jauh perbedaan nilai yang diberikan oleh tiap pembuat keputusan, maka tingkat ketidakpastian informasi semakin tinggi. Hasil agregasi penilaian menggunakan *arithmetic average method* mungkin belum dapat merepresentasikan nilai *failure mode* sesungguhnya. Oleh karena itu, perlu adanya teori yang dapat mengakomodasi tingkat *uncertain information* agar hasil penentuan prioritas menjadi lebih baik.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

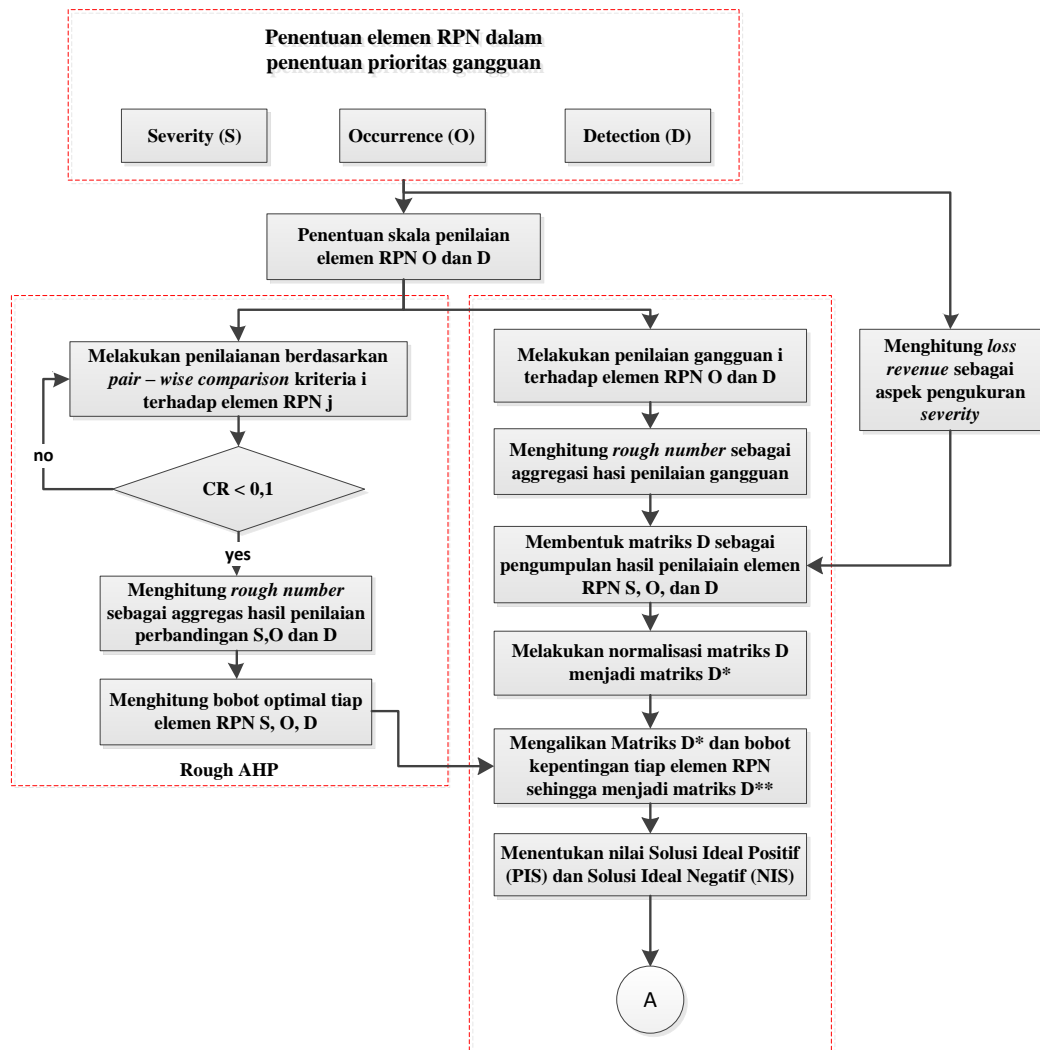
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

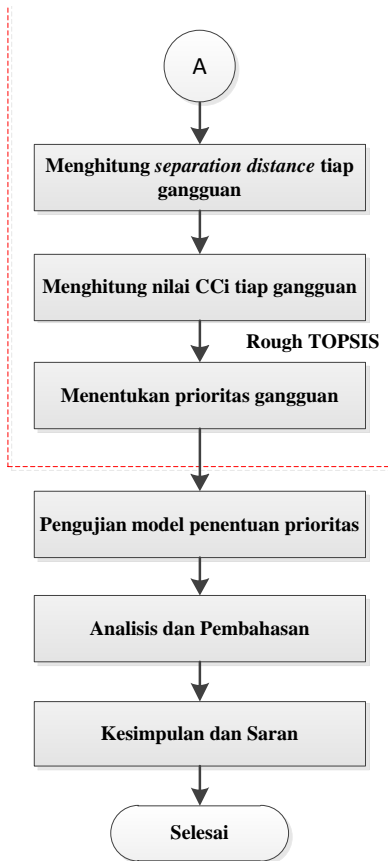
Pada bab ini akan menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan selama penelitian dengan tujuan sebagai acuan pelaksanaan penelitian, sehingga dapat berjalan secara sistematis.

#### 3.1 Flowchart Penelitian

Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 yang dimulai dengan kajian literatur dan kajian lapangan dan diakhiri dengan penarikan kesimpulan terhadap hasil penelitian.



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian (lanjutan)

### 3.2 Penjelasan Flowchart

#### 1. Penentuan elemen RPN untuk penentuan prioritas

Dalam penentuan prioritas gangguan, terdapat 3 RPN yang dipertimbangkan yaitu *severity*, *occurrence* dan *detection*. adapun penjelasan lebih lanjut sebagai berikut:

##### 1) *Severity* (S)

*Severity* merupakan salah satu elemn RPN yang dipertimbangkan dalam penentuan prioritas gangguan dan menunjukkan tingkat keparahan dari dampak yang ditimbulkan oleh gangguan. Menurut Ahsen (2008), tingkat *severity* dapat diukur dari aspek biaya yaitu *loss revenue*. Dengan demikian tingkat *severity* tiap gangguan pada penelitian ini akan diukur berdasarkan nilai *loss revenue* yang ditimbulkan oleh gangguan. Nilai *loss revenue* dari gangguan, tidak disadari secara pasti oleh perusahaan, dengan demikian agar hasil penilaian lebih baik maka dilakukan



perhitungan nilai *loss revenue* secara objektif. Menurut Paul, et al (2015) pendapatan perusahaan dapat dihitung dengan mengalikan harga jual produk dan jumlah permintaan.

$$Revenue = S_x \times D \quad (3.1)$$

Jika perusahaan memproduksi produk sebanyak permintaan yang ada, maka jumlah kuantitas produksi yang dihasilkan akan sama dengan jumlah permintaan. Maka persamaan menjadi sebagai berikut:

$$Revenue = S_x \times Q \quad (3.2)$$

Adapun kuantitas produksi Q dipengaruhi oleh rata-rata produksi dan lama waktu produksi dilakukan Grover (2015):

$$P_y \times Tp = Q \quad (3.3)$$

Namun jika terdapat gangguan selama waktu Td maka persamaan menjadi:

$$P_y \times (Tp - Td) = Q' \quad (3.4)$$

Apabila persamaan 3.3 dan 3.4 diintegrasikan maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$Revenue = S_x \times P_y \times Tp \quad (3.5)$$

Apabila terdapat gangguan dalam proses produksi, maka jumlah *revenue* akan menurun seiring dengan adanya penurunan jumlah produksi. adapun menurunnya jumlah *revenue* disebut sebagai *loss revenue* yang dapat dihasilkan dengan mengintegrasikan persamaan 3.4 dan 3.5 sebagai berikut:

$$L = S_x \times (Q - Q') \quad (3.6)$$

$$L = S_x \times P_y \times Td \quad (3.7)$$

Dimana :

$S_x$  = Harga jual produk jenis X (X = 1,2..m)

$P_y$  = Rata-Rata produksi (unit/jam)

$Q'$  = Jumlah produksi per jam setelah ada gangguan

$Q$  = Jumlah produksi per jam sebelum ada gangguan

$Tp$  = Lama waktu produksi

$Td$  = lama waktu terjadinya gangguan

2) *Occurrence (O)*

*Occurrence* merupakan elemen RPN yang diukur berdasarkan tingkat probabilitas kejadian dimasa akan datang. Elemen RPN ini juga dianggap penting bagi perusahaan untuk dipertimbangkan karena semakin sering suatu gangguan terjadi tentu akan menghambat kinerja perusahaan. Oleh karena tingkat *occurrence* pada masa akan datang bersifat tidak pasti maka pengukuran tingkat *occurrence* dilakukan berdasarkan skala evaluasi berikut:

Tabel 3. 1 Skala evaluasi *occurrence*

Nilai	Kategori	Dekripsi probabilitas kejadian
10	<i>Failure Almost Inevitable (FI)</i>	Lebih dari 1 kali dari total 2 kejadian
9	<i>Very High (VH)</i>	1 kali dari total 3 kejadian
8	<i>Repeated Failure (RF)</i>	1 kali dari total 8 kejadian
7	<i>High (H)</i>	1 kali dari total 20 kejadian
6	<i>Moderately High (MH)</i>	1 kali dari total 80 kejadian
5	<i>Moderate (M)</i>	1 kali dari total 400 kejadian
4	<i>Relatively Low (RL)</i>	1 kali dari total 2000 kejadian
3	<i>Low (L)</i>	1 kali dari total 15000 kejadian
2	<i>Remote (R)</i>	1 kali dari total 150000 kejadian
1	<i>Nearly Impossible (NI)</i>	1 kali dari total 1500000 kejadian

Sumber : Lo & Liou (2018)

3) *Detection (D)*

*Detection* merupakan RPN yang diukur berdasarkan tingkat kemampuan suatu gangguan dideteksi oleh sistem. *Detection* merupakan salah satu RPN yang dipilih dengan alasan bahwa gangguan yang sangat sulit dideteksi atau muncul secara tiba-tiba dikhawatirkan dapat mengganggu kinerja sistem produksi secara keseluruhan bahkan dapat menimbulkan kerugian yang lebih besar. Oleh karena tingkat *detection* gangguan bersifat tidak pasti maka pengukuran *detection* dilakukan menggunakan skala penilaian berikut:

Tabel 3. 2 Skala penilaian *detection*

Nilai	Kategori	Dekripsi kemampuan dapat dideteksi
10	<i>Absolute Uncertainty (AU)</i>	Potensi gangguan tidak dapat dideteksi
9	<i>Very Remote (VR)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi sangat kecil
8	<i>Remote (R)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi kecil
7	<i>Very Low (VL)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi sangat rendah
6	<i>Low (L)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi rendah
5	<i>Moderately (M)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi sedang
4	<i>Moderately High (MH)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi sedang tinggi
3	<i>High (H)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi tinggi
2	<i>Very High (VH)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi sangat tinggi
1	<i>Almost Certain (AC)</i>	Potensi terjadinya gangguan secara pasti dapat dideteksi

Sumber: Lo & Liou (2018)

## 2. Melakukan penentuan bobot tiap elemen RPN menggunakan *Rough AHP*

Salah satu tujuan dalam penelitian ini adalah menambahkan bobot tingkat kepentingan tiap elemen RPN dalam penentuan prioritas gangguan. Agar menghilangkan tingkat subjektivitas dalam penentuan bobot tingkat kepentingan tiap elemen RPN maka diperlukan adanya sebuah metode untuk menghasilkan nilai bobot tersebut. Dua alternatif kemungkinan metode yang dapat digunakan yaitu BWM dan AHP. Apabila tiap responden memiliki pendapat berbeda mengenai elemen RPN yang penting untuk dipertimbangkan, maka metode AHP cocok digunakan dalam penentuan bobot tiap elemen RPN. Selain itu, walaupun tingkat kepentingan tiap responden berbeda-beda namun dalam penentuan bobot tiap elemen RPN tetap dapat mempertimbangkan *uncertain information*. Model *Rough AHP*

yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model yang diajukan oleh Zhu et al., (2015). Adapun tahapan metode ini adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan penilaian perbandingan tiap RPN i terhadap elemen RPN j. Pada tahapan ini satu atau beberapa pembuat keputusan melakukan penentuan nilai tingkat kepentingan tiap elemen RPN i terhadap RPN j secara berpasangan. Penilaian dilakukan oleh k responden berdasarkan skala penilaian yang telah ditentukan. adapun skala penilaian dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3. 3 Skala penilaian perbandingan elemen RPN

Scale	Linguistic	Penjelasan
1	<i>Equal</i>	RPN i sama pentingnya dengan RPN j
3	<i>Moderate</i>	RPN i sedang pentingnya daripada RPN j
5	<i>Important</i>	RPN i penting dibanding RPN j
7	<i>Very Important</i>	RPN i lebih penting daripada RPN j
9	<i>Extreamly Important</i>	RPN i jauh lebih penting daripada RPN j
2,4,6,8	<i>Value between scale</i>	Apabila terdapat keraguan antar 2 skala

adapun hasil tiap penilaian ditunjukkan kedalam matriks B berikut:

$$B^k = \begin{bmatrix} 1 & B_{12}^k & \dots & B_{1m}^k \\ B_{21}^k & 1 & \dots & B_{2m}^k \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ B_{n1}^k & B_{n2}^k & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3. 8)$$

Dimana  $B_{ij}^k$  menunjukan nilai perbandingan elemen RPN i terhadap elemen RPN j oleh responden k.

- 2) Menghitung nilai *Consistency Ratio* (CR)

Untuk menghitung nilai CR, perlu menentukan nilai maksimum *eigenvalue* ( $\lambda_{max}^k$ ) dari hasil penilaian setiap responden. Kemudian menghitung nilai *Concistency Index* (CI) dengan persamaan berikut:

$$CI = (\lambda_{max}^k - a)/(a - 1) \quad (3. 9)$$

Dimana a merupakan jumlah RPN yang dinilai oleh responden. Setelah nilai CI dihasilkan, nilai CR dapat dihasilkan berdasarkan menghitung rasio nilai CI dengan nilai *Random Concistency Index* (RI)

$$CR = CI/RI \quad (3. 10)$$

Adapun nilai RI dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 4 *Random concistency index* (RI)

a	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,52	0,89	1.11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

3) Menentukan matriks *rough number* awal

Penentuan nilai *rough number* ini bertujuan untuk mengagregasi hasil penilaian beberapa responden. cara penentuan *rough number* menggunakan persamaan persamaan 3.31 – 3.34. apabila terdapat lebih dari 1 *rough number*  $[\underline{C}_{ij}^e, \bar{C}_{ij}^e]$

$$\underline{C}_{ij} = \frac{\underline{C}_{ij}^1 + \underline{C}_{ij}^2 + \dots + \underline{C}_{ij}^s}{s} \quad (3.11)$$

$$\bar{C}_{ij} = \frac{\bar{C}_{ij}^1 + \bar{C}_{ij}^2 + \dots + \bar{C}_{ij}^T}{T} \quad (3.12)$$

Adapun hasil perhitungan kemudian dibentuk menjadi matriks berikut C berikut:

$$C = \begin{bmatrix} [1,1] & \tilde{C}_{12} & \dots & \tilde{C}_{1n} \\ \tilde{C}_{21} & [1,1] & \dots & \tilde{C}_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ \tilde{C}_{m1} & \tilde{C}_{m1} & \dots & [1,1] \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

$\tilde{C}_{ij}$  merupakan nilai *rough number* hasil perbandingan RPN i terhadap RPN j untuk seluruh *responden*. Adapun nilai *rough number*  $\tilde{C}_{ij}$  terdiri dari nilai batas bawah  $\underline{C}_{ij}$  dan nilai batas atas  $\bar{C}_{ij}$ .

4) Menentukan bobot optimal kepentingan tiap RPN

Adapun dalam menentukan bobot optimal dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\tilde{W}_j = \left[ \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m \underline{C}_{ij}}, \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m \bar{C}_{ij}} \right] \quad (3.14)$$

selanjutnya bobot optimal dilakukan normalisasi agar menghasilkan nilai 0-1 menggunakan persamaan berikut:

$$\tilde{W}_j = \tilde{W}_j / \max \bar{C}_{ij} \quad (3.15)$$

### 3. Penentuan prioritas menggunakan metode *Rough TOPSIS*

Salah satu tujuan penelitian ini adalah mempertimbangkan *uncertain information* dalam penentuan prioritas gangguan. *Uncertain information* dipertimbangkan dengan cara anggegasi penilaian menggunakan *rough set*.

Adapun hasil agregasi berupa nilai batas bawah dan batas atas himpunan *rough number* untuk mewakili hasil penilaian gangguan oleh responden. Dengan demikian akan sulit untuk menentukan nilai RPN tiap gangguan. Oleh karena itu, penelitian ini memilih metode TOPSIS sebagai metode penentuan prioritas gangguan karena dalam penentuan berdasarkan jarak terhadap solusi ideal negatif dan positif, sehingga dapat menentukan prioritas dari data interval. Selain itu, penggunaan TOPSIS sebagai metode penentuan prioritas juga dikarenakan metode ini sederhana dan mudah diterapkan dalam penentuan prioritas. Adapun model *Rough TOPSIS* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian Lo & Liou (2019). Adapun tahapan metode ini adalah sebagai berikut:

1) Menentukan matriks awal

Matriks awal berisi hasil penilaian k responden untuk setiap *failure mode* i terhadap elemen RPN j. Penilaian didasarkan pada skala evaluasi yang digunakan dalam penelitian. Adapun matriks awal direpresentasikan sebagai matriks Y sebagai berikut:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{111}, Y_{112}, \dots, Y_{11t} & Y_{121}, Y_{122}, \dots, Y_{12t} & \dots & Y_{1m1}, Y_{1m2}, \dots, Y_{1mt} \\ Y_{211}, Y_{212}, \dots, Y_{21t} & Y_{221}, Y_{222}, \dots, Y_{22t} & \dots & Y_{2m1}, Y_{2m2}, \dots, Y_{2mt} \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ Y_{n11}, Y_{n12}, \dots, Y_{n1t} & Y_{n1t}, Y_{n22}, \dots, Y_{n2t} & \dots & Y_{nm1}, Y_{nm2}, \dots, Y_{nmt} \end{bmatrix} \quad (3.16)$$

Dimana :

$Y_{ijk}$  = hasil penilaian *failure mode* i terhadap elemen RPN j oleh responden k,  $i = 1, 2, \dots, n$  ;  $j = 1, 2, \dots, m$  ;  $k = 1, 2, \dots, t$ .

2) Menentukan matriks *rough number* awal (D)

Tahap ini yaitu melakukan agregasi hasil penilaian beberapa responden dengan menggunakan metode *rough set* yaitu menggunakan persamaan 3.31 – 3.34. Apabila terdapat lebih dari 1 *rough number*  $[G_{ij}^e, \bar{G}_{ij}^e]$  maka dapat diagregasi menggunakan persamaan yang diajukan oleh Zhu, et al (2015) sebagai berikut:

$$\underline{G}_{ij} = \frac{G_{ij}^1 + G_{ij}^2 + \dots + G_{ij}^s}{s} \quad (3.17)$$

$$\bar{G}_{ij} = \frac{\bar{G}_{ij}^1 + \bar{G}_{ij}^2 + \dots + \bar{G}_{ij}^T}{T} \quad (3.18)$$

Hasil perhitungan nilai *rough number* kemudian di masukan kedalam matriks D berikut:

$$D = \begin{bmatrix} \tilde{G}_{11} & \tilde{G}_{12} & \dots & \tilde{G}_{1n} \\ \tilde{G}_{21} & \tilde{G}_{22} & \dots & \tilde{G}_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ \tilde{G}_{m1} & \tilde{G}_{m1} & \dots & \tilde{G}_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.19)$$

Dimana :

$\tilde{G}_{ij}$  = nilai *rough number* yang dihasilkan dari metode *rough set* dan terdiri dari nilai batas bawah ( $\underline{G}_{ij}$ ) serta nilai batas bawah ( $\overline{G}_{ij}$ ).

3) Membangun matriks normalisasi (D\*)

Matriks ini berisi normalisasi matrik D agar menghasilkan nilai 0-1. Normalisasi ini dilakukan agar seluruh hasil penilaian menghasilkan skala yang sama dengan bobot kepentingan tiap elemen RPN, sehingga memiliki skala sebanding jika dilakukan pengalihan dengan Matriks D\*. Adapun normalisasi dengan nilai minimum dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

$$\tilde{G}_{ij}^* = \left[ \frac{\underline{G}_{ij}}{G_j^{\max}}, \frac{\overline{G}_{ij}}{G_j^{\max}} \right], \text{ dimana } G_j^{\max} = \max_{1 \leq i \leq m} \{\overline{G}_{ij}\} \quad (3.20)$$

Maka diperoleh data yang dapat ditunjukkan berdasarkan matriks D\* berikut:

$$D^* = \begin{bmatrix} \tilde{G}_{11}^* & \tilde{G}_{12}^* & \dots & \tilde{G}_{1n}^* \\ \tilde{G}_{21}^* & \tilde{G}_{22}^* & \dots & \tilde{G}_{2n}^* \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ \tilde{G}_{m1}^* & \tilde{G}_{m2}^* & \dots & \tilde{G}_{mn}^* \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

Dimana :

$\tilde{G}_{ij}^*$  = merupakan nilai *preference failure mode i* pada *RPN j* yang dinormalisasi dan terdiri dari nilai batas atas ( $\overline{G}_{ij}^*$ ) dan batas bawah  $\underline{G}_{ij}^*$ .

$G_j^{\max}$  = Merupakan nilai preferensi maksimum dari nilai preferensi batas atas RPN *j*.

4) Menghitung matriks yang berisi perkalian bobot elemen RPN terhadap data normalisasi (D\*\*)

Pada tahap ini bobot kepentingan tiap elemen RPN diterapkan dengan mengalikan bobot tingkat kepentingan tiap elemen RPN ( $\tilde{w}_j$ ) dan nilai pada matriks  $D^*$  ( $\tilde{G}_{ij}^*$ ). Persamaan dapat ditunjukkan sebagai berikut :

$$\tilde{V}_{ij} = [(\tilde{G}_{ij}^*) \times (\tilde{w}_j)] \quad (3.22)$$

$\tilde{V}_{ij}$  meliputi nilai batas atas ( $\bar{V}_{ij}$ ) dan batas bawah ( $\underline{V}_{ij}$ ) yang diperoleh dari persamaan berikut:

$$\tilde{V}_{ij} = \left[ \begin{array}{l} [\min(\underline{G}_{ij} \times \underline{w}_j), (\underline{G}_{ij} \times \bar{w}_j), (\bar{G}_{ij} \times \bar{w}_j), (\bar{G}_{ij} \times \underline{w}_j)] \\ [\max(\underline{G}_{ij} \times \underline{w}_j), (\underline{G}_{ij} \times \bar{w}_j), (\bar{G}_{ij} \times \bar{w}_j), (\bar{G}_{ij} \times \underline{w}_j)] \end{array} \right] \quad (3.23)$$

Sehingga diperoleh matrik normalisasi  $D^{**}$  sebagai berikut:

$$D^* = \begin{bmatrix} \tilde{V}_{11} & \tilde{V}_{12} & \dots & \tilde{V}_{1n} \\ \tilde{V}_{21} & \tilde{V}_{22} & \dots & \tilde{V}_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ \tilde{V}_{m1} & \tilde{V}_{m2} & \dots & \tilde{V}_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.24)$$

Dimana:

$\tilde{V}_{ij}$  = nilai preferensi *failure mode*  $i$  pada RPN  $j$  dari hasil kali matriks  $D^*$  terhadap bobot RPN ( $\tilde{w}_j$ ).

$\tilde{w}_j$  = bobot kriteria  $j$ .

##### 5) Menentukan nilai PIS dan NIS

Tahapan selanjutnya adalah menentukan PIS dan NIS. PIS adalah nilai solusi ideal positif, sedangkan NIS adalah nilai solusi ideal negatif. Solusi ideal positif yang dimaksudkan adalah nilai maksimum dari batas atas RPN  $j$  sedangkan solusi ideal negatif merupakan nilai minimum batas bawah dari tiap RPN. dengan demikian menentukan PIS dan NIS dapat ditunjukkan menjadi persamaan berikut:

$$PIS = (r_1^*, r_2^*, \dots, r_m^*); \text{dimana } r_j^* = \max_i \{\bar{V}_{ij}\} \quad (3.25)$$

$$NIS = (r_1^-, r_2^-, \dots, r_m^-); \text{dimana } r_j^- = \min_i \{\underline{V}_{ij}\} \quad (3.26)$$

Dimana:

$\bar{V}_{ij}$  = batas atas *failure mode*  $i$  pada RPN  $j$  pada matriks  $D^{**}$

$\underline{V}_{ij}$  = batas bawah *failure mode*  $i$  pada RPN  $j$  pada matriks  $D^{**}$



- 6) Menghitung *separation distance* antara *failure mode* terhadap PIS dan NIS

Tahapan selanjutnya yaitu menentukan jarak *failure mode* i terhadap PIS dan NIS tiap RPN yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam menghitung jarak ini didasarkan pada persamaan berikut:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^m \sqrt{\left(\frac{(r_j^* - v_{ij})^2 + (r_j^* - v_{ij})^2}{2}\right)} \quad (3.27)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^m \sqrt{\left(\frac{(v_{ij} - r_j^-)^2 + (v_{ij} - r_j^-)^2}{2}\right)} \quad (3.28)$$

- 7) Menghitung *closeness coefficient*

Tahapan selanjutnya adalah menghitung nilai *closeness coefficient* (CCi) yang merupakan nilai indeks sebagai acuan dalam penentuan prioritas *failure mode*. Adapun dalam menghitung CCi menggunakan persamaan berikut:

$$CC_i = w^+ (d_i^- / \sum_{i=1}^n d_i^-) - w^- (d_i^* / \sum_{i=1}^n d_i^*) \quad (3.29)$$

Dimana :

$w^+$  = bobot yang diberikan untuk solusi ideal positif

$w^-$  = bobot yang diberikan untuk solusi ideal negatif

#### 4. Menghitung nilai *rough number*

Dalam proses pengambilan keputusan dari beberapa responden, diperlukan metode yang efektif untuk dalam mengintegrasikan hasil penilaian beberapa responden. Sebagian besar penelitian menggunakan nilai rata-rata sebagai data untuk mengintegrasikan hasil penilaian beberapa responden. Namun, nilai rata-rata dikhawatirkan belum merepresentasikan nilai sebenarnya untuk sebuah gangguan. Hal ini dikarenakan hasil penilaian responden memiliki rentang nilai yang jauh berbeda yang mana disebabkan oleh sebuah gangguan memiliki ketidakpastian nilai yang tinggi dan tiap responden memiliki keyakinan berbeda mengenai penilaian yang diberikan pada sebuah gangguan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan *rough number* untuk

merepresentasikan perkiraan nilai atas dan bawah hasil penilaian dari beberapa responden. Tahapan penentuan nilai *rough number* menurut Lo & Liou (2019) yaitu sebagai berikut:

- 1) Menentukan *lower* dan *upper approximations* dari *rough number*

Nilai *lower* dan *upper approximations* dari *rough number* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\underline{apr}(e_v) = \cup \{Y \in U/R(Y) \leq e_v\} \quad (3.30)$$

$$\overline{apr}(e_v) = \cup \{Y \in U/R(Y) \geq e_v\} \quad (3.31)$$

Dimana :

$\underline{apr}(e_v)$  = Nilai approximation batas bawah kelas  $v$

$\overline{apr}(e_v)$  = Nilai approximation batas atas kelas  $v$

$U$  = *universal set* yang berisi semua objek,

$R$  = merepresentasikan seperangkat  $t$  kelas  $(e_1, e_2, \dots, e_t)$  yang meliputi semua objek  $U$ , sehingga  $R = e_1, e_2, \dots, e_t$ .

$Y$  = merupakan objek *arbitrary* dari  $U$  yang mana  $\forall Y \in U, e_v \in R$  dan  $1 \leq r \leq t$ .

- 2) Menentukan *lower* dan *upper limit* dari *rough number*

*Lower* dan *upper limit* dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\underline{lim}(e_v) = \frac{\sum_{i=1}^{N_L} a_t}{N_L} \quad (3.32)$$

$$\overline{lim}(e_v) = \frac{\sum_{i=1}^{N_U} b_t}{N_U} \quad (3.33)$$

dimana :

$\underline{lim}(e_v)$  = Nilai limit batas bawah kelas  $v$

$\overline{lim}(e_v)$  = nilai limit batas atas kelas  $v$

$a_t$  = menunjukkan elemen *lower approximations* dari masing-masing  $e_v$ .

$b_t$  = menunjukkan elemen *upper approximations* dari masing-masing  $e_v$ .

$N_L$  = menunjukkan total jumlah objek yang terlibat dalam *lower approximations* dari masing-masing  $e_v$ .

$N_U$  = menunjukkan total jumlah objek yang terlibat dalam *upper approximations* dari masing-masing  $e_v$ .

3) Menentukan *interval value* dari *rough number*

Adapun *Rough number* (RN) direpresentasikan menjadi  $[e_v, \bar{e}_v]$  atau sama dengan

**5. Pengujian model penentuan prioritas**

Dari hasil pengembangan mode FMEA kemudian dilakukan studi kasus yang sebagai ilustrasi penggunaan hasil pengembangan model yang telah dilakukan. Studi kasus dilakukan pada sebuah perusahaan yang memproduksi sarung tangan rajut. Perusahaan ini merupakan perusahaan subkontrak, sehingga terdapat target produksi yang harus dipenuhi. Perusahaan ini melakukan produksi selama 24 jam. Dengan demikian, apabila gangguan terjadi, maka akan menurunkan jumlah produksi yang dihasilkan.

**6. Analisis dan pembahasan**

Analisis dan pembahasan dilakukan untuk mempelajari lebih lanjut mengenai hasil yang diperoleh dari model yang telah dikembangkan sebelumnya. analisis ini selanjutnya dihubungkan menggunakan teori yang telah ada. Adapun analisis dilakukan dengan melakukan perbandingan hasil penentuan prioritas dari model modifikasi FMEA terhadap penentuan prioritas berdasarkan FMEA tradisional, dan penentuan prioritas tanpa mempertimbangkan bobot elemen RPN. Selain itu, melakukan analisis dengan menghilangkan salah satu kriteria pertimbangan dalam penentuan prioritas.

**7. Kesimpulan dan Saran**

Tahapan terakhir yaitu penarikan kesimpulan berdasarkan analisis dan pembahasan yang dikaitkan dengan tujuan penelitian. Selain itu, pengajuan saran berkaitan dengan kekurangan penelitian ini untuk penelitian selanjutnya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB IV

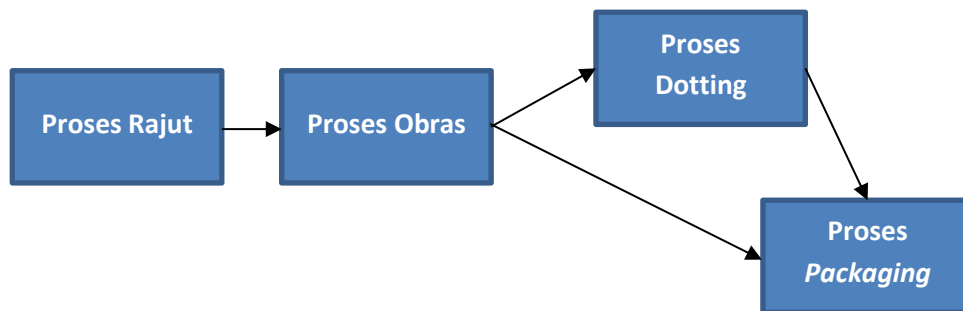
### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini terdiri memuat hasil pengumpulan data meliputi deskripsi perusahaan, identifikasi jenis gangguan dan hasil penilaian gangguan. Selain itu memuat tentang pengolahan data meliputi perhitungan *rough number*, perhitungan bobot kepentingan tiap elemen RPN, perhitungan matriks D, D\*, dan D\*\*, serta penentuan prioritas gangguan.

#### 4.1 Pengumpulan Data

##### 4.1.1 Deskripsi perusahaan

Perusahaan yang dijadikan sebagai tempat studi kasus yaitu perusahaan manufaktur yang memproduksi sarung tangan rajut. Beberapa jenis sarung tangan yang diproduksi oleh perusahaan PT.XX berdasarkan jenis benang sebagai bahan material, namun secara umum terdapat 2 jenis sarung tangan yang diproduksi oleh perusahaan yaitu sarung tangan rajut biasa dan sarung tangan rajut *dotting*. Dalam memproduksi 2 jenis sarung tangann ini memiliki 4 tahapan yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 1Tahapan Produksi Sarung Tangan (Sumber: Olah data perusahaan)

Bahan baku utama dalam proses produksi sarung tangan adalah benang yang selanjutnya diolah menjadi sarung tangan rajut melalui 4 tahapan proses sebagai berikut:

1. Proses rajut adalah proses mengolah benang menjadi sarung tangan polos dengan proses rajut. Proses rajut dilakukan oleh mesin yang disebut mesin *knitting* (rajut) . perusahaan memiliki mesin rajut sebanyak 308 unit yang mana tiap mesin rajut dapat menghasilkan sarung tangan sebanyak 3 unit/menit.

Mesin rajut ini beroperasi secara otomatis dengan sumber energi yang dipasok dari perusahaan listrik negara (PLN). perusahaan beroperasi selama 24 jam dengan 3 shift kerja. setiap 77 unit mesin rajut diawasi oleh 4 operator yang bertugas untuk mengambil hasil rajutan dan melakukan perawatan terhadap mesin rajut.

2. Proses obras adalah proses untuk menambah jahitan yang dapat menutup ujung benang pada pergelangan sarung tangan. Proses obras menggunakan mesin obras yang dioperasikan secara manual oleh operator obras, sehingga setiap mesin memiliki satu orang operator. Satu orang operator dapat mengobras 1 buah sarung tangan selama 10 detik.
3. Proses *dotting* adalah proses penambahan titik pada telapak sarung tangan polos sehingga menjadi sarung tangan anti *slip*. Proses *dotting* membutuhkan 2 orang operator untuk menyusun sarung tangan pada mesin doting. Proses *doting* ini membutuhkan waktu  $\pm 2$  menit untuk men-*dotting* sarung tangan sebanyak 20 buah.
4. Proses *packaging* adalah proses pengemasan sarung tangan yang dilakukan dengan penyusunan sarung tangan pada mesin pengepakan. Mesin pengepakan dapat mengemas 24 sarung tangan atau 12 pasang sarung tangan selama  $\pm 5$  menit.

Adapun secara rinci jumlah dan rata-rata output yang dapat dihasilkan oleh tiap mesin dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 1 Data Mesin

No	Jenis Mesin	Jumlah	Rata-rata output
1	Mesin Rajut	308	0,33 unit/menit per mesin
2	Mesin Obras	20	6 unit/menit per mesin
3	Mesin dotting	3	10 unit/menit per mesin
4	Mesin Pengepakan	9	4,8 unit/menit per mesin

#### 4.1.2 Identifikasi jenis gangguan

Salah satu tujuan penelitian ini adalah menentukan prioritas penanganan gangguan, sehingga pertama kali yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi jenis gangguan yang terjadi pada proses produksi sarung tangan. Identifikasi dilakukan dengan cara diskusi kepada ketiga responden yang bekerja di perusahaan

PT.XX. Adapun hasil identifikasi jenis – jenis gangguan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 2 Jenis Gangguan

<i>Code</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Effect</i>	<i>Taken Action</i>
M1	Listrik mati	Seluruh proses produksi berhenti.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jalin Kerja sama dengan PLN</li> <li>• Menyediakan generator listrik</li> </ul>
M2	Mesin obras breakdown	Jumlah yang dihasilkan proses obras menurun akibat salah satu mesin obras berhenti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemberian minyak pada mesin secara rutin</li> <li>• Mengganti dinamo</li> </ul>
M3	Mesin doting terbakar	Jumlah sarung tangan doting menurun akibat salah satu mesin doting tidak beroperasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan <i>Maintenance</i> secara rutin</li> </ul>
M4	Mesin Rajut Breakdown	Jumlah sarung tangan rajut biasa dan doting akan menurun akibat salah mesin rajut tidak beroperasi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemberian oli secara rutin</li> <li>• Penggantian jarum</li> </ul>
M5	Ketidakhadiran pekerja pada proses obras	Jumlah sarung tangan rajut biasa dan doting akan menurun akibat salah satu mesin obras tidak beroperasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberlakukan sistem <i>reword</i> dan <i>punishment</i></li> </ul>
M6	Kinerja operator pengepakan menurun	Jumlah total sarung tangan biasa dan doting menurun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberlakukan sistem <i>reword</i> (kompensasi) dan <i>punishment</i></li> </ul>
M7	Kinerja operator obras menurun	Jumlah produk sarung tangan biasa dan doting menurun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan training karyawan</li> <li>• Memberikan kompensasi bagi karyawan</li> </ul>
M8	Keterlambatan kehadiran karyawan pada proses obras	Jumlah produk sarung tangan biasa dan doting menurun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberlakukan sistem <i>reword</i> (kompensasi) dan <i>punishment</i></li> </ul>
M9	Keterlambatan kehadiran karyawan pengepakan	Jumlah total sarung tangan biasa dan doting menurun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memberlakukan sistem <i>reword</i> (kompensasi) dan <i>punishment</i></li> </ul>
M10	Operator mesin obras berhenti bekerja	Terdapat mesin obras yang tidak beroperasi selama didapatkan karyawan yang dapat mengoperasikan mesin obras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Training beberapa karyawan yang dapat mengoperasikan mesin obras</li> <li>• Menggantikan operator dengan karyawan lainnya.</li> </ul>

Berdasarkan Tabel 4.2, terdapat 10 jenis gangguan yang terjadi pada proses produksi sarung tangan berdasarkan diskusi kepada pihak perusahaan. Dampak dan tindakan penanganan setiap jenis gangguan juga diidentifikasi kepada perusahaan. Sebagai contoh yaitu keterlambatan kehadiran karyawan obras (M8), dimana gangguan ini menimbulkan dampak terhambatnya produksi sehingga produktifitas produksi menurun. Adapun keterlambatan kehadiran karyawan ini dapat ditangani dengan memberlakukan sistem *reword* (kompensasi) dan *punishment* kepada karyawan.

#### 4.1.3 Perhitungan *Loss revenue*

Berbeda dengan elemen RPN lainnya (*occurrence* dan *detection*), *severity* dari setiap gangguan diukur berdasarkan aspek jumlah *loss revenue* yang ditimbulkan agar menghasilkan nilai yang lebih akurat. Adapun dalam menghitung jumlah *Loss revenue* diperlukan data jumlah produksi yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4. 3 Data Jumlah Produksi

Bulan	Jumlah produksi (unit/bulan)		
	A	B	A+B
Agu-18	2.303.525	1.535.683	3.839.208
Sep-18	2.220.566	1.480.378	3.700.944
Okt-18	1.893.586	1.262.390	3.155.976
Nov-18	1.957.680	1.305.120	3.262.800
Des-18	2.548.685	1.699.123	4.247.808
Jan-19	2.435.026	1.623.350	4.058.376
Feb-19	2.585.851	1.723.901	4.309.752
Mar-19	2.858.774	1.905.850	4.764.624
Apr-19	2.663.813	1.775.875	4.439.688
Mei-19	2.584.872	1.723.248	4.308.120
Jun-19	3.057.883	2.038.589	5.096.472
Jul-19	2.506.363	1.670.909	4.177.272
Agu-19	2.646.101	1.764.067	4.410.168
<b>Rata-rata</b>	<b>2.481.748</b>	<b>1.654.499</b>	<b>4.136.247</b>

Data pada Tabel 4.3 menunjukkan jumlah produksi 2 jenis sarung tangan yaitu sarung tangan rajut biasa (A) dan sarung tangan rajut doting (B). Data jumlah produksi digunakan untuk menghitung jumlah pendapatan perusahaan dengan beberapa tambahan data antara lain sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Parameter Perhitungan Biaya *loss revenue*

No	Data	Deskripsi
1	Harga jual produk	Rp. 150.000 per karung Jenis A Rp. 200.000 per karung jenis B
2	Jam kerja per shift	8 jam kerja
3	Jumlah shift kerja	3 shift
4	Jumlah karyawan	300 orang



Tabel 4.3 menunjukkan jumlah produksi selama 1 tahun mulai dari bulan Agustus 2018 sampai dengan Agustus 2019. Berdasarkan data produksi perusahaan sarung tangan dihasilkan rata-rata produksi per bulan yaitu 2.817.480 unit sarung tangan tipe A dan 1.654.499 unit sarung tangan tipe B setiap bulan. Data tersebut kemudian dapat dikonversi menjadi satuan terkecil menjadi per jam produksi untuk sarung tangan tipe A sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah produksi tipe A} &= \frac{\text{Jumlah produksi per bulan}}{\text{jumlah shift} \times \text{jumlah jam kerja per shift} \times \text{hari kerja per bulan}} \quad (3.34) \\
 &= \frac{136.456 \text{ unit}}{3 \times 8 \text{ jam} \times 25 \text{ hari}} \\
 &= 4.136 \text{ unit untuk sarung tangan tipe A} \\
 &= 2.843 \text{ pasang sarung tangan per jam} \\
 &= 237 \text{ lusin sarung tangan per jam}
 \end{aligned}$$

Adapun jumlah produksi sarung tangan tipe B adalah sebanyak 2.757 unit per jam. Oleh karena sarung tangan dijual dalam satuan karung yang berisi sebanyak 15 lusin atau setara 360 unit sarung tangan. Sarung tangan tipe A dijual dengan harga Rp. 150.000 per karung, sedangkan Tipe B dijual dengan harga Rp. 200.000 per karung. Maka harga jual per unit sarung tangan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{harga jual tipe A} &= \frac{\text{harga jual per karung}}{\text{jumlah lusin per karung} \times 12 \times 2} \quad (3.35) \\
 &= \frac{\text{Rp. } 150.000}{15 \times 12 \times 2} \\
 &= \frac{\text{Rp. } 150.000}{360} \\
 &= \text{Rp } 416,67 \text{ per unit}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh harga sarung tangan adalah Rp. 416,67 per unit tipe A dan Rp 555,56 per unit tipe B dengan cara perhitungan yang sama namun harga yang berbeda. Dengan demikian jika perusahaan akan menghasilkan 1 unit sarung tangan maka akan menghasilkan pendapatan sebesar Rp 416,67 untuk tipe A. Sebaliknya, jika perusahaan tidak memproduksi 1 unit akan mengalami kerugian sebesar Rp416,67 untuk tipe A. Begitupula pada jumlah sarung tangan tipe B yang dihasilkan 1 unit perusahaan akan menghasilkan pendapatan sebesar Rp 555,56 dan sebaliknya jika tidak memproduksi 1 unit sarung tangan tipe B maka perusahaan akan kehilangan pendapatan sebesar Rp 555,56.

Adapun hasil perhitungan *loss revenue* dapat direkap pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan *Loss revenue* per kejadian

Kode	Gangguan	Waktu terendah (jam)	Waktu tertinggi (jam)	Rata-rata produksi A	Rata-rata Produksi B	Total Biaya terendah (Rupiah)	Total biaya tertinggi (Rupiah)
M1	Listrik mati	1	3	4136	2757	3.255.026	9.765.078
M2	Mesin obras breakdown	0,25	0,5	720	480	141.668	283.336
M3	Mesin doting terbakar	3	5	360	240	400.003	666.672
M4	Mesin Rajut Breakdown	0,16	0,3	11,88	7,92	1.496	2.805
M5	Ketidakhadiran pekerja pada proses obras	8	16	720	480	4.533.370	9.066.739
M6	Kinerja operator pengepakan menurun	8	8	51,84	34,56	108.801	326.403
M7	Kinerja operator obras menurun	8	8	144	96	453.337	906.674
M8	Keterlambatan kehadiran karyawan pengepakan	0,25	1	720	480	141.668	566.671
M9	Keterlambatan kehadiran operator obras	0,25	1	172,8	115,2	34.000	136.001
M10	Operator mesin obras berhenti bekerja	24	48	720	480	13.600.109	27.200.218

Nilai *loss revenue* tiap gangguan dihasilkan menggunakan persamaan 3.7. Sebagai contoh perhitungan dalam menentukan nilai *loss revenue* M10 yang mana jumlah produksi yang dapat dihasilkan oleh mesin obras sebanyak 720 unit/jam untuk produk A dan 480 unit/jam untuk produk B. Maka jumlah *loss revenue* per kejadian apabila gangguan terjadi selama 24 jam yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L &= S_x \times P_y \times Td \\
 &= (416,67 \times 720 \times 24) + (555,56 \times 480 \times 24) \\
 &= Rp 13.600.109
 \end{aligned}$$

Apabila gangguan terjadi selama 48 jam maka jumlah *loss revenue* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L &= S_x \times P_y \times Td \\
 &= (416,67 \times 720 \times 48) + (555,56 \times 480 \times 48)
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 27.200.218$$

Berdasarkan Tabel 4.5 menunjukkan bahwa operator mesin obras berhenti bekerja (M10) memiliki waktu gangguan paling tinggi dari yang lainnya tertinggi yaitu 48 jam, sedangkan waktu terendah pada gangguan ini adalah 24 jam. Dengan demikian, *loss revenue* M10 berkisar antara Rp 13.600.109 - Rp 27.200.218. Dalam menghitung biaya gangguan selain M6 dan M7, parameter yang berubah yaitu lama gangguan terjadi, sedangkan pada M6 dan M7, parameter yang berubah adalah nilai rata-rata jumlah produksi (Q'-Q) yang dilakukan oleh operator. Adapun perubahan jumlah produksi yang dihasilkan akibat adanya gangguan M6 berkisar antara 18-52 unit/jam untuk sarung tangan tipe A dan 12-35 unit untuk sarung tangan tipe B. sehingga kehilangan pendapatan adalah sebesar Rp 108.801-Rp 326.403. Sedangkan gangguan M7, terjadi perubahan jumlah produksi produk A berkisar antara 72-144 unit, dan Produk B berkisar anantara 48-96 unit. Dengan demikian jumlah kehilangan pendapatana adalah sebesar Rp 453.337-Rp 906.674.

#### 4.1.4 Hasil penilaian RPN berdasarkan *pair-wise comparison*

Penilaian RPN berdasarkan *pair-wise comparison* dilakukan oleh 3 orang responden meliputi 2 orang pemilik perusahaan dan 1 orang manager produksi. adapun hasil penilaian mereka dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4. 6 Hasil penilaian RPN berdasarkan *pair-wise comparison*

RPN	Responden 1			Responden 2			Responden 3		
	S	O	D	S	O	D	S	O	D
S	1,00	0,25	8,00	1,00	0,14	8,00	1,00	0,14	6,00
O	4,00	1,00	5,00	7,00	1,00	6,00	7,00	1,00	7,00
D	0,13	0,20	1,00	0,13	0,17	1,00	0,17	0,14	1,00
CR	0,41			0,330			0,38		
Eigen	3,395			3,32			3,368		

Setiap responden melakukan penilaian dengan membandingkan tiap elemen RPN terhadap elemen RPN lainnya. Berdasarkan Tabel 5.6, dihasilkan juga nilai CR dari tiap-tiap hasil penilaian responden. Adapun nilai CR dari tiap responden menunjukkan  $CR > 0,1$  maka dapat disimpulkan bahwa hasil penilaian sudah mencapai konsistensi yang tidak baik. Dan harus dilakukan pengulangan kembali.

Berdasarkan hasil pengulangan maka dapat dihasilkan data dengan konsistensi baik sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Hasil penilaian RPN berdasarkan *pair-wise comparison* (CR < 0,1)

RPN	Responden 1			Responden 2			Responden 3		
	S	O	D	S	O	D	S	O	D
S	1,00	0,17	4,00	1,00	0,33	4,00	1,00	0,25	5,00
O	6,00	1,00	9,00	3,00	1,00	8,00	4,00	1,00	9,00
D	0,25	0,11	1,00	0,25	0,13	1,00	0,20	0,11	1,00
CR	0,11			0,019			0,07		
Eigen	3,108			3,081			3,071		

Tabel 4.7 menunjukkan hasil penilaian ulang kedua untuk ketiga responden. Penilaian responden 2 dan 3, mencapai konsistensi baik setelah penilaian kedua, sedangkan responden 1 mencapai konsistensi baik setelah pengambilan data yang ketiga.

#### 4.1.5 Hasil penilaian gangguan

Setelah responden melakukan penilaian tingkat kepentingan tiap elemen RPN berdasarkan *pair-wise comparison*, selanjutnya yaitu responden melakukan penilaian tiap gangguan terhadap elemen RPN *occurrence* dan *detection* dengan skala evaluasi yang tercantum pada Tabel 3.5 dan 3.6. Adapun hasil penilaian sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Hasil Penilaian Gangguan

Kode	Responden 1		Responden 2		Responden 3	
	O	D	O	D	O	D
M1	6	9	7	8	7	8
M2	5	9	6	10	8	7
M3	3	8	4	9	5	9
M4	10	9	10	9	10	9
M5	2	5	2	4	4	4
M6	8	7	7	7	8	9
M7	6	8	7	9	4	7
M8	8	6	7	7	7	6
M9	6	7	7	5	7	6
M10	3	5	2	3	3	4

## 4.2 Pengolahan Data

Setelah semua data terkumpul, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data meliputi menghitung *rough number* AHP, menghitung *rough number* TOPSIS, menghitung Matriks D, D\*, dan D\*\* serta melakukan penentuan prioritas gangguan.

### 4.2.1 Menghitung *rough number* AHP

*Rough number* AHP dihitung berdasarkan hasil penilaian perbandingan tiap kriteria terhadap tiap elemen RPN lainnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.7. adapun tahapan ini bertujuan untuk mengagregasi hasil penilaian dari 3 responden. Agregasi dilakukan berdasarkan persamaan 3.30 – 3.33. Hasil agregasi dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut:

Tabel 4. 9 Hasil perhitungan *rough number* AHP

RPN RN ( $\tilde{A}_{ij}$ )	S	O	D
S	[1,000 , 1,000]	[0,210 , 0,290]	[6,000 , 7,500]
O	[3,611 , 5,111]	[1,000 , 1,000]	[5,722 , 7,722]
D	[0,217 , 0,242 ]	[0,113 , 0,123]	[1,000 , 1,000 ]

Adapun dalam menentukan  $RN(\tilde{A}_{24})$  dihasilkan dari persamaan 3.30 – 3.33. dapat diambil contoh perhitungan *RPN occurrence* terhadap *RPN detection*  $RN(\tilde{A}_{23})$  dimana  $U = \{5,6,9\}$  dan  $R(Y) = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$  maka hal pertama yang dilakukan adalah menghitung *lower approximation* sesuai dengan persamaan 3.30 – 3.31 sebagai berikut:

$$\underline{apr}(e_5) = \{5\} \quad ; \quad \overline{apr}(e_5) = \{5,6,9\}$$

$$\underline{apr}(e_6) = \{5,6\} \quad ; \quad \overline{apr}(e_6) = \{6,9\}$$

$$\underline{apr}(e_9) = \{5,6,9\} \quad ; \quad \overline{apr}(e_9) = \{9\}$$

Kemudian menghitung nilai limit berdasarkan persamaan 3.32 – 3.33 sebagai berikut:

$$\underline{lim}(e_5) = 5 \quad ; \quad \overline{lim}(e_5) = \frac{5+6+9}{3} = 6,7$$

$$\underline{lim}(e_6) = \frac{5+6}{2} = 5,5 \quad ; \quad \overline{lim}(e_6) = \frac{6+9}{2} = 7,5$$

$$\underline{lim}(e_9) = \frac{5+6+9}{3} = 6,7 \quad ; \quad \overline{lim}(e_9) = 9$$

Dengan demikian *rough number*  $RN(\tilde{A}_{23})$  dapat dihitung berdasarkan persamaan 3.11-3.12 sebagai berikut:

$$RN(\underline{A}_{23}) = \frac{5+5,5+6,7}{3} = 5,722$$

$$RN(\overline{A}_{23}) = \frac{6,7+7,5+9}{3} = 7,722$$

Maka diperoleh *rough number*  $(RN(\tilde{A}_{23}))$  adalah  $(5,722, 7,722)$

#### 4.2.2 Menghitung *rough number* TOPSIS

*Rough number* TOPSIS dihitung berdasarkan hasil penilaian, *occurrence* dan *detection* oleh ketiga responden. Perhitungan *rough number* TOPSIS juga bertujuan untuk mengaggragasi hasil penilaian 3 responden dengan menggunakan persamaan 3.30–3.33. adapun hasil perhitungan menggunakan dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut:

Tabel 4. 10 *Rough number* penilaian gangguan i terhadap elemen RPN j

Kode	RN ( $\underline{O}$ )	RN ( $\overline{O}$ )	RN ( $\underline{D}$ )	RN ( $\overline{D}$ )
M1	6,333	6,833	8,167	8,667
M2	5,611	7,111	7,889	9,389
M3	3,500	4,500	8,333	8,833
M4	10,000	10,000	9,000	9,000
M5	2,333	3,333	4,167	4,667
M6	7,333	7,833	7,333	8,333
M7	4,889	6,389	7,500	8,500
M8	7,167	7,667	6,167	6,667
M9	6,333	6,833	5,500	6,500
M10	2,333	2,833	3,500	4,500

Adapun dalam menentukan  $RN(\tilde{G}_{ij})$  dihasilkan dari persamaan 3.30–3.33. dapat diambil contoh perhitungan  $RN(\tilde{G}_{51})$  RPN *occurrence* M5 dimana  $U = \{2,2,4\}$  dan  $R(Y) = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$  maka hal pertama yang dilakukan adalah menghitung *lower approximation* sesuai dengan persamaan 3.30–3.31 sebagai berikut:

$$\underline{apr}(e_2) = \{2,2\} \quad ; \quad \overline{apr}(e_2) = \{2,2,4\}$$

$$\underline{apr}(e_4) = \{2,2,4\} \quad ; \quad \overline{apr}(e_4) = \{4\}$$

Kemudian menghitung nilai limit berdasarkan persamaan 3.32–3.33 sebagai berikut:

$$\underline{\lim}(e_2) = \frac{2+2}{2} = 2 \quad ; \quad \overline{\lim}(e_2) = \frac{2+2+4}{3} = 2,67$$

$$\underline{\lim}(e_4) = \frac{2+2+4}{3} = 2,67 \quad ; \quad \overline{\lim}(e_4) = 4$$

Dengan demikian *rough number*  $RN(\tilde{G}_{51})$  dapat dihitung berdasarkan persamaan 3.17-3.18 sebagai berikut:

$$RN(\underline{G}_{51}) = \frac{2+2,67}{2} = 2,33$$

$$RN(\overline{G}_{51}) = \frac{2,67+3}{2} = 3,33$$

Maka diperoleh *rough number*  $(RN(\tilde{G}_{51}))$  adalah (2.33 , 3.33)

### 4.2.3 Perhitungan bobot optimal tiap elemen RPN

Dari hasil pengumpulan hasil perhitungan *rough number* AHP pada Tabel 4.11, selanjutnya menghitung bobot optimal tiap elemen RPN. Perhitungan menggunakan persamaan 3.14-3.15. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 11 Bobot optimal tiap elemen RPN

<i>RPN</i>	$\underline{w}_j$	$\overline{w}_j$
S	0,3172	0,3805
O	0,8060	1,0000
D	0,0854	0,0911

Adapun dalam menentukan bobot optimal (O) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tilde{W}_j &= \left[ \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m \underline{C}_{ij}}, \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m \overline{C}_{ij}} \right] \\ &= \sqrt[3]{(1 \times 0,210 \times 6)}, \sqrt[3]{(1 \times 0,290 \times 7,5)} \\ &= 2,74 ; 3,40 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan bobot optimal kemudian dilakukan normalisasi menggunakan persamaan 3.15 yang mana nilai  $\max \overline{C}_{ij}$  dari ketiga elemen RPN adalah 3,40. Maka hasil normalisasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tilde{W}_j &= \tilde{W}_j / \max \overline{C}_{ij} \\ &= \frac{2,74}{3,40} ; \frac{3,40}{3,40} \\ &= 0.0806 ; 1,000 \end{aligned}$$

Dari Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa *loss revenue*, *occurrence* dan *detection* memiliki bobot optimal masing masing [(0.3172;0,3805), (0.0806;1,000), (0,0854;0.0911) 0.179)]. Dengan demikian, *occurrence* merupakan elemen RPN yang memiliki bobot tertinggi dari elemen RPN lainnya.

#### 4.2.4 Perhitungan Matriks D, D\*, D\*\*

Dalam penentuan prioritas gangguan menggunakan metode TOPSIS, terlebih dahulu membentuk matriks D yang merupakan matriks rekapitulasi dari data hasil penilaian RPN meliputi hasil perhitungan *loss revenue*, *rough number occurrence* dan *rough number detection*. Adapun matriks D sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Matriks D

D	S	O	D
M1	[3255026,04 , 9765078,12]	[6,333 , 6,833]	[8,167 , 8,667]
M2	[141667,8 , 283335,6]	[5,611 , 7,111]	[7,889 , 9,389]
M3	[400003,2 , 666672]	[3,500 , 4,500]	[8,333 , 8,833]
M4	[1496,011 , 2805,022]	[10,00 , 10,00]	[9,000 , 9,000]
M5	[4533369,6 , 9066739,2]	[2,333 , 3,333]	[4,167 , 4,667]
M6	[108800,8704 , 326402,6112]	[7,333 , 7,833]	[7,333 , 8,333]
M7	[453336,96 , 1360010,88]	[4,889 , 6,389]	[7,500 , 8,500]
M8	[141667,8 , 566671,2]	[7,167 , 7,667]	[6,167 , 6,667]
M9	[34000,272 , 136001,088]	[6,333 , 6,333]	[5,500 , 6,500]
M10	[13600108,8 , 27200217,6]	[2,3333 , 2,833]	[3,500 ; 4,500]

Berdasarkan matriks D menunjukkan batas bawah dan batas atas dari hasil penilaian terhadap RPN yang dipertimbangkan dalam penentuan prioritas gangguan. Dapat dilihat berdasarkan matriks D bahwa hasil penilaian *loss revenue* pada gangguan M4 ( $\tilde{G}_{41}$ ) yaitu [1496,011 , 2805,022].

Tahapan selanjutnya yaitu melakukan normalisasi matriks D menjadi matriks D\*. normalisasi ini bertujuan agar data memiliki nilai 0-1. Adapun matriks hasil normalisasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Matriks D\*

D*	S	O	D
M1	[0,0417 , 0,125]	[0,633 , 0,683]	[0,869 , 0,923]
M2	[0,0018 , 0,0036]	[0,561 , 0,711]	[0,840 , 1,000]
M3	[0,0051 , 0,0085]	[0,350 , 0,450]	[0,888 , 0,941]
M4	[0,000019 , 0,000036]	[1,000 , 1,000]	[0,959 , 0,959]



<b>D*</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>D</b>
M5	[0,058 , 0,116]	[0,233 , 0,333]	[0,444 , 0,497]
M6	[0,0014 , 0,0042]	[0,733 , 0,783]	0,781 , 0,888]
M7	[0,0058 , 0,0174]	[0,489 , 0,639]	[0,799 , 0,905]
M8	[0,0018 , 0,0073]	[0,717 , 0,767]	[0,657 , 0,710]
M9	[0,00044 , 0,00174]	[0,633 , 0,683]	[0,586 , 0,692]
M10	[0,5000 , 1,0000]	[0,233 , 0,283]	[0,372 , 0,479]

Matriks D\* menunjukkan hasil normalisasi Matriks D yang dihasilkan berdasarkan persamaan 3.20 dan 3.21. Untuk menghasilkan Matriks D, terlebih dahulu menentukan nilai maksimum batas atas tiap RPN ( $G_j^{max}$ ). Adapun nilai  $G_j^{max} = [27200217,6 , 10 , 9,389]$ . Dengan demikian dapat dihasilkan  $\tilde{G}_{41}^* = [0,000019 , 0,000036]$ .

Setelah dihasilkan matriks D\*, tahapan selanjutnya yaitu mengalikan komponen  $\tilde{G}_{ij}^*$  yang terdapat pada matriks D dengan bobot tingkat kepentingan tiap RPN yang terdapat pada Tabel 4.11. Adapun tahapan ini menggunakan persamaan 3.22 dan 3.24. Hasil perhitungan dimasukkan kedalam matriks D\*\* yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 14 Matriks D\*\*

<b>D**</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>D</b>
M1	[0,0132 , 0,0476]	[0,510 , 0,683]	[0,074 , 0,084]
M2	[0,0006 , 0,0014]	[0,452 , 0,711]	[0,072 , 0,091]
M3	[0,0016 , 0,0032]	[0,282 , 0,450]	[0,076 , 0,086]
M4	[0,000006 , 0,000014]	[0,806 , 1,000]	[0,082 , 0,087]
M5	[0,0184 , 0,0442]	[0,188 , 0,333]	[0,038 , 0,045]
M6	[0,0004 , 0,0016]	[0,591 , 0,783]	[0,067 , 0,081]
M7	[0,0018 , 0,0066]	[0,394 , 0,639]	[0,068 , 0,082]
M8	[0,0006 , 0,0028]	[0,578 , 0,767]	[0,056 , 0,065]
M9	[0,0001 , 0,0007]	[0,510 , 0,683]	[0,050 , 0,063]
M10	[0,1586 , 0,3805]	[0,188 , 0,283]	[0,032 , 0,044]

Matriks D\*\* memuat nilai hasil perkalian bobot kepentingan terhadap nilai  $\tilde{G}_{ij}^*$  yang terdapat pada matriks D\*. Adapun hasil perkalian ditunjukkan sebagai  $\tilde{V}_{ij}$  yang terdiri dari nilai batas bawah  $\underline{V}_{ij}$  dan  $\bar{V}_{ij}$ . Nilai  $\underline{V}_{ij}$  dan  $\bar{V}_{ij}$  dihasilkan berdasarkan nilai minimum dan nilai maksimum dari persamaan 3.23. Sebagai contoh dalam menghitung nilai  $\underline{V}_{41}$  yang mana hasil perkalian  $[(\underline{G}_{41} \times RN \underline{w}_1), (\underline{G}_{41} \times$

$RN \bar{w}_1$ ),  $(\bar{G}_{41} \times RN \bar{w}_1)$ ,  $(\bar{G}_{41} \times RN \underline{w}_1)$ ] adalah [(0,0000061), (0,0000073), (0,0000114), (0,0000137)]. Dengan demikian nilai  $\tilde{V}_{41}$  adalah [0,0000061 , 0,0000073].

#### 4.2.5 Penentuan Prioritas Gangguan

Pada metode TOPSIS, tahapan berikutnya adalah penentuan solusi ideal prioritas gangguan. Adapun pada tahapan ini, dimulai dengan terlebih dahulu menentukan solusi ideal positif (PIS) dan solusi ideal negatif (NIS). Adapun solusi ideal positif dan negatif ditentukan sesuai persamaan 3.25 dan 3.25. PIS merupakan nilai maksimum dari nilai batas atas tiap elemen RPN pada matriks D\*\*. Dengan demikian, dapat dihasilkan nilai PIS adalah [(0.3805),(1.00),(0.09111)]. Sedangkan NIS dihasilkan yaitu [(0.000006,(0.1881),(0,0318)]. Nilai PIS dan NIS digunan untuk menghitung nilai  $d_i^*$  dan  $d_i^-$  yang didasarkan dari persamaan 3.27 dan 3.28. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut:

Tabel 4. 15 Hasil perhitungan jarak geometri

<i>Mode</i>	$d_i^*$	$d_i^-$
M1	0,529	0,500
M2	0,583	0,466
M3	0,781	0,249
M4	0,277	0,774
M5	0,895	0,147
M6	0,477	0,552
M7	0,644	0,399
M8	0,503	0,524
M9	0,580	0,444
M10	0,874	0,177

Dari hasil perhitungan  $d^*$  dan  $d^-$  pada Tabel 4.19 akan dijadikan parameter dalam perhitungan nilai *Closeness Coffesient* tiap gangguan (CCi). Adapun nilai CCi dihitung berdasarkan persamaan 3.29. Dalam menghitung CCi ini nilai bobot  $w^*$  dan  $w^-$  diasumsikan dengan 1, hal ini dikarenakan tidak ada perbedaan kepentingan antara solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Dalam menghitung nilai CCi, terlebih dahulu menghitung jumlah nilai  $d_i^*$  dan  $d_i^-$  yang mana dari hasil perhitungan, jumlah  $d_i^*$  dan  $d_i^-$  secara berturut-turut adalah 6,143 dan 4,233.

Dengan demikian, dapat dihitung nilai CCI tiap gangguan sebagai contoh, perhitungan CC4 sebagai berikut:

$$CC_4 = w^* \left( \frac{d_5^-}{\sum_{i=1}^9 d^-} \right) - w^- \left( \frac{d_5^*}{\sum_{i=1}^9 d^*} \right)$$

$$= 1 \left( \frac{0,774}{4,233} \right) - 1 \left( \frac{0,277}{6,143} \right) = 0,138$$

Adapun hasil perhitungan CCI 10 jenis gangguan dapat ditunjukkan pada Tabel 4.16 berikut:

Tabel 4. 16 Hasil perhitungan nilai *closeness coefficient*

Mode	CCI	Ranking
M1	0,032	4
M2	0,015	5
M3	-0,068	8
M4	0,138	1
M5	-0,111	10
M6	0,053	2
M7	-0,011	7
M8	0,042	3
M9	0,011	6
M10	-0,100	9

Dari Tabel 4.16 menunjukkan hasil perhitungan nilai CCI tiap jenis gangguan. Penentuan prioritas gangguan menurut Lo & Liou (2019) didasarkan pada nilai CCI tertinggi. Dengan demikian, dapat dihasilkan bahwa mesin rajut breakdown (M4) merupakan gangguan yang menjadi prioritas utama dalam penanganan gangguan. Adapun prioritas selanjutnya adalah ketidakhadiran pekerja pada proses pengepakan (M6) sebagai prioritas kedua, dan keterlambatan kehadiran karyawan obras (M8) sebagai prioritas ketiga.

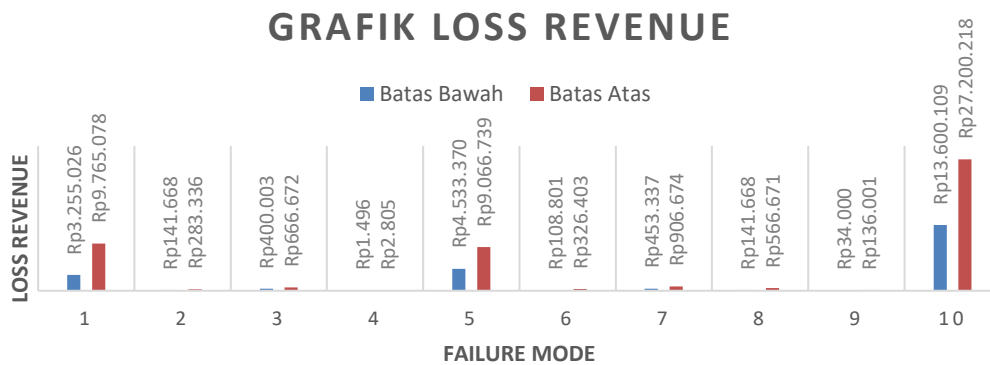
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis hasil pengumpulan data

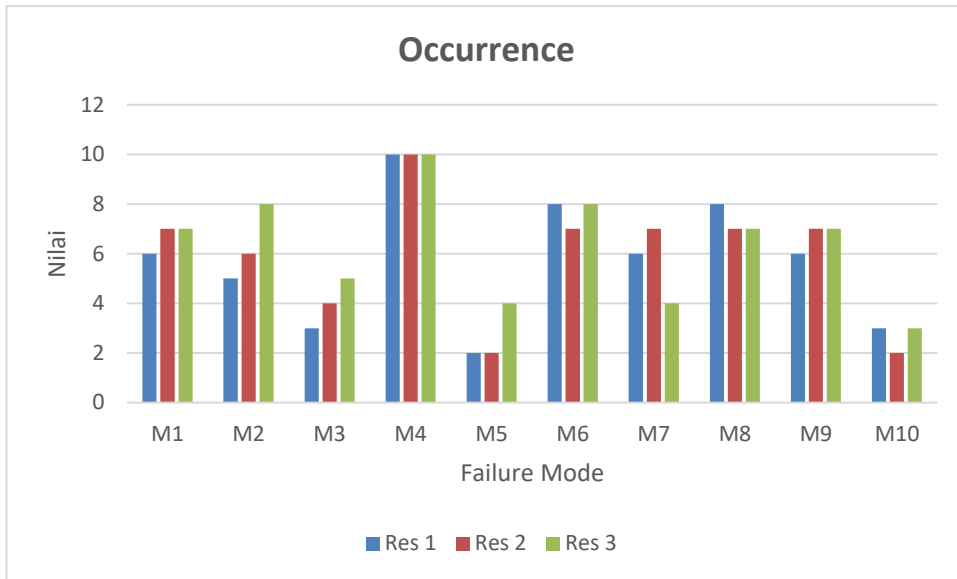
Penelitian ini bertujuan untuk membangun model modifikasi FMEA untuk penentuan prioritas gangguan pada proses produksi. Terdapat 3 elemen RPN yang pertimbangan meliputi *severity*, *occurrence* dan *detection*. tingkat *severity*, diukur berdasarkan aspek *loss revenue* yang ditimbulkan oleh tiap gangguan. Adapun dari hasil perhitungan biaya *loss revenue* untuk 10 gangguan dapat digambarkan pada gambar berikut:



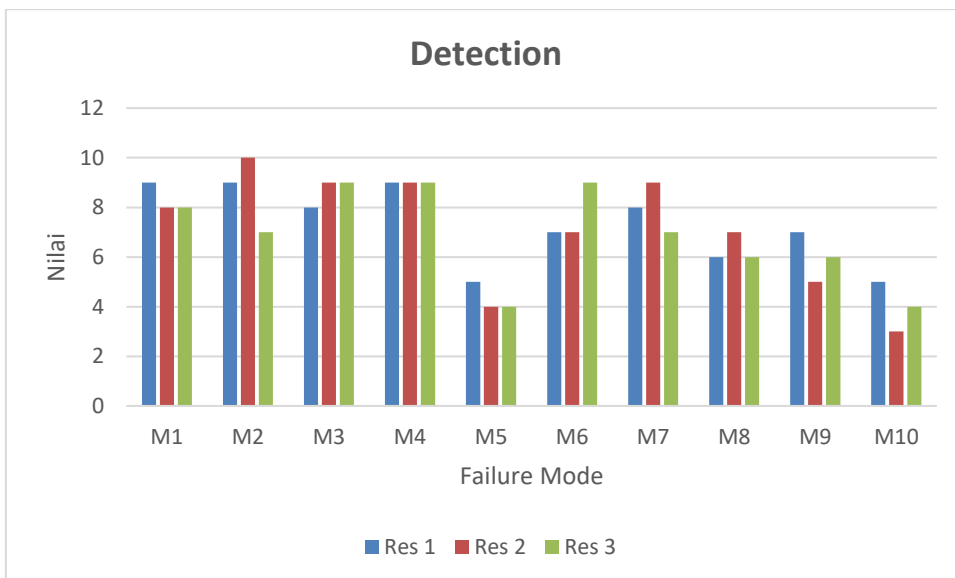
Gambar 5. 1 Grafik *loss revenue* pada 10 gangguan

Dari Gambar 5.1 dapat dilihat bahwa gangguan operator mesin obras berhenti bekerja (M10) menimbulkan *loss revenue* per kejadian tertinggi dibanding gangguan lainnya. maka jika hanya mempertimbangkan *loss revenue*, maka M10 tentu akan menjadi prioritas utama dalam penanganan gangguan. sedangkan yang prioritas kedua masih belum dapat ditentukan karena M1 dan M5 memiliki kesamaan jumlah *loss revenue*.

Adapun terdapat kriteria lainnya yang juga perlu dipertimbangkan oleh perusahaan yaitu probabilitas kejadian dimasa akan datang (*occurrence*) dan probabilitas kemampuan gangguan dideteksi (*detection*). Hasil penilaian *occurrence* dan *detection* dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan 5.3 berikut:



Gambar 5. 2 Grafik hasil penilaian *occurrence*



Gambar 5. 3 Grafik hasil penilaian RPN *detection*

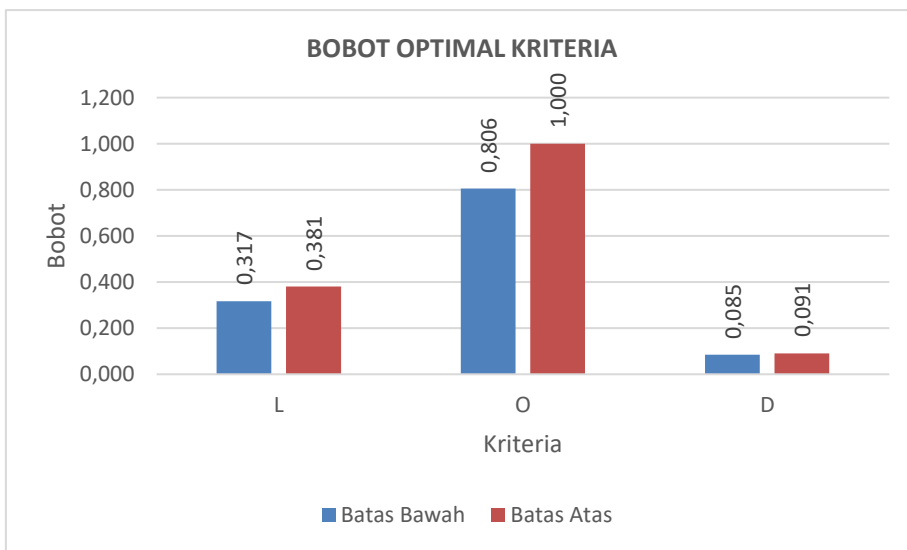
Dari hasil penilaian *occurrence* terhadap 10 jenis gangguan pada Gambar 5.2, dapat dilihat bahwa jenis gangguan yang memiliki tingkat *occurrence* tertinggi adalah kerusakan mesin rajut (M4). Sedangkan pada Gambar 5.4, tingkat *detection* tertinggi diberikan pada beberapa jenis gangguan. Namun responden 2, mengungkapkan bahwa jenis gangguan mesin doting terbakar (M2) sebagai jenis gangguan dengan nilai *detection* tertinggi. Dari Gambar 5.2 dan 5.3 menunjukkan bahwa setiap responden memiliki perbedaan dalam melakukan penilaian

*occurrence* dan *detection*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat ketidakpastian informasi dari hasil penilaiain responden sehingga penentuan prioritas akan sulit menghasilkan tingkat keakuratan yang baik. Pada FMEA tradisional melakukan agregasi menggunakan nilai rata-rata dari hasil penilaian beberapa responden sebagai representasi nilai sebenarnya. Namun, nilai rata-rata belum tentu dapat merepresentasikan nilai yang meyakinkan (*certain information*). Mungkin salah beberapa responden memberikan nilai yang sesungguhnya karena tidak ada keraguan dalam penilaiannya namun, nilai yang diberikan bukanlah nilai rata-rata yang dihasilkan. Hal ini tentu akan menyebabkan ketidakakuratan dalam hasil keputusan. Pada kasus dimana terdapat ketidakpastian informasi (*uncertain information*) seperti ini tentu perlu sebuah metode yang dapat mengakomodir ketidakpastian mengenai hasil penilaian.

Dalam model yang diajukan, agregasi hasil penilaian gangguan terhadap *occurrence* dan *detection* menggunakan metode *rough set*. Metode ini memiliki kelebihan yaitu tangguh dalam mengakomodasi *uncertain information* pada kasus dimana tiap responden memiliki penilaian dengan rentang jauh berbeda. Metode ini direpresentasikan dengan nilai *rough* batas bawah dan batas atas dari penilaian gangguan tiap elemen RPN seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.10. Dengan hasil agregasi ini, menunjukkan bahwa penentuan nilai RPN dengan metode FMEA tradisional tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu perlu adanya metode lain untuk dapat menghasilkan nilai RPN. Adapun metode yang dirasakan sesuai dalam permasalahan ini adalah metode TOPSIS. Seperti yang telah disebutkan pada BAB 3 bahwa metode ini memiliki keunggulan yaitu mudah dipahami karena persamaan matematis yang digunakan sederhana. Selain itu, metode TOPSIS memiliki prinsip dimana penentuan prioritas berdasarkan jarak terdekat dengan solusi ideal positif dan terjauh dari solusi ideal negatif. Hal ini memudahkan bagi pembuat keputusan untuk melihat urutan prioritas dari awal hingga akhir secara keseluruhan.

Sebelum melakukan penentuan prioritas menggunakan metode TOPSIS, dilakukan normalisasi hasil penilaian gangguan terhadap tiap elemen RPN (*severity*, *occurrence* dan *detection*) yang dipertimbangkan agar menjadi skala penilaian 0 sampai dengan 1. Hasil normalisasi dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Normalisasi ini bertujuan agar menghasilkan satuan penilaian yang sama. Setelah melakukan normalisasi, selanjutnya mengalikan nilai hasil normalisasi dan bobot tingkat kepentingan tiap RPN. Bobot kepentingan tiap RPN dihasilkan dengan menggunakan metode AHP yang mana tiap hasil penilaian juga diaggregasi menggunakan *rough set*. Hasil perhitungan bobot optimal tingkat kepentingan tiap RPN dapat dilihat pada Tabel 4.11. Dari Tabel 4.11 tersebut, bobot tingkat kepentingan, dapat digambarkan kedalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 5.4 Grafik bobot optimal tiap elemen RPN

Berdasarkan Gambar 5.4 diperoleh bahwa *occurrence* (O) merupakan elemen RPN yang memiliki tingkat kepentingan tertinggi dari elemen RPN lainnya yaitu (0,806 , 1). Selanjutnya RPN dengan tingkat kepentingan kedua adalah RPN *loss revenue* (L) yaitu (0,317 , 0,381). Sedangkan RPN *detection* (D) merupakan RPN yang memiliki tingkat kepentingan ketiga dengan nilai (0,085 , 0,1091).

Hasil perkalian bobot tiap RPN terhadap matriks normalisasi, kemudian digunakan dalam penentuan prioritas gangguan. tahapan selanjutnya yaitu menghitung nilai *separation distance* tiap gangguan. nilai *separation distance* ( $d_i^+$ ) dan ( $d_i^-$ ) menggambarkan jumlah jarak *loss revenue*, *occurrence* dan *detection* terhadap solusi ideal positif dan negatif. Solusi ideal positif yaitu nilai maksimum dari nilai batas atas tiap elemen RPN sedangkan solusi ideal negatif merupakan nilai minimum dari batas bawah tiap elemen RPN. Hal ini menunjukkan perbedaan antara



penentuan nilai RPN pada FMEA tradisional terhadap FMEA modifikasi. Dimana penentuan prioritas tidak lagi dengan mengalikan elemen RPN sebagai penentuan prioritas, namun dilakukan berdasarkan jumlah jarak tiap RPN terhadap solusi ideal positif dan negatif.

## 5.2 Analisis hasil penentuan prioritas

Berdasarkan hasil perhitungan nilai CCI pada Tabel 4.16 menunjukkan bahwa nilai CCI positif tertinggi adalah 0,138 yaitu jenis gangguan mesin rajut breakdown (M4), sehingga jenis gangguan ini dapat dijadikan prioritas utama dalam penanganan gangguan. Walaupun *loss revenue* yang dihasilkan gangguan M4 rendah, namun ganggana M4 memiliki tingkat *occurrence* yang tertinggi dibanding jenis gangguan lainnya. Hal ini diungkapkan oleh ketiga responden dengan memberikan penilaian tingkat *occurrence* yang sama pada jenis gangguan M4. Begitu pula *detection*, dimana jenis gangguan M4 dinilai sebagai salah satu jenis gangguan dengan nilai yang tinggi atau artinya memiliki kemampuan deteksi yang rendah. Adapun 4 jenis gangguan dengan prioritas selanjutnya secara beturut-turut adalah kinerja operator pengepakan menurun (M6), keterlambatan karyawan mesin obras (M8), kualitas listrik tidak baik (M1), dan mesin obras breakdown (M2).

Pada model diajukan dalam penelitian ini mengakomodasi *uncertain information* dimana mempertimbangkan nilai minimum dan nilai maksimum *loss revenue* (L). Selain itu data penilaian *occurrence* (O), *detection* (D) diaggregasi menggunakan metode *rough number* dan menghasilkan data nilai batas bawah dan batas bawah. Untuk melihat perubahan keputusan mengenai *uncertain information* dan bobot tingkat kepentingan elemen RPN, maka dilakukan perbandingan terhadap beberapa cara penentuan prioritas. Adapun hasil perbandingan penentuan priotitas dapat dilihat pada Table 5.1 berikut:

Tabel 5. 1 Hasil perbandingan penentuan prioritas gangguan

Kode	Jenis Gangguan	FMEA Konvensional		RPN <i>Rough</i> TOPSIS		RPN <i>Rough</i> AHP + <i>Rough</i> TOPSIS	
		RPN	Rank	CCi	Rank	CCi	Rank
M1	Listrik mati	0,01403	1	0,0271	2	0,032	4
M2	Mesin obras breakdown	0,00081	8	0,0165	4	0,015	5
M3	Mesin doting terbakar	0,00158	5	-0,0091	7	-0,068	8

Kode	Jenis Gangguan	FMEA Konvensional		RPN <i>Rough</i> TOPSIS		RPN <i>Rough</i> AHP + <i>Rough</i> TOPSIS	
		RPN	Rank	CCi	Rank	CCi	Rank
M4	Mesin Rajut Breakdown	0,00001	10	0,0633	1	0,138	1
M5	Ketidakhadiran operator mesin obras	0,01341	3	-0,0624	10	-0,111	10
M6	Kinerja operator pengepakan menurun	0,00169	7	0,0217	3	0,053	2
M7	Kinerja operator obras menurun	0,00510	4	0,0028	6	-0,011	7
M8	Keterlambatan kehadiran opertor mesin obras	0,00268	6	0,0031	5	0,042	3
M9	Keterlambatan kehadiran karyawan pengepakan	0,00050	9	-0,0117	8	0,011	6
M10	Operator mesin obras berhenti bekerja	0,02363	2	-0,0512	9	-0,100	9

Berdasarkan Tabel 5.1, akan dibandingkan antara FMEA konvensional dengan R-TOPSIS. FMEA konvensional, *severity* dihitung dari nilai tengah *loss revenue*, nilai *occurrence* dan *detection* dihasilkan dari nilai rata-rata hasil penilaian gangguan ketiga responden. Sedangkan *Rough* TOPSIS nilai *severity* dihitung berdasarkan nilai batas bawah dan atas *loss revenue*, nilai *occurrence* dan *detection* dihasilkan dari agregasi penilaian gangguan menggunakan *rough number*. Dari hasil keputusan dengan kedua cara ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan prioritas ketika *uncertain information* dari ahli dipertimbangkan. Prioritas pertama dengan FMEA konvensional adalah listrik mati (M1) sedangkan prioritas pertama setelah *uncertain information* dipertimbangkan menjadi mesin rajut breakdown (M4). Perubahan yang terjadi pada *Rough* TOPSIS dikarenakan penentuan prioritas dipengaruhi oleh *uncertain information* yang ditunjukkan oleh adanya rentang nilai pada setiap elemen RPN. Semakin besar rentang nilai *loss revenue*, *occurrence* dan *detection*, maka menjadikan jarak terhadap solusi ideal positif semakin jauh. Pada Gambar 5.3, tingkat *occurrence* M4 memiliki *certain information* lebih baik dari pada M1, begitupula tingkat *detection* M4 lebih baik dari pada M1. Selain itu, tingkat *occurrence* dan *detection* M4 lebih tinggi daripada M1. Apabila prioritas dilakukan pada jenis gangguan M1, maka jumlah kerugian yang dapat dikurangi lebih sedikit dari pada prioritas dilakukan pada gangguan M4 meskipun gangguan M1 memiliki *loss revenue* per kejadian lebih tinggi dari pada M4.

Berikutnya dari Tabel 5.1, akan dibandingkan antara *Rough* TOPSIS dengan *Rough* AHP + *Rough* TOPSIS . Kedua cara ini didasarkan pada nilai *severity* yang dihitung berdasarkan nilai batas bawah dan atas dari *loss revenue*, nilai *occurrence* dan *detection* dihasilkan dari hasil agregasi penilaian ketiga responden menggunakan *rough number*. Letak perbedaan antara keduanya yaitu bobot tingkat kepentingan elemen RPN pada *Rough* AHP + *Rough* TOPSIS dipertimbangkan dalam penentuan prioritas sedangkan pada *Rough* TOPSIS, bobot tingkat kepentingan elemen RPN tidak dipertimbangkan. Bobot tingkat kepentingan elemen RPN dihasilkan menggunakan metode R-AHP yang mana agregasi hasil penilaian responden menggunakan *rough number*. Dari hasil keputusan dengan kedua cara ini menunjukkan adanya perubahan prioritas apabila bobot tingkat kepentingan tiap elemen RPN diterapkan. Prioritas kedua dengan *Rough* TOPSIS adalah listrik mati (M1) sedangkan dengan *Rough* AHP + *Rough* TOPSIS, prioritas kedua menjadi kinerja operator pengepakan menurun (M6). Perubahan ini karena nilai *occurrence* yang dihasilkan dengan metode R-AHP menghasilkan bobot tingkat kepentingan tertinggi dari RPN lainnya yaitu 0,806 – 1,00. Sedangkan nilai agregasi *occurrence* pada M6 lebih tinggi daripada M1 yang mana M6 memiliki nilai *occurrence* yaitu 7,33–7,83 dan M1 memiliki nilai *occurrence* yaitu 6,33–6,83. Perbedaan ini menjadikan jarak M6 lebih dekat terhadap solusi ideal positif seperti ditunjukkan pada nilai *separation distance* pada Tabel 4.15 dimana  $d_6^*$  lebih rendah dari pada nilai  $d_1^*$ . Apabila penanganan dilakukan pada M1, maka menghasilkan prioritas dengan nilai *occurrence* dan *detection* yang rendah sedangkan, M6 memiliki nilai *occurrence* dan *detection* lebih tinggi daripada M1. Perusahaan berpendapat bahwa apabila gangguan sering kali terjadi, maka gangguan dapat menimbulkan kerugian lebih tinggi walaupun *loss revenue* per kejadian rendah. Begitu pula apabila sebuah gangguan memiliki sifat *detectability* rendah maka akan menyebabkan kerugian yang terus menerus tanpa disadari oleh perusahaan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang didapat pada penelitian berdasarkan tujuan yang ingin dicapai, hasil pengolahan data, dan analisa data, serta saran yang diajukan untuk penelitian selanjutnya.

#### **6.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil modifikasi FMEA dengan mengintegrasikannya terhadap beberapa metode MCDM dapat memperbaiki kekurangan FMEA konvensional. Dengan integrasi ini, hasil penentuan prioritas akan lebih baik dari model FMEA konvensional yang dapat dirinci sebagai berikut:

1. Dalam penentuan bobot optimal tiap elemen RPN dapat menggunakan metode AHP. Dengan metode ini, penilaian *failure mode* (gangguan) oleh tiap responden yang berbeda-beda dapat diaggregasi dengan tetap mempertimbangkan *uncertain information*. Adapun perbedaan dikarenakan tiap responden memiliki tujuan berbeda atau kepentingan berbeda dalam penentuan prioritas gangguan. Adanya perbedaan ini dapat diakomodasi dengan aggregasi menggunakan rough theory agar seluruh pendapat dapat dipertimbangkan dengan baik dalam penentuan bobot optimal tiap elemen RPN dan dalam penentuan prioritas.
2. Bobot tiap RPN telah dipertimbangkan dalam model FMEA dengan mengintegrasikan metode AHP sebagai metode penentuan bobot elemen RPN. Dari hasil analisis perbandingan *Rough TOPSIS* dan *Rough AHP + Rough TOPSIS* pada tabel 5.17 menunjukkan bahwa bobot elemen RPN ini memiliki pengaruh terhadap hasil keputusan yang akan diambil. Adanya perubahan terhadap 5 prioritas gangguan teratas pada saat bobot tingkat kepentingan tiap elemen RPN dari metode *Rough AHP* diterapkan dalam penentuan prioritas.
3. Model ini juga telah mempertimbangkan *uncertain information* yang mana metode *rough set* digunakan sebagai salah satu metode untuk mengaggregasi hasil penilaian gangguan oleh beberapa responden. Dari hasil analisis, pada Tabel 5.17 telah dilakukan perbandingan mengenai hasil penentuan prioritas menggunakan metode FMEA tradisional dan menggunakan *Rough TOPSIS*.

Hasil perbandingan menunjukan bahwa terjadi perubahan keputusan mengenai 5 prioritas teratas. Oleh karena itu, tingkat *uncertain information* ini sangat perlu untuk dipertimbangkan dalam melakukan penentuan keputusan agar seluruh informasi yang dikumpulkan dapat dipertimbangkan dengan baik.

## **6.2 Saran**

Berdasarkan rangkaian penelitian yang telah dilakukan dalam membangun model FMEA ini penulis mengakui bahwa masih terdapat kekurangan dalam penelitian, sehingga penulis mengusulkan beberapa saran mengenai penelitian berikutnya yaitu dalam mengakomodasi *uncertain information*, *rough set* sangat baik digunakan untuk hasil penilaian yang memiliki rentang perbedaan nilai yang besar. Namun, akan memakan waktu perhitungan yang relatif lama jika untuk jumlah gangguan dan/atau jumlah elemen RPN yang banyak. Sebagai penelitian lanjutan, penilaian responden dengan tingkat perbedaan tinggi tersebut dapat diatasi dengan menggunakan metode lain agar tingkat perbedaan semakin kecil atau memiliki konsensus yang baik dari beberapa responden. Walaupun dalam mendapatkan konsensus akan membutuhkan waktu lama dan dipengaruhi oleh fleksibilitas waktu responden, namun cara tersebut mungkin dapat menghasilkan hasil prioritas dengan konsistensi yang dapat dipertanggungjawabkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahsen, A. Von. (2008). Cost-oriented failure mode and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25, 466–476. <https://doi.org/10.1108/02656710810873871>
- Ardeshir, A., Mohajeri, M., & Amiri, M. (2016). Evaluation of safety risks in construction using Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (FFMEA). *Transactions A: Civil Engineering*, 23, 2546–2556.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis [JOUR]. *Management Science*, 30 (9), 1078–1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- Chang, K. (2016). Generalized multi-attribute failure mode analysis. *Neurocomputing*, 175, 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.10.039>
- Chang, K., Chang, Y., & Tsai, I. (2013). Enhancing FMEA assessment by integrating grey relational analysis and the decision making trial and evaluation laboratory approach. *Engineering Failure Analysis*, 31, 211–224. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.02.020>
- Charnes, A., Cooper, W. ., & Rhodes, E. (1978). *Measuring the efficiency of decision making units*. 2, 429–444.
- Chin, K., Wang, Y., Ka, G., Poon, K., & Yang, J. (2009). Failure mode and effects analysis by data envelopment analysis. *Decision Support Systems*, 48(1), 246–256. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2009.08.005>
- Deng, J. (1982). Control problems of grey systems. *System and Control Letters*, 1(5), 288–295. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0167-6911\(82\)80025-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0167-6911(82)80025-X)
- E. Mcdormett, R., J. Mikulak, R., & R. Beauregard, M. (2009). *The Basic Of FMEA* (Second). New York: Productivity Press.
- Emmett J, V., & Therese M, V. (2013). *Fundamentals of Risk and Insurance* (11e ed.). United States of America: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data Vaughan,.
- Galaske, N., & Anderl, R. (2016). *Disruption Management for Resilient Processes*

- in Cyber-physical Production Systems. *Procedia CIRP*, 50, 442–447. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.144>
- Grover, M. P. (2015). *Automation Production System, and Computer-Integrated Manufacturing* (4th ed.). United States of America: Pearson Higher Education, Inc.
- Hishamuddin, H., Sarker, R. A., & Essam, D. (2010). A recovery model for an economic production quantity problem with disruption. *IEEM2010 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 198–202. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2010.5674449>
- Kumrun Nahar, S., Islam, A., Hasan, J., Saha, S., Morshed, N., & Mukhshin Aziz Khan, M. (2015). interruptions and their impact in manufacturing industry. *TECHNOLOGY, INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & RESEARCH*, 9655(11), 221–230.
- Kutlu, A. C. (2012). Expert Systems with Applications Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 39, 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.044>
- Łatuszyńska, A. (2014). MULTIPLE-CRITERIA DECISION ANALYSIS USING TOPSIS METHOD FOR INTERVAL DATA IN RESEARCH INTO THE LEVEL OF INFORMATION SOCIETY DEVELOPMENT. *Folia Oeconomica Stetinensia*. <https://doi.org/10.2478/fofi-2013-0015>
- Liu, H. (2016). *FMEA Using Uncertainty Theories and*. Singapore: Springer Nature.
- Liu, H., Chen, X., Duan, C., & Wang, Y. (2019). Computers & Industrial Engineering Failure mode and effect analysis using multi-criteria decision making methods : A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 135 (October 2018), 881–897. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.06.055>
- Lo, H., & Liou, J. J. H. (2018). A novel multiple-criteria decision-making-based FMEA model for risk assessment. *Applied Soft Computing Journal*, 73, 684–696. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.09.020>
- Lo, H., & Liou, J. J. H. (2019). A novel failure mode and effect analysis model for machine tool risk analysis. *Reliability Engineering and System Safety*,



- 183(November 2018), 173–183. <https://doi.org/10.1016/j.res.2018.11.018>
- Munthafa, A. E., & Mubarak, H. (2017). PENERAPAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS DALAM SISTEM. *Siliwangi*, 3(2), 192–201.
- Nelson, D. (2011). *The Analysis and Valuation of Disruption*. Hill International, Inc.
- Paul, S. K., Sarker, R., & Essam, D. (2015). A disruption recovery plan in a three-stage production-inventory system. *Computers and Operations Research*, 57, 60–72. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.12.003>
- Rezaee, M. J., Salimi, A., & Yousefi, S. (2017). Identifying and managing failures in stone processing industry using cost-based FMEA. *Advance Manufacture Technology*, 3329–3342. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9019-0>
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>
- Saelan, A. (2009). *LOGIKA FUZZY*. (13508029), 1–5.
- Sayadi, M. K., Heydari, M., & Shahanaghi, K. (2009). Extension of VIKOR method for decision making problem with interval numbers. *Applied Mathematical Modelling*, 33(5), 2257–2262. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2008.06.002>
- Stricker, N., & Lanza, G. (2014). The concept of robustness in production systems and its correlation to disturbances. *Procedia CIRP*, 19(C), 87–92. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.04.078>
- Tone, K. (2001). *A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis*. 130, 498–509.
- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi Criteria Decision Making Methods : A omparative Study* (P. M. Pardalos & D. Hearn, Eds.). <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6>
- Tzeng, G.-H., & Huang, J.-J. (2011). *Multiple Attribute Desicion Making Method And Application* (1st ed.). United State of america: Taylor & Francis Group, an informa business.
- Velasquez, M., & Hester, P. T. (2013). An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. *International Journal of Operations Research*, 10(2), 56–66.
- Wang, Z., Gao, J., Wang, R., Chen, K., & Gao, Z. (2018). Failure mode and effects

- analysis using Dempster-Shafer theory and TOPSIS method : Application to the gas insulated metal enclosed transmission line ( GIL ). *Applied Soft Computing Journal*, 70, 633–647. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.06.015>
- Wang, Z., Gao, J., Wang, R., Chen, K., Gao, Z., & Zheng, W. (2018). Failure Mode and Effects Analysis by Using the House of Reliability-Based Rough VIKOR Approach. *IEEE Transactions on Reliability*, 67(1), 230–248. <https://doi.org/10.1109/TR.2017.2778316>
- Wibowo. (2007). *Manajemen Kinerja*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Parsada.
- Yang, Y., & John, R. (2011). Grey Sets and Greyness. *Inf. Sci*, 185, 249–264. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.09.029>
- Youse, S., Alizadeh, A., Hayati, J., & Bagheri, M. (2018). *HSE risk prioritization using robust DEA-FMEA approach with undesirable outputs : A study of automotive parts industry in Iran*. 102(October 2017), 144–158. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.10.015>
- Yu, G., & Qi, X. (2004). *Disruption Management Frameworks, Models and Applications*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Zhang, Q., Xie, Q., & Wang, G. (2016). A survey on rough set theory and its applications. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 1(4), 323–333. <https://doi.org/10.1016/j.trit.2016.11.001>
- Zhou, Q., & Thai, V. V. (2016). Fuzzy and grey theories in failure mode and effect analysis for tanker equipment failure prediction. *SAFETY SCIENCE*, 83, 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.11.013>
- Zhu, G., Hu, J., Qi, J., Gu, C., & Peng, Y. (2015). Advanced Engineering Informatics An integrated AHP and VIKOR for design concept evaluation based on rough number. *Advanced Engineering Informatics*, 29(3), 408–418. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.01.010>

## **LAMPIRAN 1. Kuisisioner penilaian tingkat kepentingan elemen RPN**

Dengan hormat,

Dalam rangka melengkapi data yang diperlukan untuk penelitian tesis, bersama ini peneliti menyampaikan kuisisioner penelitian mengenai “Model *Modified Failure Mode and Effect Analysis* untuk penentuan prioritas gangguan pada proses produksi”. Adapun hasil dari kuisisioner ini akan digunakan sebagai bahan penyusunan tesis pada program pascasarjana Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Peneliti memahami waktu saudara/i sangatlah terbatas dan berharga, namun peneliti juga berharap kesediaan saudara/i untuk membantu penelitian ini dengan mengisi secara lengkap kuisisioner yang terlampir. Peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kesediaan saudara/i telah meluangkan waktu untuk menjawab semua pertanyaan dalam kuisisioner ini.

Peneliti,

Muqimuddin

## PENDAHULUAN

Kuisisioner ini bertujuan untuk menentukan tingkat kepentingan tiap elemen RPN. Adapun elemen RPN yang dimaksud adalah *severity*, *occurrence*, dan *detection*. berikut pengertian masing-masing kriteria:

1. *Severity* (S) yaitu tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan oleh terjadinya gangguan.
2. *Occurrence* (O) yaitu kemungkinan jumlah terjadinya gangguan pada waktu yang akan datang.
3. *Detection* (D) yaitu kemampuan jenis gangguan dideteksi oleh sistem sebelum atau sesudah gangguan itu terjadi.

## PETUNJUK PENGISIAN

1. Tentukan terlebih dahulu RPN yang penting antara 2 elemen RPN yang akan dinilai.
2. Lakukan penilaian tingkat kepentingan dengan membandingkan *RPN* paling penting yang dipilih terhadap elemen RPN lainnya dengan menggunakan penilaian pada tabel dibawah ini:

<i>Linguistic Term</i>	<b>Nilai</b>
Penting	1
Cukup penting	3
Sangat penting	5
Sangat penting sekali	7
Terpenting	9
Nilai diantara skala diatas	2,4,6,8

3. Berikan tanda silang (x) pada pada kolom sesuai dengan nilai kepentingan berdasarkan skala penilaian pada tabel diatas.

### DATA RESPONDEN

Nama :  
Posisi pekerjaan :  
Lama Bekerja :

RPN	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	RPN
<i>Severity</i>																		<i>Occurrence</i>
<i>Severity</i>																		<i>Detection</i>
<i>Occurrence</i>																		<i>Detection</i>

### PENUTUP

Saya ucapkan terimakasih kepada Bapak/ibu atas waktu yang telah diluangkan untuk mengisi kuisisioner ini. Saya ucapkan mohon maaf jika terdapat kekeliruan dalam penulisan dan kesalahan dalam penyampaian kuisisioner ini.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **LAMPIRAN 2. Kuisisioner penilaian gangguan**

Dengan hormat,

Dalam rangka melengkapi data yang diperlukan untuk penelitian tesis, bersama ini peneliti menyampaikan kuisisioner penelitian mengenai “Model *Modified Failure Mode and Effect Analysis* untuk penentuan prioritas gangguan pada proses produksi”. Adapun hasil dari kuisisioner ini akan digunakan sebagai bahan penyusunan tesis pada program pascasarjana Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Peneliti memahami waktu saudara/i sangatlah terbatas dan berharga, namun peneliti juga berharap kesediaan saudara/i untuk membantu penelitian ini dengan mengisi secara lengkap kuisisioner yang terlampir. Peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kesediaan saudara/i telah meluangkan waktu untuk menjawab semua pertanyaan dalam kuisisioner ini.

Peneliti,

Muqimuddin

## PENDAHULUAN

Kuisisioner ini bertujuan untuk menilai tiap gangguan terhadap 2 elemen RPN yang dipertimbangkan dalam penentuan prioritas gangguan. Adapun elemen RPN yang dimaksud adalah *occurrence*, dan *detection*. berikut pengertian masing-masing kriteria:

1. *Occurrence* (O) yaitu kemungkinan jumlah terjadinya gangguan pada waktu yang akan datang.
2. *Detection* (D) yaitu kemampuan jenis gangguan dideteksi oleh oleh sistem sebelum atau sesudah gangguan itu terjadi.

### SKALA PENILAIAN untuk RPN *occurrence*

Value	Kategori	Dekripsi probabilitas kejadian
10	<i>Failure Almost Inevitable (FI)</i>	Lebih dari 1 kali dari total 2 kejadian
9	<i>Very High (VH)</i>	1 kali dari total 3 kejadian
8	<i>Repeated Failure (RF)</i>	1 kali dari total 8 kejadian
7	<i>High (H)</i>	1 kali dari total 20 kejadian
6	<i>Moderately High (MH)</i>	1 kali dari total 80 kejadian
5	<i>Moderate (M)</i>	1 kali dari total 400 kejadian
4	<i>Relatively Low (RL)</i>	1 kali dari total 2000 kejadian
3	<i>Low (L)</i>	1 kali dari total 15000 kejadian
2	<i>Remote (R)</i>	1 kali dari total 150000 kejadian
1	<i>Nearly Impossible (NI)</i>	1 kali dari total 1500000 kejadian

Lakukanlah penilaian elemen RPN *Occurrence* tiap gangguan menggunakan angka 1-10 sesuai skala penilaian diatas:

Kode	Jenis gangguan	Nilai (O)
M1	Kualitas listrik tidak baik	
M2	Mesin obras breakdown	
M3	Mesin doting terbakar	
M4	Mesin Rajut Breakdown	
M5	Ketidakhadiran pekerja pada proses obras	
M6	Kinerja operator pengepakan menurun	
M7	Kinerja operator obras menurun	
M8	Keterlambatan kehadiran karyawan proses obras	
M9	Keterlambatan kehadiran karyawan pengepakan	
M10	Operator mesin obras berhenti bekerja	



### SKALA PENILAIAN untuk RPN *detection*

Value	Kategori	Dekripsi kemampuan dapat dideteksi
10	<i>Absolute Uncertainty (AU)</i>	Potensi gangguan tidak dapat dideteksi
9	<i>Very Remote (VR)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi sangat kecil
8	<i>Remote (R)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi kecil
7	<i>Very Low (VL)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi sangat rendah
6	<i>Low (L)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi rendah
5	<i>Moderately (M)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi sedang
4	<i>Moderately High (MH)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi sedang tinggi
3	<i>High (H)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi tinggi
2	<i>Very High (VH)</i>	Kemungkinan gangguan dapat dideteksi sangat tinggi
1	<i>Almost Certain (AC)</i>	Potensi terjadinya gangguan secara pasti dapat dideteksi

Lakukanlah penilaian elemen RPN *Detection* tiap gangguan menggunakan angka 1-10 sesuai skala penilaian diatas:

Kode	Jenis gangguan	Nilai (D)
M1	Kualitas listrik tidak baik	
M2	Mesin obras breakdown	
M3	Mesin doting terbakar	
M4	Mesin Rajut Breakdown	
M5	Ketidakhadiran pekerja pada proses obras	
M6	Kinerja operator pengepakan menurun	
M7	Kinerja operator obras menurun	
M8	Keterlambatan kehadiran karyawan proses obras	
M9	Keterlambatan kehadiran karyawan pengepakan	
M10	Operator mesin obras berhenti bekerja	

### PENUTUP

Saya ucapkan terimakasih kepada Bapak/ibu atas waktu yang telah diluangkan untuk mengisi kuisioner ini. Saya ucapkan mohon maaf jika terdapat kekeliruan dalam penulisan dan kesalahan dalam penyampaian kuisioner ini.



## BIODATA PENULIS



Nama Penulis Muqimuddin Lahir di ruangan operasi disebuah rumah sakit Kota Singkawang, Kalimantan Barat 24 tahun yang lalu. Riwayat pendidikan Strata 1 (S1) ditempuh di Universitas Tanjungpura Pontianak pada tahun 2013 di bidang konsentrasi Manajemen Kualiatas dan Manufaktur. Penulis memiliki hobi bermain bulu tangkis, belajar, dan update status di media sosial.

Pada tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan Strata 2 (S2) di Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember di bidang Manajemen Kualitas dan Manufaktur. Penulis memiliki ketertarikan pada bidang Manajemen Risiko dan *Multi Kriteria Descision Making*. Apabila terdapat pertanyaan, kirtik ataupun saran tentang penelitian ini silahkan untuk menghubungi surat elektronik penulis pada [Muqimuddin03@gmail.com](mailto:Muqimuddin03@gmail.com)