

# Integrasi Failure Tracking Matrix (FTM) dan Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) untuk Perbaikan Sistem Perawatan Mesin Pulverizer

Abdurrahman Wahid<sup>1</sup>, Yustina Suhandini Tjahjaningsih<sup>2</sup>, Mustakim<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Industri Universitas Panca Marga Probolinggo

Email: [abdurrahmanwahid216@gmail.com](mailto:abdurrahmanwahid216@gmail.com); [yustina.suhandini@upm.ac.id](mailto:yustina.suhandini@upm.ac.id); [mustakim.takim@gmail.com](mailto:mustakim.takim@gmail.com)

## ABSTRACT

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan prioritas penjadwalan perawatan mesin guna meminimalisir *corrective maintenance* dengan mengintegrasikan 2 metode *Failure Tracking Matrik* (FTM) dan *Failure Modes And Effects Analysis* (FMEA). Perawatan (maintenance) adalah kegiatan pendukung utama yang bertujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi (peralatan) sehingga pada saat dibutuhkan dapat dipakai sesuai dengan kondisi yang diharapkan. Hal ini dapat dicapai antara lain dengan melakukan perencanaan dan penjadwalan tindakan perawatan dengan tetap memperhatikan fungsi pendukungnya dandengan memperhatikan fungsi pendukungnya dan dengan memperhatikan kriteria minimal ongkos untuk mengantisipasi tingkat kerusakan dan mencegah terputusnya kegiatan produksi. Penelitian ini dilaksanakan di PT. PJB UBJ O&M Unit 9 Paiton, Probolinggo. Dalam menentukan strategi perawatan mesin diperlukan informasi tentang penyebab kegagalan (*failure*) proses yang bersumber dari mesin produksi. Terdapat beberapa cara perawatan mesin guna membantu dalam meminimalisir kerusakan dengan mengintegrasikan 2 metode antara lain yaitu *Failure Tracking Matrix* (FTM) bersumber dari ide Wang & Ling. FTM merupakan alat *quality control* yang mampu beradaptasi untuk menyesuaikan perubahan yang sering terjadi dalam proses produksi. Pada penelitian ini dihasilkan desain sistem pemeliharaan terintegrasi untuk mendeteksi kegagalan proses sehingga respon perbaikan mesin dilakukan dengan cepat dan terpantau. Dari hasil analisis didapatkan proporsi *failure* terbesar mesin purverizer adalah pada mesin *bearing lube oil pump* rusak, *oil filter* kotor, dan *hot air damper* macet. Pada analisis FTM pada mesin pulverizer didapatkan 19 *failure mode* (FM) dan 19 *fuctional failure component* (FC). Analisis FMEA memberikan 10 prioritas perbaikan dari RPN yang terbesar pada mode kerusakan cold air damper macet dan yang terendah adalah pada *bearing grinding roller* rusak. Integrasi FTM dan FMEA terbukti dapat diterapkan untuk mendeteksi kegagalan proses yang berlangsung selama produksi berjalan.

**Keywords** : FTM, FMEA, Maintenance

## INTRODUCTION

Sumber daya utama dalam suatu perusahaan secara umum meliputi mean, material, machines. Salah satu hal yang sangat mempengaruhi kelancaran proses produksi adalah kinerja mesin. Mesin merupakan suatu fasilitas yang mutlak diperlukan perusahaan manufaktur dalam berproduksi<sup>[1]</sup>. Dengan menggunakan mesin perusahaan dapat menekan tingkat kegagalan produk dan dapat meningkatkan standar kualitas serta dapat mencapai ketepatan waktu dalam menyelesaikan proses produksinya. Mesin dengan *breakdown* rendah mampu membuat kualitas proses produksi berjalan dengan baik.<sup>[2]</sup> Upaya perusahaan dalam memperpanjang waktu pengoperasian suatu fasilitas industri dan mengurangi kerugian produksi yang diakibatkan oleh rusaknya peralatan dengan menerapkan perawatan mesin yang terencana agar mesin dapat beroperasi secara maksimal, sehingga dapat meminimalisir *breakdown* mesin yang mengakibatkan *downtime* yang terlalu lama, dan meningkatkan efesien produksinya.

Dalam menentukan strategi perawatan mesin diperlukan informasi tentang penyebab kegagalan (*failure*) proses yang bersumber dari mesin produksi. Terdapat beberapa cara perawatan mesin guna membantu dalam meminimalisir kerusakan dengan mengintegrasikan 2 metode antara lain yaitu *Failure Tracking Matrix* (FTM) bersumber dari ide Wang & Ling. FTM merupakan alat *quality control* yang mampu beradaptasi untuk menyesuaikan perubahan yang sering terjadi dalam proses produksi<sup>[3]</sup>. Keunggulan dari metode FTM ini dapat menganalisis sebab kerusakan mesin produksi pada saat proses produksi berlangsung, hal ini dapat mengefektifkan kinerja mesin. Pada penelitian sebelumnya dikembangkan metode *Failure Tracking Matrix* (FTM) bersumber dari ide Wang & Ling dengan model pengendalian kualitas *Defect Tracking Matrix* (DTM) untuk merancang sistem pemeliharaan terintegrasi di perusahaan<sup>[4]</sup>. Pada penelitian ini dihasilkan desain sistem pemeliharaan terintegrasi untuk mendeteksi ke gagalan proses sehingga respon perbaikan mesin dilakukan dengan cepat dan terpantau. Sebelumnya DTM juga telah dipakai untuk mengembangkan model pengendalian kualitas, diintegrasikan dengan QFD dan FMEA di perusahaan dan terbukti mampu membantu

mendeteksi defect yang terjadi<sup>[5]</sup>. *Failure Mode And Effects Analysis* (FMEA) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui potensi penyebab kerusakan pada mesin. FMEA merupakan suatu metode untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengelola resiko secara efektif dalam suatu kegiatan<sup>[6]</sup>. Keunggulan dari metode FMEA ini dapat melakukan identifikasi perawatan mesin yang harus diprioritaskan terlebih dahulu sehingga meminimalisir terjadinya downtime terlalu lama.

PT PJB UBJ O&M PAITON 9 merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pembangkit listrik tenaga uap dengan kapasitas produksi 660 MW, serta memiliki bagian-bagian dalam mesin produksi antara lain Cool Handling, Boiler, dan Turbin. Dalam melakukan perawatan mesin, perusahaan ini menggunakan sistem penjadwalan perawatan yang digunakan yaitu berupa preventive maintenance dan corrective maintenance. Preventive maintenance merupakan perawatan yang dilakukan secara terencana untuk mencegah terjadinya potensi kerusakan, sedangkan corrective maintenance dilakukan setelah terjadi kerusakan, sehingga merupakan bagian dari perawatan yang tidak terencana<sup>[7]</sup>. Meskipun preventive maintenance di PT PJB UBJ O&M PAITON 9 dalam pelaksanaannya semua telah memenuhi target yang diinginkan perusahaan, akan tetapi dari data pada saat survey awal tingkat corrective maintenance masih sering terjadi, hal tersebut dapat diilustrasikan berdasarkan tabel 1.

TABLE I. JUMLAH PEMELIHARAN

Bulan	Preventive Maintenance		Corrective Maintenance	
	Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)
Juni – september	16 kali	45 %	18 kali	65 %

Berdasarkan jumlah pemeliharaan yang terjadi di perusahaan dengan jenis deteksi perawatan *corrective maintenance*, didapatkan hasil sebesar 65%, sedangkan 45% merupakan *preventive maintenance*. Hal ini mengakibatkan perusahaan perlu lebih teliti atau optimal dalam *preventive maintenance* sehingga *corrective maintenance* dapat diminimalisir. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan penjadwalan perawatan mesin guna meminimalisir *corrective maintenance* dengan mengintegrasikan 2 metode *Failure Tracking Matrik (FTM)* dan *Failure Modes And Effects Analysis (FMEA)*.

## METHOD

### *Pemeliharaan (Maintanace)*

Perawatan (maintenance) adalah kegiatan pendukung utama yang bertujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi (peralatan) sehingga pada saat dibutuhkan dapat dipakaisesuai dengan kondisi yang diharapkan. Hal ini dapat dicapai antara lain dengan melakukan perencanaan dan penjadwalan tindakan perawatan dengan tetap memperhatikan fungsi pendukungnya dan dengan memperhatikan kriteria minimal ongkos untuk mengantisipasi tingkat kerusakan dan mencegah terputusnya kegiatan produksi. Proses perawatan bertujuan memfokuskan dalam langkah pencegahan untuk mengurangi atau menghindari kerusakan dari peralatan dengan memastikan tingkat keandalan, tingkat kesiapan, dan meminimalkan biaya perawatan.<sup>[8]</sup>

Pengertian maintanace secara umum yaitu serangkaian aktivitas (baik bersifat teknis dan administrative) yang diperlukan mempertahankan dan menjaga suatu produk atau system tetap berada pada dalam kondisi aman, ekonomis, efisien dan pengoperasian optimal. Aktivitas perawatan sangat diperlukan karena :

- Setiap peralatan punya umur penggunaan (useful life). Suatu saat dapat mengalami kegagalan dan kerusakan.
- Kita dapat mengetahui dengan tepat kapan peralatan akan mengalami kerusakan
- Manusia selalu berusaha untuk meningkatkan umur penggunaan dengan melakukan perawatan (maintenance).

### *Failure Tracking Matrix (FTM)*

Bersumber dari ide Wang & Ling, FTM merupakan alat quality control yang mampu beradaptasi untuk menyesuaikan perubahan yang sering terjadi dalam proses produksi. FTM dikembangkan berdasarkan langkah-langkah pembuatan DTM. FTM digunakan untuk mengetahui sejak awal jenis jenis kegagalan proses pada system pemeliharaan.<sup>[4]</sup>

### *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) merupakan teori umum mengenai pengukuran. Empat macam skala pengukuran yang biasanya digunakan secara berurutan adalah skala nominal, ordinal, interval dan rasio. Skala yang lebih tinggi dapat dikategorikan menjadi skala yang lebih rendah, namun tidak sebaliknya. Pendapatan per bulan yang berskala rasio dapat dikategorikan menjadi tingkat pendapatan yang berskala ordinal atau kategori (tinggi, menengah, rendah)

yang berskala nominal. Sebaliknya jika pada saat dilakukan pengukuran data yang diperoleh adalah kategori atau ordinal, data yang berskala lebih tinggi tidak dapat diperoleh. AHP mengatasi sebagian permasalahan itu.

AHP digunakan untuk menurunkan skala rasio dari beberapa perbandingan berpasangan yang bersifat diskrit maupun kontinu. Perbandingan berpasangan tersebut dapat diperoleh melalui pengukuran aktual maupun pengukuran relatif dari derajat kesukaan, atau kepentingan atau perasaan. Dengan demikian metode ini sangat berguna untuk membantu mendapatkan skala rasio dari hal-hal yang semula sulit diukur seperti pendapat, perasaan, perilaku dan kepercayaan. Metode AHP juga digunakan untuk menentukan prioritas pada sistem pemeliharaan.<sup>[9]</sup>

### **FMEA (Failure Modes and Effect Analysis)**

FMEA (*failure modes and effects analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu. FMEA merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi skala prioritas dalam perawatan mesin dengan mengevaluasi risiko kegagalan yang terjadi pada mesin.<sup>[10,11]</sup>

Penelitian diawali dengan mengambil data dari perusahaan untuk kebutuhan analisis FTM dan proses pemeliharaan, dilanjutkan dengan studi literatur dan studi lapangan untuk menentukan tujuan dari proses perbaikan mesin. Selanjutnya pengumpulan data, data yang akan diteliti meliputi : data mesin beserta komponennya, data breakdown, mesin yang mengalami kerusakan, data downtime, waktu antar kerusakan dan perbaikan, penyebab dan efek kegagalan. Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu FTM dan FMEA dimana FTM berfungsi untuk menyesuaikan perubahan yang sering terjadi di perusahaan. Sedangkan FMEA untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan. Setelah data terkumpul selanjutnya menentukan nilai RPN dengan cara Menentukan Rating Severity (S), Rating Detection (D), dan Rating Occurance (O). Hasil dari nilai RPN berupa perawatan mesin yang harus diprioritaskan atau didahulukan.

### **DISCUSSION**

Pulverizer atau mill adalah alat bantu pada ketel uap dengan bahan bakar batubara yang berfungsi sebagai penggiling batubara kasar agar menjadi halus atau serbuk (*coal finesses*) dengan ukuran 200 mesh masuk keruang bakar (*furnace*) untuk digunakan pada proses pembakaran. Fungsi lain adalah mengeringkan batubara sehingga mudah dihaluskan dan dibakar, mengklasifikasikan atau menyaring batu bara untuk memastikan bahwa batubara yang masuk kedalam boiler benar-benar halus. Batubara yang terlalu kasar (yang tidak bisa digiling) akan keluar melalui sebuah lubang dan ditampung di Pyrite Sistem yang selanjutnya dibuang. Tujuan penghalusan batubara ini adalah agar batubara lebih mudah terbakar sehingga pembakaran sempurna dapat tercapai. Pada PT. PJB UBJ O&M Paiton 9 yang menggunakan bahan bakar utama batubara, sangat dekat hubungannya dengan pengoperasian pulverizer karena alat tersebut termasuk alat yang sangat berperan penting. Pulverizer adalah alat yang dipergunakan untuk menghancurkan/menggiling batu bara menjadi butiran halus (*powder*), kemudian butiran tersebut dihembuskan udara yang bertekanan tinggi dari bagian bawah didalam pulverizer sehingga naik menuju outlet pulverizer dan kemudian menuju ruang bakar bersama udara untuk membakar didalam boiler. Ukuran kehalusan batubara disebut *fineness*. Pulverizer mempunyai tiga buah grinding roller yang terpasang pada posisi tetap. Batubara akan dihaluskan diantara grinding ring yang berputar dengan tiga buah roller yang terpasang tetap. Didalam pulverizer juga terjadi proses pengeringan dan pemisahan batubara dengan benda-benda asing yang terbawa dari proses penambangan atau saat transportasi, sehingga batubara yang akan masuk keruang bakar sudah merupakan batubara yang siap dibakar dengan spesifikasi butiran dan temperatur yang telah ditentukan sesuai desain. Serbuk batubara akan dikeringkan dan ditransportasikan ke *bunner* (*furnace*) dengan menggunakan udara panas yang disebut "Primary Air".

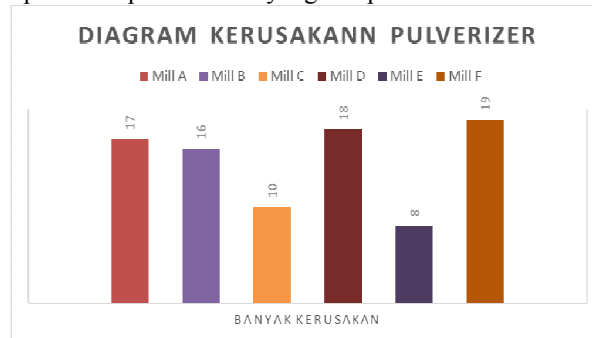


**Gambar 1.** Mesin Pulverizer

Prefixes Pulverizer terdiri dari 8 komponen terbesar yaitu :

1. Motor : penggerak mill berfungsi sebagai penggerak Gerbox Mill.
2. Mill Gearbox : alat yang merubah gerak motor menjadi gerak putar.
3. Hot Air Inlet Mill : saluran masuk udara panas.
4. Grinding Rollers : alat yang berfungsi untuk menghancurkan batubara.
5. Spring : alat yang mengatur clearance grinding.
6. Dynamic Classifier : alat yang menyaring kehalusan batu bara.
7. Coal Inlet Pipe : sisi masuk batubara kasar.
8. Coal Outlet Pipe : sisi keluar batubara halus.

PT. PJB UBJ O&M Paiton Unit 9 memiliki 6 Mill, dimana disetiap mill ditandai dengan huruf abjad A sampai F. Dibawah ini adalah analisis data kerusakan pada setiap mill yang ada pada PT. PJB unit 9.



Gambar 2. Diagram Kerusakan Mesin

Dari diagram di atas dapat disimpulkan bahwa kerusakan terbesar adalah pada mill F, dan urutan keenam untuk kerusakan yang sering terjadi setiap tahun adalah mill E. Oleh karena itu penelitian ini kami fokuskan pada mesin mill F, dimana mesin mill F adalah mesin yang sering terjadi kerusakan atau error pada Bearing Lube Oil Pump Rusak, Oil Filter Kotor, dan Hot Air Damper Macet. Berdasarkan data-data yang didapatkan dilakukan analisis untuk dapat menentukan kebijakan perawatan pada objek terpilih menggunakan metode *Failure Tracking Matrix* (FTM). Adapun Langkah Langkah pembuatan *Failure Tracking Matrix* (FTM) adalah sebagai berikut :

### 1. Menentukan *failure modes* (FM) yang mewakili jenis jenis kegagalan (*failure*) proses manufaktur dan *functional failure/component* (FC).

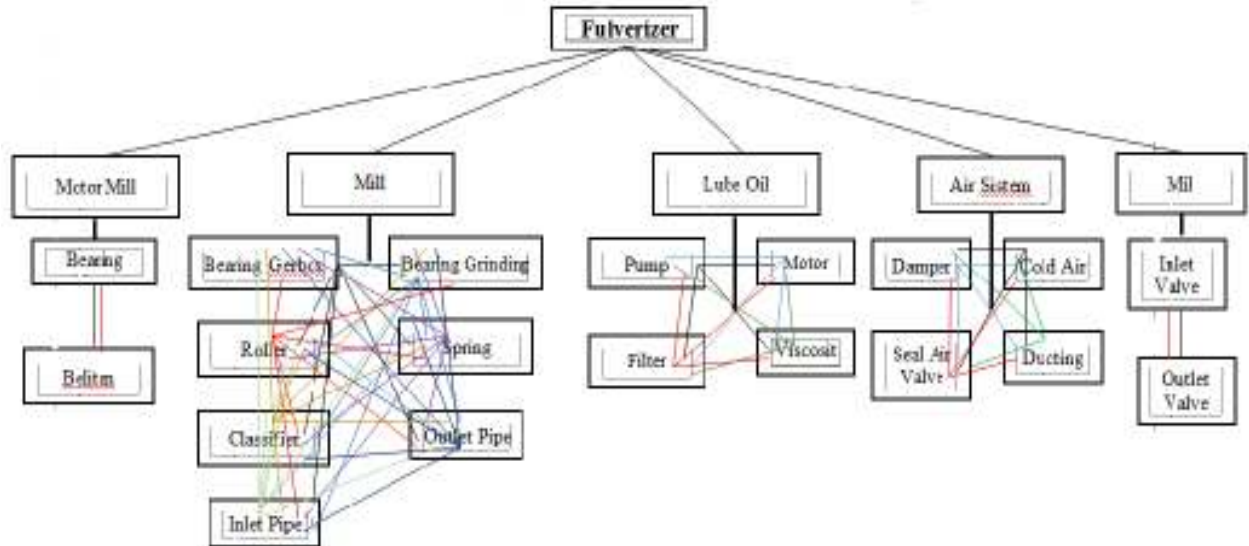
Berdasarkan data *failure modes* yang diperoleh di PT PJB UBJ O&M PAITON 9 dan hasil wawancara terhadap proses operasi bagian *purverizer*, kerusakan yang sering terjadi pada *purverizer* jenis F didapatkan informasi FM dan FC sebagai berikut:

Tabel 2. *Failure Mode* (FM) dan *Functional Failure/component* (FC)

NO	<i>Failure Modes</i>	FMs	<i>Functional Failure/component</i>	FCs
<i>Motor Mill</i>				
1	Bearing Motor Rusak	FM 01	Bearing Motor	FC 01
2	Belitan Motor Terbakar	FM 02	Belitan	FC 02
<i>MILL</i>				
3	Bearing Gerbox Rusak	FM 03	Bearing Gerbox	FC 03
4	Bearing Grinding Roller Rusak	FM 04	Bearing Grinding	FC 04
5	Grindeng Roller Aus	FM 05	Roller	FC 05
6	Spring Lemah	FM 06	Spring	FC 06
7	Classifier Macet	FM 07	Classifier	FC 07
8	Inlet Pipe Bocor	FM 08	Inlet Pipe	FC 08
9	Outlet Pipe Bocor	FM 09	Outlet Pipe	FC 09
<i>Lube Oil</i>				
10	Bearing Lube Oil Pump Rusak	FM 10	Pump	FC 10
11	Motor Lube Oil Terbakar	FM 11	Motor	FC 11
12	Oil Filter Kotor	FM 12	Filter	FC 12
13	Oil Viscosity Rendah	FM 13	Viscosity	FC 13
<i>Air Sistem</i>				
14	Hot Air Damper Macet	FM 14	Damper	FC 14
15	Cold Air Damper Macet	FM 15	Cold Air	FC 15
16	Seal Air Valve Macet	FM 16	Seal Air Valve	FC 16
17	Ducting Bocor	FM 17	Ducting	FC 17
<i>Pyrite Sistem</i>				
18	Inlet Valve Macet	FM 18	Inlet Valve	FC 18
19	Outlet Valve Macet	FM 19	Outlet Valve	FC 19

**2. Membuat relationship matrix, R**

Hasil wawancara dari pengisian kuesioner pada 4 expert yang ditunjuk oleh perusahaan yaitu :Supervisor Quality Control, Supervisor Produksi, Supervisor Maintenance, Koordinator Pekerja Pulverizer untuk membuat relationship matrix, R. langkah awal untuk membuat relationship harus mengetahui hubungan setiap komponen – komponen pada mesin dengan cara membuat diagram AHP seperti pada gambar 3.

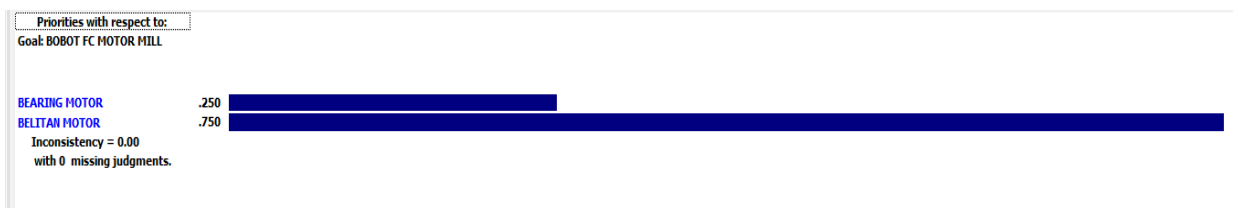


Gambar 3. Diagram Perbandingan AHP

relationship matrix, R yang ditentukan berdasarkan estimasi dari sejauh mana tingkat pengaruh FMs terhadap FCs yang diklasifikasikan dalam 3 level yaitu : strong, medium, dan weak dengan nilai integer 9, 3, 1, 0, -1, -3, -9 didapatkan matrix R sebagai berikut :



Gambar 4. Bobot Motor Mill FMs



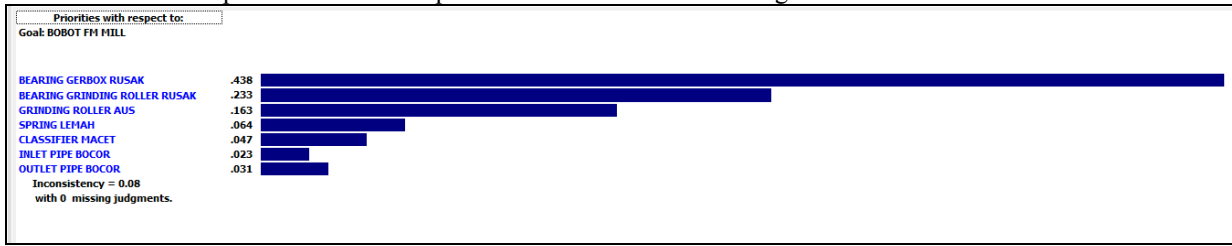
Gambar 5. Bobot Motor Mill FCs

Tabel 3. Hasil Kuesioner Pengaruh FMs terhadap FCs untuk Mesin Motor Mill, dan Koefisien Korelasi FMs dan FCs

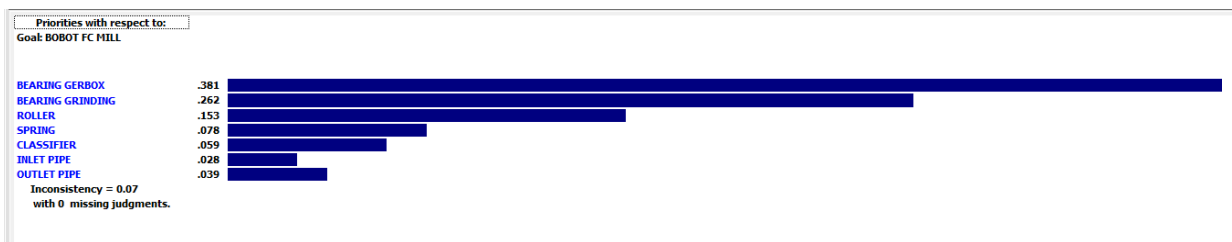
	FC1	FC2	
<b>FMI</b>	-9	0	
<b>FM2</b>	0	-9	
<b>Jumlah</b>	-9	-9	
	<b>FC1</b>	<b>FC2</b>	<b>W(Fm)</b>
<b>FMI</b>	1,00	0,00	0,111
<b>FM2</b>	0,00	1,00	0,889
<b>w(FC)</b>	0,250	0,750	

**3. Menentukan bobot dari FM's dan FC's menggunakan metode AHP.**

Perhitungan Bobot dari FM's, ditentukan berdasar kesulitan dalam perbaikan (maintenance) dan biaya, sedangkan Bobot dari FC's ditentukan oleh keseriusan (severity) failure berpengaruh pada breakdown maintenance yang menimbulkan seberapa besar down time terjadi. Untuk mempermudah perhitungan dan analisis digunakan software expert choice dan didapatkan bobot FM's dan FC's sebagai berikut:



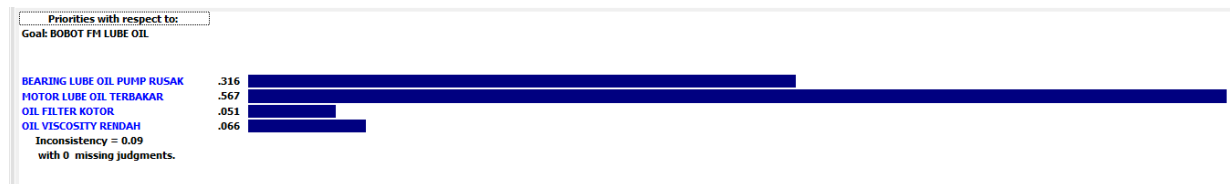
Gambar.6 Bobot Mill FM's



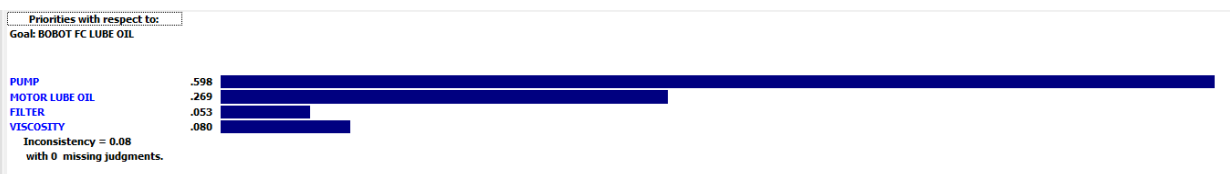
Gambar 7. Bobot Mill FC's

Tabel 4. Pengaruh FM's terhadap FC's dan koefisien korelasi Mill

	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	
FM3	-9	0	0	0	0	0	0	
FM4	0	-9	0	0	0	0	0	
FM5	0	0	-9	0	0	0	0	
FM6	0	0	0	-1	0	0	0	
FM7	0	0	0	0	-1	0	0	
FM8	0	0	0	0	0	-1	0	
FM9	0	0	0	0	0	-1	-1	
Jumlah	-9	-9	-9	-1	-1	-2	-1	
	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	w (FM)
FM3	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,438
FM4	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,233
FM5	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,163
FM6	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,064
FM7	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,047
FM8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,023
FM9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,031
w (FC)	<b>0,381</b>	<b>0,262</b>	<b>0,153</b>	<b>0,078</b>	<b>0,659</b>	<b>0,028</b>	<b>0,039</b>	



Gambar 8. Bobot Lube Oil FMs



Gambar 9 Bobot Lube Oil FCs

Tabel 5. Pengaruh FMs terhadap FCs dan koefisien korelasi *Lube Oil*

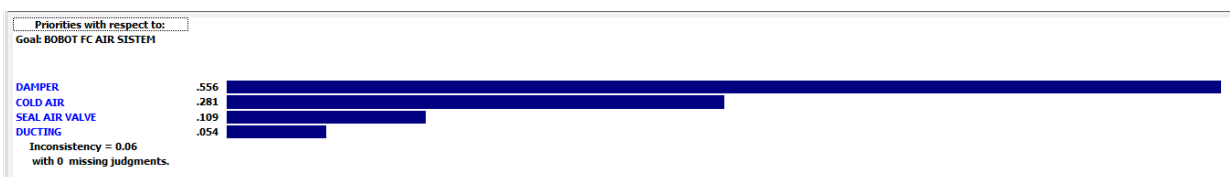
	FC10	FC11	FC12	FC13
FM10	-9	-3	0	0
FM11	-3	-9	0	0
FM12	-1	-1	-3	0
FM13	0	0	0	-9
<b>Jumlah</b>	-13	-13	-3	-9

	FC10	FC11	FC12	FC13	w (FM)
FM10	0,69	0,23	0,00	0,00	0,316
FM11	0,23	0,69	0,00	0,00	0,567
FM12	0,08	0,08	1,00	0,00	0,051
FM13	0,00	0,00	0,00	1,00	0,066
<b>w (FC)</b>	0,598	0,269	0,053	0,080	



Gambar 4.10 Bobot Air Sistem FMs



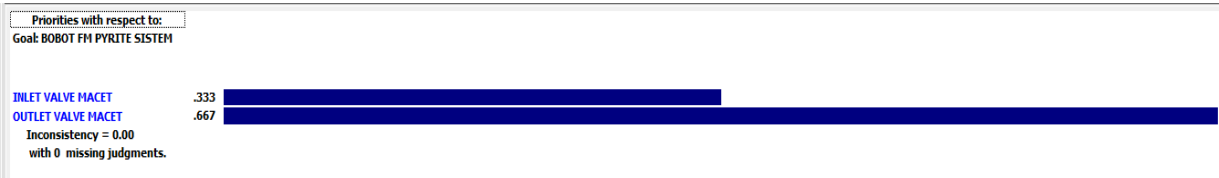
Gambar 11 Bobot Air Sistem FCs

Tabel 6. Pengaruh FMs terhadap FCs dan koefisien korelasi *Air Sistem*

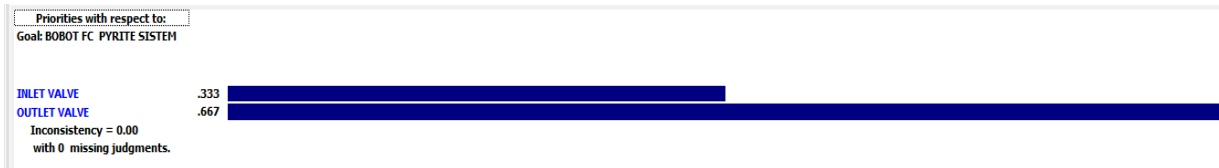
	FC14	FC15	FC16	FC17
FM14	-3	0	0	0
FM15	0	-3	0	0
FM16	0	0	-3	0
FM17	-1	-1	0	-9
<b>Jumlah</b>	-4	-4	-3	-9

	FC14	FC15	FC16	FC17	w (FM)
FM14	0.75	0,00	0,00	0,00	0,296
FM15	0,00	0.75	0,00	0,00	0,590
FM16	0,00	0,00	1,00	0,00	0,045
FM17	0.25	0.25	0,00	1,00	0,068
<b>w (FC)</b>	0,556	0,281	0,109	0,054	



Gambar 12. Bobot *Pyrite Sistem* FMs



Gambar 13. Bobot *Pyrite Sistem* FCs

Tabel 7. Pengaruh FMs terhadap FCs dan koefisien korelasi *Pyrite Sistem*

	FC18	FC19
FM18	-3	-1
FM19	-1	-3
<b>Jumlah</b>	-4	-4

	FC18	FC19	w (FM)
FM18	0.75	0.25	0,333
FM19	0.25	0.75	0,667
<b>w (FC)</b>	0,333	0,667	

4. Membuat matrik korelasi, S.

Korelasi matrik atap FC(s) masing masing mesin dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^m [R_{ix} \cdot w(TA_i) \cdot (R_{iy} \cdot w(FM_i))]$$



$$= \sum_{i=1}^m R_{ix} \cdot R_{iy} \cdot w^2(FM_i), \quad x, y = 1, 2, \dots, n, x \neq y \quad S = [S_{xy}]$$

Hubungan antara  $FC_x$  bertentangan (*conflicting*) ketika  $S_{xy} \leq 0$  dan *cooperative* ketika  $S_{xy} \geq 0$ . Matrik korelasi  $S$  juga menggambarkan kekuatan dari hubungan berdasar nilai absolut dari  $S_{xy}$ .

	FC1	FC2	w (Fm)
FM1	-9	0	0,111
FM2	0	-9	0,889
w (FC)	0,250	0,750	

Gambar 14. FTM Motor Mil

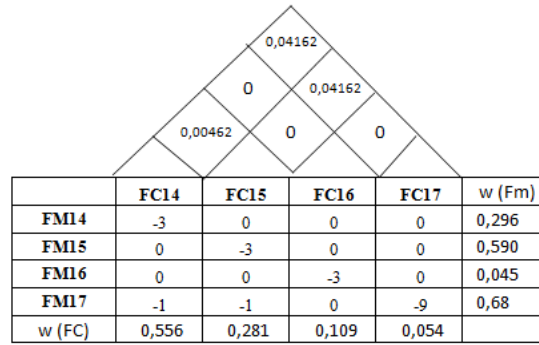
Dari gambar diatas nilai hasil kuisisioner FM1-FC1 adalah -9 dan nilai FM1-FC2 adalah 0, sehingga untuk mencari nilai korelasi yaitu  $-9 \cdot 0 \cdot (0,111^2) = 0$ . Sedangkan nilai FM2-FC1 adalah 0 dan nilai FM2-FC2 adalah -9 sehingga nilai korelasi yaitu  $0 \cdot -9 \cdot (0,889^2) = 0$ . Hasil hubungan korelasi FC1 dan FC2 adalah  $0 + 0 = 0$ .

	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	w (Fm)
FM3	-9	0	0	0	0	0	0	0,438
FM4	0	-9	0	0	0	0	0	0,233
FM5	0	0	-9	0	0	0	0	0,016
FM6	0	0	0	-1	0	0	0	0,064
FM7	0	0	0	0	-1	0	0	0,047
FM8	0	0	0	0	0	-1	0	0,023
FM9	0	0	0	0	0	0	-1	0,031
w (FC)	0,381	0,153	0,153	0,078	0,059	0,028	0,039	

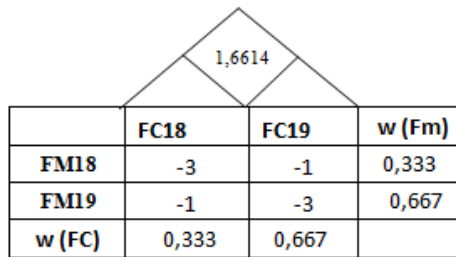
Gambar 15. FTM Mill

	FC10	FC11	FC12	FC13	w (Fm)
FM10	-9	-3	0	0	0,316
FM11	-3	-9	0	0	0,567
FM12	-1	-1	-3	0	0,051
FM13	0	0	0	-9	0,066
w (FC)	0,598	0,269	0,053	0,080	

Gambar 16. FTM Lube Oil



Gambar 17. FTM Air Sistem



Gambar 18. FTM Pyrite Sistem

**Pengolahan Data FMEA**

Untuk mencegah terjadinya modus kegagalan proses terulang kembali, dilakukan analisis FMEA, dimana data masukan dari FMEA berupa identifikasi kegagalan potensial didapatkan dari tabel FTM. Selanjutnya dicari nilai *severity(S)*, *occurrence(O)*, dan *detection(D)* berdasar hasil kuesioner ke para expert di perusahaan. Untuk menentukan prioritas perbaikan dihitung nilai RPN yang merupakan perkalian dari nilai  $S \times O \times D$ .

Tabel 8. Mode Kegagalan Potensial Mesin

No	Proses Permesinan	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
1	<i>Motor Mill</i>	Bering Motor Rusak	mesin Berhenti berkerja	9	1	8	72
		belitan Motor terbakar	mesin Tidak Berfungsi	8	1	7	56
		bering Gerbox Rusak	mesin Berhenti berkerja	8	4	4	128
		Bering Grinding Roller Rusak	mesin Tidak Berfungsi dan Proses terhenti	5	7	6	210
		Grindeng Roller Aus	ukuran material tidak sesuai spesifikasi (pyrite banyak dan besar-besar	5	3	10	150
2	<i>MILL</i>	Spring Lemah	Clearance tidak bisa diatur	3	3	6	54
		classifier macet	tidak bisa dilakukan pengaturan finnes batu bara	5	7	6	210
		inlet pipe Bocor	batu bara keluar mencemari lingkungan	8	7	4	224
		outlet Pipe Bocor	batu bara keluar mencemari lingkungan	8	7	4	224
		Bering Lube Oil Pump Rusak	mesin Berhenti dan proses tidak bisa berlanjut	9	6	5	270
3	<i>Lube Oil</i>	Motor Lube Oil Terbakar	mill tidak bisa beroperasi	9	4	7	252
		Oil Filter Kotor	Pelumasan Berkurang	6	5	8	240
		Oil Viscosity Rendah	pelumasan kurang optimal	3	5	3	45
		Hot Air Damper Macet	Flow Udara tidak bisa diatur	9	7	5	315
4	<i>Air Sistem</i>	Cold Air Damper Macet	outlet mill temperatur tidak bisa diatur	7	9	6	378
		Seal Air Valve macet	seal air tidak bisa di operasikan	5	3	4	60
		Ducting Bocor	losse Udara primer	6	2	4	48
5	<i>Pyrite Sistem</i>	Inlet Valve Macet	kotoran trill tidak bisa terbuang dengan sempurna	6	8	6	288
		Outlet Valve Macet	kotoran trill tidak bisa terbuang dengan sempurna	6	7	6	252

Dari analisis FMEA seperti yang terlihat pada tabel 9, ditentukan 10 prioritas perbaikan sesuai urutan tertinggi RPN, sebagai berikut :

**Tabel 9** Sepuluh Prioritas Perbaikan Sesuai Urutan Tertinggi RPN

No	FUNGSI PROSES	FAILURE MODE	S	O	D	RPN
1	Cold Air Damper Macet	Outlet mill temperatur tidak bisa diatur	7	9	6	378
2	Hot Air Damper Macet	Flow Udara tidak bisa diatur	9	7	5	315
3	Inlet Valve Macet	Kotoran trill tidak bisa terbuang dengan sempurna	6	8	6	288
4	Bering Lube Oil Pump Rusak	Mesin Berhenti dan proses tidak bisa berlanjut	9	6	5	270
5	Motor Lube Oil Terbakar	Mill tidak bisa beroperasi	9	4	7	252
6	Outlet Valve Macet	Kotoran trill tidak bisa terbuang dengan sempurna	6	7	6	252
7	Oil Filter Kotor	Pelumasan berkurang	6	5	8	240
8	Inlet Pipe Bocor	Batu bara keluar mencemari lingkungan	8	7	4	224
9	Outlet Pipe Bocor	Batu bara keluar mencemari lingkungan	8	7	4	224
10	Bering Grinding Roller Rusak	Mesin Tidak Berfungsi dan Proses terhenti	5	7	6	210

Berdasarkan nilai RPN (*Risk Priority Number*) dan tingkat prioritas pada masing-masing mode kegagalan diusulkan tindakan rekomendasi untuk meminimalisasi mode kegagalan atau melakukan tindakan pencegahan agar tidak terjadi dimasa yang akan datang. Rekomendasi perbaikan dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Tindakan Rekomendasi

No	FUNGSI PROSES	FAILURE MODE	TINDAKAN REKOMENDASI
1	Cold Air Damper Macet	Outlet mill temperatur tidak bisa diatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan akukan pengecekan secara berkala</li> <li>Bersihkan sampah – sampah ketika overhol</li> </ul>
2	Hot Air Damper Macet	Flow Udara tidak bisa diatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan pelumasan secara berkala pada tierod damper</li> <li>Melakukan internal cek bila kondisi unit overhol</li> </ul>
3	Inlet Valve Macet	Kotoran trill tidak bisa terbuang dengan sempurna	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan cek secara berkala pergerakan valve</li> <li>Pastikan udara pergerak valve normal</li> </ul>
4	Bering Lube Oil Pump Rusak	Mesin Berhenti dan proses tidak bisa berlanjut	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan pergantian bearing sesuai spesifikasi</li> <li>Melakukan alignment pada poros – poros secara tepat</li> </ul>
5	Motor Lube Oil Terbakar	Mill tidak bisa beroperasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menjaga motor dari beban yang lebih</li> <li>Melakukan pemasangan proteksi pada motor secara tepat</li> </ul>
6	Outlet Valve Macet	Kotoran trill tidak bisa terbuang dengan sempurna	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan cek secara berkala pergerakan valve</li> <li>Pastikan udara pergerak valve normal</li> </ul>
7	Oil Filter Kotor	Pelumasan berkurang	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan pembersihan oil filter secara berkala</li> <li>Melakukan pergantian oil filter bila sudah jelek atau rusak</li> <li>Gunakan oil filter sesuai spesifikasi</li> <li>Lindungi tangki oil dari kontaminasi udara dari luar</li> </ul>
8	Inlet Pipe Bocor	Batu bara keluar mencemari lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan penambalan secara cepat</li> <li>Melakukan pengencangan pada baut flange bila ada yang kendur</li> <li>Inveksi secara berkala kepada inlet pipe</li> </ul>
9	Outlet Pipe Bocor	Batu bara keluar mencemari lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan penambalan secara cepat</li> <li>Melakukan pengencangan pada baut flange bila ada yang kendur</li> <li>Inveksi secara berkala kepada outlet pipe</li> </ul>
10	Bering Grinding Roller Rusak	Mesin Tidak Berfungsi dan Proses terhenti	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan pergantian bearing secara tepat</li> <li>Menjaga minyak pelumas jangan sampai terkontaminasi air</li> <li>Melakukan pergantian minyak pelumas secara periodic</li> </ul>

## CONCLUSION

Kesimpulan yang bisa diambil pada penelitian ini adalah proporsi *failure* terbesar mesin purverizer adalah pada mesin *Bearing Lube Oil Pump* Rusak, *Oil Filter* kotor, dan *Hot Air Damper* macet, analisa FTM pada mesin *pulverizer* didapatkan 19 Failure Mode (FM) dan 19 *fuctional failure component* (FC), analisis FMEA memberikan 10 prioritas perbaikan dari RPN yang terbesar pada mode kerusakan *Cold Air Damper* macet dan yang terendah adalah pada *Bearing Grinding Roller* rusak. Integrasi FTM dan FMEA terbukti dapat diterapkan untuk mendeteksi kegagalan proses yang berlangsung selama produksi berjalan.

## REFERENCES

- [1] Assauri, Sofyan (2004). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta : lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- [2] Supriyadi., dkk. 2017. *Analisis Total Produktive Maintenance Dengan Metode Overall Equipment Efectiveness Dan Fuzzy Failure Mode And Effects Analysis*. Sinergi Vol. 21, No.3, Oktober 2017: 165-172.
- [3] Wang, H., Ling, Z. (2007), "*Defect Tracking Matrix For Mass Customization Production Based On Quality*", International Journal Flexibility Manufacturing System , Vol. 19; 666-684.
- [4] Tjahjaningsih, Yustina Suhandini., dkk. 2019. *Failure Tracking Matrik (FTM) Berbasis House Of Quality Untuk Merancang Sistem Pemeliharaan Terintegrasi Pada Devisi Particle Board*. Prosiding Inovasi dan Aplikasi Teknologi berkelanjutan di Era Revolusi Industri 4.0 vol 5. No. 4. ISSN. 2085-4218.
- [5] Tjahjaningsih, Yustina Suhandini., dkk. 2012. *Pengembangan Model Pengendalian Kualitas Pada Sistem Mass Customization Dengan Mengintegrasikan QFD,DTM*. Prosiding Simposium Nasional RAPI XI FT UMS - 2012 ISSN : 1412-9612, I-133 s/d I-140.
- [6] Hayati., Reza Abroshan (2017). *Risk Assessment Using Fuzzy FMEA (Case Study: Tehran Subway Tunneling Operations)*. Indian Jurnal Of Science and Technology.
- [7] Kurnia, Rizky., dkk. 2017. *Usulan Penjadwalan Preventive Maitenance Pada Komponen Kritis Mesin Stone Crusher Menggunakan Model Age Replacement*. Jurnal Teknik Industri Vol. 5 No. 3, November 2017.
- [8] Ansori,Nachnul. dan Mustajib,M.Imron. (2013). *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance System)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [9] Vanessa Sushera, M. Arif Rohman, Anak Agung Gde Kartika.2018. *Analisis Prioritas Pemeliharaan Jalan Kabupaten Karanganyar dengan Metode AHP*.Jurnal Transportasi, Sistem, Material dan Infastruktur Vo. 1 No. 2.e-ISSN:2622-6847.
- [10] Rizky Ilmal Yaqin, Zamri, Juniawan Preston Siahaan, Yuniar Endri Priharanto, M. Subroto Alirejo, Mega Lazuardi Umar. 2020. *Pendekatan FMEA dalam analisis Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus KM Sidomulyo*.Jurnal Rekayasa Sistem Industri vo. 9. No. 3. ISSN: 2339-1499(online)-ISSN: 0216-1036 (print).
- [11] Rahmadiano, F., Susanto, E. E., & Gerald, A. P. ANALYSIS OF MACHINE MECHANICAL VARIABLES ON GEOMETRY WEAR TEST OF HSS TOOLS TYPE M2 HRC-66 USING THE TAGUCHI METHOD.