

**ANALISA PENYEBAB KERUSAKAN MESIN SIZING BABA SANGYO KIKAI  
DENGAN METODE FMEA DAN LTA  
(STUDI KASUS DI PT PRIMATEXCO INDONESIA)**

**Hafidh Munawir, Dani Yunanto**  
**Jurusan Teknik Industri UMS**  
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta  
Telp. (0271) 717417 ext 237  
[hafidh2001@yahoo.com](mailto:hafidh2001@yahoo.com), [munawir\\_hafidh@ums.ac.id](mailto:munawir_hafidh@ums.ac.id)

**Abstrak**

*PT. Primatexco Indonesia merupakan suatu perusahaan tekstil yang memproduksi kain mori untuk bahan baku batik dengan menggunakan beberapa mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab kerusakan mesin dan usulan perbaikan terhadap kerusakan pada mesin Sizing 1 Baba Sangyo Kikai. Metode yang digunakan adalah FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dan LTA (logic Tree analysis). Dari hasil penelitian diketahui penyebab kerusakan mesin Sizing Baba Sangyo Kikai PT Primatexco Indonesia yaitu : Penjadwalan penggantian bearing braket yang tidak berskala sehingga menyebabkan bearing brake pully ambrol, Kurangnya pemberian pelumas dan kurangnya pembersihan rutin pada bearing sehingga berakibat keausan bearing pada size box, Beban pada mesin sizing yang melakukan proses produksi terus menerus demi mengejar target pesanan sehingga mengakibatkan bottom roll ambrol, Kurangnya servis (perbaikan) maupun pengecekan pada main motor sehingga menyebabkan shaft pully motor mengalami kerusakan. Dari hasil analisa menggunakan Logic Tree Analysis (LTA) dapat diketahui bahwa Bearing braket pully ambrol, Bearing aus, Bottom roll ambrol (bearing dan seal), Shaft pully motor, Bearing dan v-belt aus masuk dalam kategori B yaitu mempunyai konsekuensi terhadap operasional plant ( mempengaruhi kuantitas dan kualitas output) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan. Usulan perbaikan yang perlu dilakukan perusahaan yaitu : Sebaiknya dalam melakukan pekerjaan, operatornya sudah melakukan SOP dengan baik dan benar, Melakukan penjadwalan penggantian pada semua komponen terutama pada komponen yang sering mengalami keausan, Sebaiknya melakukan perawatan rutin tiap minggu atau pun tiap 1 bulan sekali, Penyediaan sparepart/ komponen yang sering mengalami penggantian, Sebaiknya operator juga diberi pengarahan bagaimana menggunakan mesin agar tidak cepat mengalami kerusakan, Memprioritaskan pekerjaan perbaikan/pengantian komponen apabila terjadi kerusakan sesuai dengan rating tertinggi nilai Risk Priority Number (RPN).*

**Kata Kunci : FMEA, Sizing 1 Baba Sangyo Kikai, LTA.**

## 1. PENDAHULUAN

PT. Primatexco Indonesia merupakan suatu perusahaan tekstil yang memproduksi kain mori untuk bahan baku batik. Perusahaan melakukan produksi untuk memenuhi kebutuhan permintaan didalam atau diluar negeri dengan menggunakan beberapa mesin diantaranya mesin Sizing 1 Baba Sangyo Kikai. Jika mesin ini rusak, maka aliran produksinya akan terganggu. Untuk mengetahui penyebab mesin mengalami kerusakan serta mengetahui kegagalan yang paling berpengaruh pada mesin, maka digunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), sedangkan untuk mengetahui katogori failure mode terhadap langkah perbaikan yang harus segera dilakukan serta arah tindakan yang harus dipilih untuk mengatasi failure mode digunakan LTA (*Logic Tree analysis*).

FMEA merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam mode kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen komponen dan menganalisis pengaruh-pengaruhnya terhadap keandalan sistem tersebut. Dengan penelusuran pengaruh-pengaruh kegagalan komponen sesuai dengan *level* sistem, item-item khusus yang kritis dapat dinilai dan tindakan-tindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki desain dan mengeliminasi atau mereduksi probabilitas dari mode-mode kegagalan yang kritis.

Dalam menggunakan analisa ini pnggunaan FMEA sebagai tool untuk mencari sebab akibat dan solusi untuk memecahkan masalah dalam maningkatkan *performance* dari suatu peralatan dalam

rangka menjaga kelanjutan dari proses produksi mesin *Maschtroj* . Dan dalam proses FMEA dalam garis besarnya ada tiga fase yang harus dilalui, diantaranya yaitu:

1. Identifikasi kegagalan sebab akibat
2. Analisa evaluasi prioritas resiko
3. Tindakan redesain sistem, proses, modifikasi SOP dan sebagainya.

Adapun keuntungan penggunaan Metode FMEA ini dalam suatu perusahaan sebagai berikut :

1. Meningkatkan kualitas, kehandalan dan keamanan produk
2. Membantu meningkatkan kepuasan customer (internal dan eksternal)
3. Mendokumentasi dan melacak tindakan yang diambil untuk mengurangi resiko

Dalam pelaksanaan FMEA pada dasarnya mempunyai beberapa langkah yang bisa diikuti untuk mendapatkan hasil. Adapun langkah-langkah FMEA yaitu mengidentifikasi potensial-potensial yang ada yaitu: potensial kegagalan, potensial efek dari *failure modes*, potensial penyebab dari *failure modes* dan evaluasi kontrol yang ada atau verifikasi desain. Langkah selanjutnya adalah menentukan tingkat keparahan, tingkat keseringan terjadi dan tingkat bisa di deteksi atau tidaknya dan selanjutnya akan diteruskan dengan menghitung *Risk Priority Number* untuk menentukan langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan.(Risnanto, 2010). Dalam FMEA, dapat dilakukan perhitungan RPN untuk menentukan tingkat kegagalan tertinggi. *Risk Priority Number* (RPN) merupakan hubungan antara tiga buah variabel yaitu *Severity* (Keparahan), *Occurrence* (Frekuensi Kejadian), *Detection* (Deteksi Kegagalan) yang menunjukkan tingkat resiko yang mengarah pada tindakan perbaikan.

Penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA) memiliki tujuan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dan fungsi, kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. Prioritas suatu mode kerusakan dapat diketahui dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang telah disediakan dalam LTA ini. Analisis kekritisan menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori. Empat hal yang penting dalam analisis kekritisan yaitu sebagai berikut:

- a. *Evident*, yaitu apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem?
- b. *Safety*, yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
- c. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti?
- d. *Category*, yaitu pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Pada bagian ini komponen terbagi dalam 4 kategori, yakni:
  1. Kategori A (*Safety problem*) jika *failure mode* mempunyai konsekuensi *safety* terhadap personel maupun lingkungan.
  2. Kategori B (*Outage problem*) jika *failure mode* mempunyai konsekuensi terhadap operasional *plant* (mempengaruhi kuantitas ataupun kualitas *output*) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan.
  3. Kategori C (*Economic problem*) , jika *failure mode* tidak berdampak pada *safety* maupun operasional *plant* dan hanya menyebabkan kerugian ekonomi yang relatif kecil untuk perbaikan.
  4. Kategori D (*Hidden failure*) jika *failure mode* tergolong sebagai *hidden failure*, yang kemudian digolongkan lagi ke dalam kategori D/A, kategori D/B, dan kategori D/C. (Tahril, 2008)

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian di lakukan di mesin Sizing 1 Baba Sangyo Kikai PT. Primatexco Indonesia. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data tentang penyebab kerusakan, frequency of occurrence, degree of severity, dan change of detection. Data-data tersebut diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung, wawancara, dan data sekunder yang ada di perusahaan. Langkah-langkah didalam penelitian ini yaitu :

- a. Menghitung Nilai *Risk Priority Number* (RPN), dimana RPN merupakan perkalian antara nilai *occurrence*, *severity* dan *detection* masing-masing *failure mode*.
- b. Menentukan urutan nilai RPN dari yang tertinggi hingga yang paling rendah. Nilai RPN tertinggi dapat diartikan bahwa komponen tersebut membutuhkan penanganan yang segera apabila *failure mode* terjadi.

- c. menentukan prioritas *failure mode* yang akan dilakukan perbaikan. Cara yang digunakan untuk menentukan prioritas tersebut yaitu menggunakan diagram pareto.
- d. Menentukan kategori dari LTA
- e. Memberikan usulan perbaikan

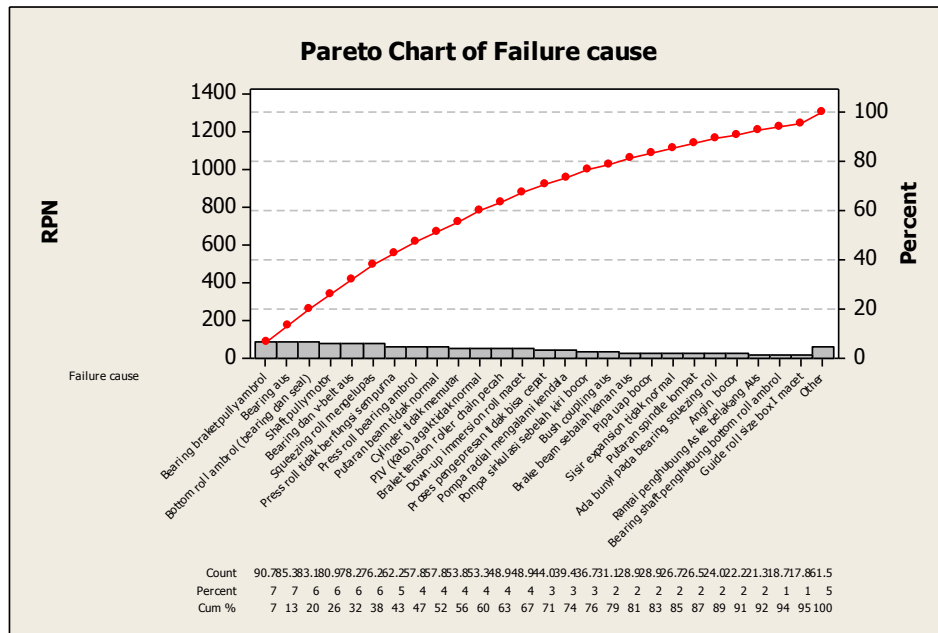
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai *Risk Priority Number* (RPN) merupakan perkalian antara nilai *occurance*, *severity* dan *detection* masing-masing *failure mode*. Kemudian nilai dari RPN yang telah diketahui diurutkan berdasarkan nilai tertinggi hingga yang paling rendah. Nilai RPN tertinggi dapat diartikan bahwa komponen tersebut membutuhkan penanganan yang segera apabila *failure mode* terjadi. Nilai RPN dapat dilihat ditabel 1.

**Tabel 1 Hasil Pengisian variabel FMEA dan Perhitungan RPN**

No	Failure Mode	Failure Cause	Frequency Of Occurance	Degree Of Severity	Change Of Detection	RPN	RANK
1	Cavity box	Pompa radial mengalami kendala	4.7	1.3	6.3	39.4	15
		Cavity box harus ganti filter	2.3	1.3	5.3	16.6	27
		Pompa sirkulasi sebelah kiri bocor	3.7	1.7	6.0	36.7	16
2	Deviding rod	bearing dan v-belt aus	5.3	3.7	4.0	78.2	5
		bearing braket pully ambrol	5.7	4.0	4.0	90.7	1
3	Size box	Proses pengepresan tidak bisa cepat	3.0	3.7	4.0	44.0	14
		squeezing roll mengelupas	5.7	3.7	3.7	76.2	6
		ada bunyi pada bearing 298squeezing roll	3.0	2.0	4.0	24.0	22
		Bottom roll ambrol (bearing dan seal)	5.7	3.7	4.0	83.1	3
		Bearing aus	5.3	4.0	4.0	85.3	2
		down-up immersion roll macet	3.3	3.7	4.0	48.9	12
		guide roll size box I macet	2.7	1.7	4.0	17.8	26
4	Take – up	putaran spindle lompat	4.3	1.7	3.7	26.5	21
		braket tension roller chain pecah	4.0	3.7	3.3	48.9	13
5	Cylinder dryer	Pipa uap bocor	3.3	2.0	4.3	28.9	18
		Cylinder tidak memutar	4.0	3.7	3.7	53.8	10
6	PIV	putaran beam tidak normal	4.3	3.3	4.0	57.8	8
		PIV (Kato) agak tidak normal	4.0	3.3	4.0	53.3	11
7	Beam Stand	brake beam sebelah kanan aus	4.0	1.7	4.3	28.9	19
		Angin bocor	3.3	2.0	3.3	22.2	23
8	Main Motor	shaft pully motor	4.7	4.0	4.3	80.9	4
9	Press roll	Press roll tidak berfungsi sempurna	4.7	3.3	4.0	62.2	7
		press roll bearing ambrol	4.3	3.3	4.0	57.8	9
10	Side Shaft	Rantai penghubung As ke belakang Aus	2.7	2.0	4.0	21.3	24
		bearing shaft penghubung bottom roll ambrol	2.3	2.0	4.0	18.7	25
11	Spindle	putaran spindle lompat-lompat	2.0	2.0	4.0	16.0	28
		Open close Spindle tidak bisa buka	2.0	2.0	3.3	13.3	30
12	Rotary joint	Rotary bocor	1.7	2.3	4.0	15.6	29
13	Coupling	bush coupling aus	4.7	1.7	4.0	31.1	17
14	Sisir Expansion	sisir expansion tidak normal	4.0	1.7	4.0	26.7	20
Jumlah			114.7	80.0	123.7		
Rata-Rata			3.8	2.7	4.1		

Setelah mendapatkan nilai dari *ranking* variabel FMEA dan nilai dari perhitungan RPN. Langkah selanjutnya adalah menentukan prioritas *failure mode* yang akan dilakukan perbaikan. Cara yang digunakan untuk menentukan prioritas tersebut yaitu menggunakan diagram pareto. Berikut diagram pareto dari nilai RPN dan *failure cause* FMEA.



Gambar 1 Diagram analisis menggunakan diagram pareto

Berdasarkan hasil analisa menggunakan diagram pareto dapat diketahui beberapa *failure mode* yang diprioritaskan untuk dilakukan analisa menggunakan *Logic Tree Analysis*. *Failure mode* yang dianalisa adalah mode kerusakan yang memiliki tingkat RPN hingga mencapai 75% kumulatif. Artinya 75% adalah mode kerusakan yang paling besar pengaruhnya terhadap dampak yang ditimbulkan pada mesin Sizing 1 Baba Sangyo Kikai di PT Primatexco Indonesia pada bagian *Maintenance Weaving Preparation*. Akan tetapi bukan berarti *failure mode* yang lain tidak perlu dianalisa.

Dari hasil analisa dengan diagram pareto, dapat diketahui bahwa *failure mode* yang harus diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan yaitu : Bearing braket pully ambrol, Bearing aus, Bottom roll ambrol (bearing dan seal), Shaft pully motor, Bearing dan v-belt aus, Squeezing roll mengelupas, Press roll tidak berfungsi sempurna, Press roll bearing ambrol, Putaran beam tidak normal, Cylinder tidak memutar, PIV (Kato) agak tidak normal, Braket tension roller chain pecah, dan Down-up immersion roll macet.

Untuk mengetahui katogori *failure mode* terhadap langkah perbaikan yang harus segera dilakukan serta arah tindakan yang harus dipilih untuk mengatasi *failure mode* maka digunakan *Logic Tree Analysis* (LTA). Berikut ini analisa LTA yang didapatkan dalam penelitian ini, dimana keterangan tersebut di-breakdown kedalam masing-masing jenis kerusakan pada mesin *Sizing Baba Sangyo Kikai* :

Tabel 2 Hasil Analisa Menggunakan LTA

Hasil analisa menggunakan L T A						
No	Functional Failure	Failure Mode	Efident	Safety	Outage	Catagori
1	Deviding rod	Bearing braket pully ambrol	ya	Tidak	ya	B
2	Size box	Bearing aus	ya	Tidak	ya	B
3	Size box	Bottom roll ambrol (bearing dan seal)	ya	Tidak	ya	B
4	Main Motor	Shaft pully motor	ya	Tidak	ya	B
5	Deviding rod	Bearing dan v-belt aus	ya	Tidak	ya	B
6	Size box	Squeezing roll mengelupas	ya	Tidak	ya	B
7	Press roll	Press roll tidak berfungsi sempurna	ya	Tidak	tidak	C
8	Press roll	Press roll bearing ambrol	ya	tidak	ya	B
9	PIV	Putaran beam tidak normal	ya	tidak	tidak	C
10	Cylinder dryer	Cylinder tidak memutar	ya	tidak	ya	B
11	PIV	PIV (Kato) agak tidak normal	Ya	tidak	tidak	C

12	Take-up	Braket tension roller chain pecah	Ya	tidak	ya	B
13	Size box	Down-up immersion roll macet	Ya	tidak	ya	B

Dari hasil analisa di atas dapat diketahui bahwa kerusakan yang ada pada bearing dikarenakan masa pakai melampaui batas, kurang pemberian oli, kurang kebersihan setelah pemakaian dan terjadi banyak karat. Dari hal tersebut sebaiknya dilakukan suatu perbaikan untuk penjadwalan penggantian komponen bearing tersebut, pengecekan pada tiap subgroup mesin sizing baba sangyo kikai, pembersihan yang dilakukan tiap hari dan pemberian oli yang berskala agar tidak terjadi karat. Hal-hal tersebut sebaiknya dilakukan oleh karyawan bagian maintenance khususnya maintenance mesin sizing agar tidak terjadi banyak kerusakan mesin yang mengganggu jalanya proses produksi.

Tidak hanya karyawan bagian maintenance saja yang melakukan perawatan tersebut namun bagi operator produksi sebaiknya juga ikut menjaga mesin-mesin yang mereka jalankan dengan berpedoman pada SOP yang telah dibuat. Kedisiplinan juga berperan dalam perawatan mesin, dan semua karyawan juga ikut memperhatikan kerusakan-kerusakan yang terjadi agar proses produksi berjalan lancar dan menghasilkan output yang diharapkan.

Untuk penjadwalan penggantian komponen sebaiknya dilakukan setiap 3 bulan atau 4 bulan sekali sedangkan untuk pengecekan pada tiap subgroupnya dilakukan setiap 4 hari sekali agar kondisi mesin tetap terjaga. Kemudian dalam pemberian oli dilakukan setiap pergantian shift maupun sehari sekali itu akan lebih memaksimalkan penggunaan mesin. Pembersihan dan perawatan sebaiknya dilakukan per minggu maupun per bulan. Adapun dari beberapa perbaikan yang telah disebutkan dapat digambar pada tabel 3 sebagai berikut :

**Tabel 3 Usulan Perbaikan**

Failure Mode and Effect Analysis						
<b>Data</b> : Juli 2012 - Juli 2013						
<b>Plant</b> : Weaving Preparation						
<b>Machine Name</b> : Sizing 1 Baba Sangyo Kikai						
No	Functional Failure	Failure Mode	Failure Cause	RPN	Category of LTA	Usulan Perbaikan
1	Deviding rod	Bearing braket pully ambrol	Masa pakai yang sudah melampaui batas/sudah tua	90.7	B	Penjadwalan penggantian bearing braket dengan benar
			Kurangnya pemberian pelumas			Lakukan pengecekan setiap hari
2	Size box	Bearing aus	Kurangnya kebersihan setelah dipakai.	85.3	B	Lakukan pembersihan setiap hari khususnya fokus pada bearing
			Terjadi karat yang berlebihan			Selalu dikasih oli khususnya daerah yang sering terjadi karatan
3	Size box	Bottom roll ambrol (bearing dan seal)	Penjadwalan pengantian yang tidak tepat	83.1	B	Ganti Bottom roll jika teridentifikasi akan ambrol dalam periode beberapa waktu ke depan
			Terjadi over load atau beban yang berlebihan			Operator harus selalu menerapkan SOP
4	Main Motor	Shaft pully motor	Proteksi atau heater terjadi over load serta tidak bekerja dengan baik	80.9	B	Harus mempunyai motor penggerak cadangan sehingga memungkinkan segera diganti dan tidak menunggu lama sehingga down time akan semakin besar
			Kurangnya perawatan dan perhatian oleh bagian teknisi maintenance			Lakukan pengecekan setiap hari atau berskala
5	Deviding rod	Bearing dan v-belt aus	Kurangnya pemberian pelumas	78.2	B	Memberi oli sebelum pemakaian atau beberapa hari sekali
			Kurangnya pembersihan oleh operatornya sendiri terhadap mesin			Lakukan pembersihan setiap hari sehabis mesin beroperasi
6	Size box	Squeezing roll mengelupas	Saat pemakanan benda kerja beban yang terjadi terlalu berat	76.2	B	Operator harus selalu menerapkan SOP dan tidak memaksakan mesin dengan beban yang terlalu berat
			Ketelitian dari operatornya sendiri kurang			Operator sebaiknya mengecek apabila terjadi gejala kerusakan pada saat mesin beroperasi
7	Press roll	Press roll bearing ambrol	Penjadwalan pengantian yang tidak tepat	57.8	B	Membuat penjadwalan berdasarkan perhitungan dan teori yang benar

			Kurangnya kebersihan setelah dipakai.			Membersihkan sisa-sisa sampah produk sebelum dan sesudah mesin beroperasi
8	Cylinder dryer	Cylinder tidak memutar	Terjadi karat yang berlebihan	53.8	B	Selalu dikasih oli khususnya daerah yang sering terjadi karatan
			Proteksi atau heater terjadi over load serta tidak bekerja dengan baik			Memberi istirahat pada mesin atau pemberhentian yang berskala agar mesin tidak overhead
9	Take-up	Braket tension roller chain pecah	Kurangnya perawatan dan perhatian oleh bagian teknisi maintenance	48.9	B	Lakukan pengecekan setiap hari atau berskala oleh teknisi bagian maintenance
			Masa pakai yang sudah melampaui batas/sudah tua			Ganti roller chain jika teridentifikasi akan ambrol dalam periode beberapa waktu ke depan
10	Size box	Down-up immersion roll macet	Kurangnya pemberian pelumas	48.9	B	Memberi oli sebelum pemakaian atau beberapa hari sekali
			Kurangnya pembersihan oleh operatornya sendiri terhadap mesin			Lakukan pembersihan berskala per minggu ataupun perbulan

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan yaitu :

- a. Beberapa penyebab mesin *Sizing Baba Sangyo Kikai* PT Primatexco Indonesia sering mengalami kerusakan antara lain: Penjadwalan penggantian bearing braket yang tidak berskala sehingga menyebabkan bearing brake *pully* ambrol, Kurangnya pemberian pelumas dan kurangnya pembersihan rutin pada bearing sehingga berakibat keausan bearing pada size box, Beban pada mesin sizing yang melakukan proses produksi terus menerus demi mengejar target pesanan sehingga mengakibatkan bottom roll ambrol, Kurangnya servis (perbaikan) maupun pengecekan pada main motor sehingga menyebabkan shaft *pully* motor mengalami kerusakan.
- b. *failure mode* yang dianalisa adalah mode kerusakan yang memiliki tingkat RPN hingga mencapai 75% kumulatif. *Failure modes* tersebut yaitu Bearing braket *pully* ambrol, *Bearing* aus, *Bottom roll* ambrol (bearing dan seal), *Shaft pully* motor, Bearing dan v-belt aus, *Squeezing roll* mengelupas, *Press roll* tidak berfungsi sempurna, *Press roll bearing* ambrol, Putaran beam tidak normal, *Cylinder* tidak memutar, PIV (Kato) agak tidak normal, *Braket tension roller chain* pecah, *Down-up immersion roll* macet.
- c. Dari hasil analisa menggunakan *Logic Tree Analysis* (LTA) dapat diketahui bahwa Bearing braket *pully* ambrol, Bearing aus, *Bottom roll* ambrol (bearing dan seal), *Shaft pully* motor, *Bearing* dan v-belt aus masuk dalam kategori B yaitu mempunyai konsekuensi terhadap operasional plant ( mempengaruhi kuantitas dan kualitas *output*) yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi secara signifikan.
- d. Usulan perbaikan yang seharusnya dilakukan yaitu Sebaiknya dalam melakukan pekerjaan, operatornya sudah melakukan SOP dengan baik dan benar, Melakukan penjadwalan penggantian pada semua komponen terutama pada komponen yang sering mengalami keausan, Sebaiknya melakukan perawatan rutin tiap minggu atau pun tiap 1 bulan sekali, Penyediaan sparepart/ komponen yang sering mengalami penggantian, Sebaiknya operator juga diberi pengarahan bagaimana menggunakan mesin agar tidak cepat mengalami kerusakan, Memprioritaskan pekerjaan perbaikan/pengantian komponen apabila terjadi kerusakan sesuai dengan *rating* tertinggi nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada setiap *failure mode* yang telah dirumuskan pada penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- As'ari, Ayub. 2012. *Analysis Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan upaya peningkatan performansi mesin di PT. Kubota Indonesia: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Lindley R. Higgis dan R. Keith Mobley. 2002. *Maintenance Engineering Handbook*. McGraw-Hill. Edition : 6, London
- Hartanto Dody, Vanany Iwan, dan Yuskartika Dhina. 2012. Pengelolahan Risiko Menggunakan Metode FMECA dan Simulasi Berbasis Proses Bisnis Pada Rantai Pasok Makanan. *Journal Of Maintenance*.
- Hesamestyna Molly. 2011. Identifikasi Titik Kritis Traceability Menggunakan Metode Pendekatan FMECA Pada Industri Pengolahan Udang Breaded. *Journal of Maintenance*.

- Nahar Nurkholiq dan Tejo Sukamadi, Ir.MT . 2012. Pemeliharaan Bushing Pada Transformator Tenaga 150/20 kV. Jurnal Pemeliharaan.
- Sisjono dan Iwan Koswara. 2004. Pemeliharaan dan Perbaikan Komponen-komponen Alat . Edisi Revisi . Penerbit : Erlangga, Jakarta.