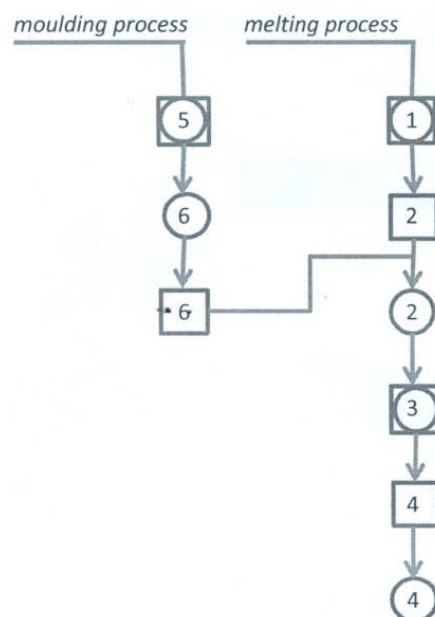


BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan di PT.KORINDO yang bergerak di industri *manufacture* pengecoran logam (*foundry manufacturing*), khususnya *automotive spare parts* dengan material FC (*ferro casting*) dan FCD (*ferro casting ductile*). Penelitian ini difokuskan pada pengendalian kualitas sistem produksi pengecoran logam PT.KORINDO. Adapun jenis produk yang diteliti adalah *Brake Drum HINO 4820A* dengan material FC 25 pada setiap aktivitas-aktivitas produksinya.



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Pengecoran Logam PT.KORINDO

4.1.1 Data Proses

Pada tahap ini data yang dikumpulkan adalah data-data yang bersifat kualitatif, yaitu informasi mengenai kondisi *real* sistem produksi pengecoran logam di PT.KORINDO. Data ini dijelaskan dalam bentuk diagram alir proses (*Operation Process Chart/ OPC*) yang telah dijelaskan pada gambar 4.1 dengan detail penjelasan aktivitas proses pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Aktivitas Proses Pengecoran Logam PT.KORINDO

No	Simbol	Aktivitas	Keterangan
1	①	Proses <i>melting</i>	Meleburkan logam sampai cair hingga temperatur <i>pouring</i> dengan komposisi kimia yang telah ditetapkan standar.
		Cek komposisi kimia	Memastikan komposisi kimia <i>melting</i> Carbon (C), Silicon (Si), Mangan(Mn), Sulfur (S), Phospor (P) sesuai dengan standar material FC 25.
2	②	Cek temperatur <i>pouring</i>	Memastikan temperatur <i>melting</i> sesuai dengan standar <i>pouring</i> .
3	②	Proses <i>pouring</i>	Menuangkan logam cair ke cetakan (<i>mold green sand</i>).
4	③	Proses <i>fettling</i>	Pembersihan produk dari pasir cetak dan sistem saluran (<i>runner system</i>).
		Cek <i>visual</i>	Memastikan <i>visual</i> produk sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

No	Simbol	Aktivitas	Keterangan
5	4	Cek akhir <i>(final Inspection)</i>	Memastikan <i>visual</i> dan <i>mechanical properties</i> produk sesuai standar.
6	4	<i>Packing</i> dan <i>delivery</i>	Menyiapkan produk untuk siap dikirim ke konsumen (<i>customer</i>).
7	5	<i>Sand mixing</i>	Pencampuran (<i>mixing</i>) pasir cetak sesuai dengan komposisi yang telah ditetapkan.
		Cek <i>sand properties</i>	Memastikan sifat pasir cetak sesuai dengan standar <i>green sand properties</i> .
8	6	Proses <i>molding</i>	Pembuatan cetakan pasir dengan proses pemadatan (<i>green sand molding technology</i>).
9	6	Cek <i>mold properties</i>	Memastikan cetakan pasir sesuai dengan standar <i>mold properties</i> .

Kemudian mengumpulkan data-data proses yang diperlukan pada aktivitas sistem pengecoran logam. Data-data ini digambarkan sebagai persyaratan proses (*process requirement*) pada tiap aktivitas sistem pengecoran logam di PT.KORINDO dalam memproduksi *Brake Drum HINO 4820A*. Data-data proses ini merupakan standar baku teknik pengecoran logam yang diaplikasikan dan disesuaikan dengan kebutuhan PT.KORINDO. Data-data ini berfungsi sebagai *input* untuk analisa dan perbaikan (*improvement*) FMEA proses pengecoran logam *Brake Drum HINO4820A* di PT.KORINDO.

Tabel 4.2 Standar Kontrol Pasir Cetak (*Green Sand Properties*)

No	Sand Properties	Unit	Standar	Target	Frekuensi Cek
1	<i>Green CS</i>	N/cm ²	8.8 ~ 15.7	14 ~ 15.7	1x /jam
2	<i>Compactability</i>	%	33 ~ 58	36 ~ 54	1x /jam
3	<i>Moisture</i>	%	3.2 ~ 5.7	3.5 ~5.4	1x /minggu
4	<i>Permeability</i>	ml/cm ²	Min 94	Min 100	1x /minggu
5	LOI	%	3.9 ~ 6.2	4.3 ~ 5.8	1x /minggu
6	<i>Total clay</i>	%	9.6 ~ 17.7	10.9 ~ 16.4	1x /minggu
7	<i>Active clay</i>	%	5.8 ~ 11.3	6.7 ~ 10.3	1x /minggu
8	GFN	AFS	50 ~ 65	54 ~ 62	1x /minggu

Tabel 4.3 Standar Komposisi Kimia Material FC 25

(sumber: JIS 5501)

Grade FC 25	C	Si	Mn	P	S
Standar	3.10~3.40	1.80~2.00	0.60~0.95	0.25 Max	0.15 Max
Target	3.25~3.35	2.13~2.23	0.60~0.70	0.04 Max	0.06~0.09
Grade FC 25	Cu	Cr	Sb	Ti	CE
Standar	0.35 Max	0.35 Max	0.025 Max	0.020 Max	3.90~4.50
Target	0.25~0.35	0.16~0.26	0.025 Max	0.020 Max	3.90~4.30

Standar material FC 25 diadopsi berdasarkan standar industri negara Jepang (JIS 5501), tetapi dalam proses produksi dilakukan penyesuaian dengan menentukan target proses, tujuannya adalah menghasilkan proses yang lebih baik (*better*) dan lebih cepat (*faster*) dengan biaya yang lebih murah (*at lower cost*).

Tabel 4.4 Standar *Mechanical Properties* Material FC 25

(sumber: JIS 5501)

Grade FC 25	Hardness (HB)	Tensile (N/mm ²)	Graphite (Type, %)	Graphite (Size)	Matrix (%)
Standar	180~240	Min 250	A, min 90 Other,max10	3 ~ 5	Ferrite max 5 No Cementite
Target	192~240	Min 250	A, min 90 B, max 10	3 ~ 5	Ferrite max 5 No Cementite

Brake Drum HINO 4820A merupakan *breaking system spare part* pada mobil *truck* sehingga termasuk ke golongan *safety part*. Dengan pemahaman bahwa produk ini menyangkut keselamatan jiwa manusia, sehingga membutuhkan pengendalian kualitas agar produk tetap berada pada sebuah standar baku yang telah ditetapkan. Tahapan pengendalian kualitas tersebut adalah tahapan perencanaan (*quality planning*), tahapan pelaksanaan (*quality assurance*), tahapan evaluasi (*quality control*) dan tahapan pengembangan (*quality development*).

Produk ini menggunakan material *cast iron grade FC 25*, artinya produk ini menggunakan besi tuang kelabu bergrafit serpih (*lamellar*) dengan mampu tarik minimal 250 N/mm² yang dicor pada *test piece* batang uji Ø30 mm.

Proses *melting* menggunakan *induction furnace “inductoterm” medium frequency* (50Hz ~ 500Hz) dengan temperatur *pouring* 1430°C ~ 1370°C. Komposisi kimia *melting* sangat menentukan hasil *mechanical properties* material FC 25. Pengujian komposisi dilakukan 1x per *charge production* sedangkan pengujian *mechanical properties* dilakukan 1x per *lot production*.

4.1.2 Data *Reject* dan *Defect*

Setelah mengumpulkan data-data kualitatif pada sistem pengecoran logam PT.KORINDO, maka dilanjutkan untuk mengumpulkan data-data kuantitatif yang terkait dengan hasil produksi. Teknik pengumpulan data kuantitatif ini adalah dengan cara mengambil langsung dari laporan harian proses produksi dan laporan *reject* harian produksi pengecoran logam PT.KORINDO. Pada table 4.5 digambarkan data produksi dan *reject* produk *Brake Drum HINO 4820A* di PT.KORINDO untuk periode 2011-12-01 sampai dengan 2011-12-31.

Tabel 4.5 Jumlah Produksi *Brake Drum HINO 4820A* per 2011 Desember

No	Tanggal	No.Lot	Σ Production, (pcs)			Σ Defect, (pcs)		
	2011-12		Total	Good	Reject	SI	GH	MR
1	Dec -01	L.01	107	93	14	1	9	4
2	Dec -02	L.02	105	97	8	6	2	0
3	Dec -03	L.03	70	63	7	4	2	1
4	Dec -05	L.05	103	98	5	2	3	0
5	Dec -06	L.06	109	99	10	9	1	0
6	Dec -07	L.07	129	119	10	9	1	0
7	Dec -08	L.08	74	67	7	6	1	0
8	Dec -09	L.09	83	79	4	3	1	0
9	Dec -10	L.10	126	117	9	7	2	0
10	Dec- 12	L.12	135	120	15	7	3	5
11	Dec -13	L.13	83	77	6	3	1	2
12	Dec -14	L.14	131	118	13	6	4	3

No	Tanggal	No.Lot	Σ Production, (pcs)			Σ Defect, (pcs)		
	2011-12		Total	Good	Reject	SI	GH	MR
13	Dec -15	L.15	82	77	5	1	0	4
14	Dec -16	L.16	54	48	6	3	0	3
15	Dec -17	L.17	103	103	10	9	0	1
16	Dec -19	L.19	56	53	3	3	0	0
17	Dec -20	L.20	58	52	6	6	0	0
18	Dec -21	L.21	77	73	4	2	0	2
19	Dec -22	L.22	90	82	8	4	1	3
20	Dec -23	L.23	100	95	5	5	0	0
21	Dec -24	L.24	103	93	11	7	0	4
22	Dec -26	L.26	150	144	6	3	0	3
23	Dec -27	L.27	116	109	7	3	0	4
24	Dec -28	L.28	128	124	4	3	1	0
25	Dec -29	L.29	120	112	8	5	1	2
26	Dec -30	L.30	112	110	2	1	0	1
27	Dec -31	L.31	74	71	3	0	1	2

Kemudian dilanjutkan mengumpulkan data produksi dan *reject* produk lainnya yang diproduksi oleh PT.KORINDO pada periode 2011 Desember. Produk tersebut adalah *Hub HINO 2501* (table 4.6), *Bracket Dong iL* (table 4.7), *Fly Wheel NF60* (table 4.8) dan *Collar PC200* (table 4.9). Data produksi ini akan diolah ke dalam analisa *pareto diagram* dengan tujuan untuk menentukan jenis produk yang paling tinggi *rejection rate* produksi di PT.KORINDO.

Tabel 4.6 Jumlah Produksi *Hub HINO 2501C* per 2011 Desember

No	Tanggal	No.Lot	Σ Production, (pcs)			Σ Defect, (pcs)				
	2011-12		Total	Good	Defect	SI	MR	XJ	SR	BC
1	Dec -02	L.02	70	67	3	1	0	2	0	0
2	Dec -06	L.06	62	62	0	0	0	0	0	0
3	Dec -07	L.07	70	67	3	0	2	0	0	1
4	Dec -08	L.08	72	71	1	0	1	0	0	0
5	Dec -09	L.09	144	139	5	0	0	5	0	0
6	Dec -10	L.10	78	73	5	0	4	1	0	0
7	Dec -12	L.12	64	53	11	0	0	5	6	0
8	Dec -13	L.13	110	110	0	0	0	0	0	0
9	Dec -15	L.15	106	103	3	0	0	3	0	0
10	Dec -16	L.16	144	139	5	2	0	3	0	0
11	Dec -17	L.17	144	141	3	0	0	2	0	1
12	Dec -19	L.19	110	100	10	0	2	8	0	0
13	Dec -20	L.20	110	107	3	0	2	1	0	0
14	Dec -21	L.21	192	181	11	0	2	9	0	0

Untuk produksi berikutnya adalah table 4.7 data produksi dan *reject* produk *Bracket Dong iL Metal R210-7* sebagai gambaran hasil produksi pada periode 2011 Desember.

Tabel 4.7 Produksi *Bracket Dong iL Metal R210-7* per 2011 Desember

No	Tanggal	No.Lot	Σ Produksi, (pcs)			Σ Defect, (pcs)	
	2011-12		Total	Good	Reject	SR	MR
1	Dec -01	L.01	54	54	0	0	0
2	Dec -03	L.03	213	213	0	0	0
3	Dec -05	L.05	357	357	8	8	0
4	Dec -06	L.06	270	270	0	0	0
5	Dec -08	L.08	322	322	0	0	0
6	Dec -09	L.09	105	105	0	0	0
7	Dec -26	L.26	212	212	0	0	0
8	Dec -27	L.27	232	232	0	0	0
9	Dec -28	L.28	288	284	4	0	4
10	Dec -29	L.29	148	148	0	0	0
11	Dec -30	L.30	296	296	0	0	0

Berikutnya adalah table 4.8 data produksi dan *reject* produk *Fly Wheel NF60* sebagai gambaran hasil produksi periode 2011 Desember.

Tabel 4.8 Jumlah Produksi *Fly Wheel NF60* per 2011 Desember

No	Tanggal	No.Lot	Σ Produksi, (pcs)			Σ Defect, (pcs)		
	2011-12		Total	Good	Reject	SI	GH	XJ
1	Dec -06	L.06	30	30	0	0	0	0
2	Dec -09	L.09	26	26	0	0	0	0
3	Dec -12	L.12	28	28	0	0	0	0
4	Dec -13	L.13	28	27	1	1	0	0
5	Dec -14	L.14	29	21	8	0	0	8
6	Dec -19	L.19	49	46	3	0	0	3
7	Dec -20	L.20	70	66	4	1	2	1
8	Dec -21	L.21	25	23	2	2	0	0
9	Dec -23	L.23	69	67	2	0	0	2
10	Dec -26	L.26	30	27	3	0	0	3
11	Dec -28	L.28	30	30	0	0	0	0
12	Dec -29	L.29	31	31	0	0	0	0

Kemudian produksi berikutnya adalah table 4.9 data produksi dan *reject* produk *Collar PC200* sebagai gambaran hasil produksi periode 2011 Desember.

Tabel 4.9 Jumlah Produksi *Collar PC200* per 2011 Desember

No	Tanggal	No.Lot	Σ Production, (pcs)			Σ Defect, (pcs)		
	2011-12		Total	Good	Reject	SI	GH	MR
1	Dec -10	L.10	420	408	12	12	0	0
2	Dec -12	L.12	216	216	0	0	0	0
3	Dec -13	L.13	156	156	0	0	0	0
4	Dec -15	L.15	444	444	0	0	0	0
5	Dec -17	L.17	216	216	0	0	0	0
6	Dec -19	L.19	444	444	0	0	0	0
7	Dec -20	L.20	432	432	0	0	0	0
8	Dec -22	L.22	408	404	4	4	0	0

Kemudian Hasil pengumpulan data ini akan diolah lebih lanjut ke beberapa metode analisis pengolahan data sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Pada data kualitatif akan diolah menggunakan *pareto diagram* dengan tujuan untuk menentukan jenis-jenis *defect* pada produk yang *rejection rate* produksi paling tinggi. Data produk dengan *rejection rate* tertinggi akan dianalisa kestabilan proses produksinya menggunakan metode SPC (*Statistical Process Control*).

4.2 Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data merupakan kegiatan yang dilakukan setelah data dikumpulkan. Secara umum pengolahan data yang dilakukan adalah pengolahan data kuantitatif dan data kualitatif pada sistem pengecoran logam PT.KORINDO.

4.2.1 Pengolahan Data *Reject*

Setelah pengumpulan data-data kuantitatif yang terkait dengan *rejection* hasil produksi, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut untuk mendapatkan nilai *rejection rate* produk-produk yang diproduksi pada sistem pengecoran logam PT.KORINDO. Pengolahan data *rejection* ini menggunakan *pareto diagram*, ringkasan mengenai perhitungan *pareto rejection rate* produk periode 2011 Desember bisa dilihat pada table 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10 Perhitungan *Pareto Rejection Rate* Produk per 2011 Desember

No	Produk	Weight	Σ Reject		Σ Kumulatif		
		(Kg)	(Pcs)	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)
1	B/D HINO 4820A	72	196	14,112	86	14,112	86
2	Hub HINO 2501C	30.5	63	1,921.5	11.7	16,033.5	97.7
3	F/W NF 60	8.8	23	202.4	1.2	16,235.9	98.9
4	Bracket R210-7	13	8	104	0.6	16,339.9	99.5
5	Collar PC200	4.6	16	73.6	0.5	16,431.5	100
Total reject per 2011 Desember				16,413.5	100	-	-

Note:

- B/D HINO 4820A = Brake Drum HINO 4820.
- F/W NF 60 = Fly Wheel NF60.

4.2.2 Pengolahan Data Kestabilan Proses

Berdasarkan table 4.10 mengindikasikan bahwa *rejection rate* tertinggi pada produk *Brake Drum HINO 4820A*, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data *rejection rate* tersebut untuk mendapatkan nilai kestabilan proses sistem produksi. Pengolahan data ini menggunakan metode SPC, ringkasan mengenai perhitungan SPC *rejection rate* bisa dilihat pada table 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Perhitungan SPC *Brake Drum HINO 4820* per 2011 Desember

<i>Sample</i>		<i>Reject</i>	<i>Fraction</i>	<i>Sample</i>		<i>Reject</i>	<i>Fraction</i>
<i>Number, (m)</i>	<i>Size, (n)</i>			<i>(m)</i>	<i>(n)</i>		
1	107	14	0.13	15	103	10	0.10
2	105	8	0.08	16	56	3	0.05
3	70	7	0.10	17	58	6	0.10
4	103	5	0.05	18	77	4	0.05
5	109	10	0.09	19	90	8	0.09
6	129	10	0.08	20	100	5	0.05
7	74	7	0.09	21	103	11	0.11
8	83	4	0.05	22	150	6	0.04
9	126	9	0.07	23	116	7	0.06
10	135	15	0.11	24	128	4	0.03
11	83	6	0.07	25	120	8	0.07
12	131	13	0.10	26	112	2	0.02
13	82	5	0.06	27	74	3	0.04
14	54	6	0.11	Σ	2,678	196	-

Dari data tabel 4.11 maka dilanjutkan dengan menentukan unsur-unsur diagram kendali proses (*process control chart*) terdiri dari UCL, CL dan LCL.

Pada penelitian ini peta kendali yang digunakan adalah diagram p .

- Diketahui: $n = \text{variable size}$. $\sum n = 2,678$. $m = 27$. $\sum d = 196$.
- Ditanya: UCL, CL dan LCL.
- Dijawab: 1) $\text{mean } n = \sum n : m$

$$= 2,678 : 27$$

$$= 99.18 \approx 99$$

$$2) CL = p = \sum d : \sum n$$

$$= 196 : 2,678$$

$$= 0.073$$

$$3) Sp = \sqrt{(p(1-p) * 1/n)}$$

$$= \sqrt{(0.073(1-0.073) * 1/99)}$$

$$= \sqrt{(0.073(0.927) * 1/99)}$$

$$= \sqrt{(0.068 * 1/99)}$$

$$= \sqrt{(0.000687)}$$

$$= 0.026$$

$$4) UCL = p + 3Sp$$

$$= 0.073 + 3(0.026)$$

$$= 0.15$$

$$5) LCL = p - 3Sp$$

$$= 0.073 - 3(0.026)$$

$$= -0.005 \approx 0$$

4.2.3 Pengolahan Data Defect

Berdasarkan table 4.10 mengindikasikan bahwa *rejection rate* tertinggi pada produk *Brake Drum HINO 4820A* dan dilanjutkan pengolahan data tersebut pada table 4.11 mengindikasikan bahwa kestabilan proses sistem produksi *Brake Drum HINO 4820A* periode 2011 Desember dalam kondisi proses terkendali.

Pengolahan data lebih lanjut adalah mengolah data *defect* produk *Brake Drum HINO 4820A* untuk mengetahui jenis-jenis *defect* yang menyebabkan *reject* pada produk tersebut. Pengolahan data *defect* ini menggunakan *pareto diagram*, ringkasan mengenai perhitungan *pareto defect* produk *Brake Drum HINO 4820A* periode produksi 2011 Desember bisa dilihat pada table 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12 Perhitungan *Pareto Defect* Produk *Brake Drum HINO 4820A*

No	Defect	Σ Defect		Σ Komulatif	
		(Pcs)	(%)	(Pcs)	(%)
1	SI	118	60.2	118	60.2
2	MS	44	22.5	162	82.7
3	GH	34	17.3	196	100
Total defect		196	100	-	-

Note:

- SI = Sand Inclusion.
- MS = Misrun.
- GH = Gas Hole.

Berdasarkan table 4.12 mengindikasikan bahwa penyebab *defect* tertinggi produk *Brake Drum HINO 4820A* adalah *defect sand inclusion (SI)* dan *misrun (MS)*.

4.2.4 Pengolahan Data Proses Failure Mode Effect and Analysis (P-FMEA)

Dari table 4.12 mengindikasikan bahwa *defect* tertinggi yang menyebabkan terjadinya *reject* pada produk *Brake Drum HINO 4820A* adalah *defect sand inclusion* (SI) 60.2% atau 118 pcs dari total *defect* 196 pcs dan *defect misrun* (MS) 22.5% atau 44 pcs dari total *defect* 196 pcs. Dari hasil analisa data-data di atas maka perlu diambil langkah-langkah pengendalian kualitas, yaitu evaluasi (*quality control*) dan pengembangan/ perbaikan (*quality development/improvement*) terhadap sistem produksi pengecoran logam PT.KORINDO dengan menerapkan metode FMEA. Dalam hal ini ditekankan pada penanganan penyebab terjadinya *defect sand inclusion* (SI) dan *defect misrun* (MS) melalui program perbaikan berkelanjutan (*continous improvement*).

Pada penelitian ini dilakukan analisa pemecahan masalah menggunakan metode FMEA dengan menitikberatkan pada analisa pengendalian proses sistem produksi pengecoran logam *Brake Drum HINO 4820A* PT.KORINDO. Dalam hal ini analisa FMEA dimulai dengan menganalisa nilai *Risk Priority Number* (RPN) setiap proses produksi periode 2011 Desember, secara keseluruhan bisa dilihat pada tabel 4.13. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) ditentukan dengan analisa terhadap *severity* (*s*), *occurance* (*o*) dan *detection* (*d*) pada setiap proses sistem produksi pengecoran logam *Brake Drum HINO 4820A*. Analisa *severity point process* tabel 4.14 berdasarkan standar *severity point P-FMEA* pada tabel 4.15 (sumber: FMEA 4th edition, AIAG), analisa *occurance point process* tabel 4.16 berdasarkan standar *occurance point P-FMEA* pada tabel 4.17 (sumber: FMEA 4th edition, AIAG) serta *detection point process* tabel 4.18 berdasarkan standar *detection point P-FMEA* pada tabel 4.19 (sumber: FMEA 4th edition, AIAG).

Tabel 4.13 P-FMEA Sistem Produksi Pengecoran Logam *Brake Drum HINO 4820A* (Total RPN periode 2011 Desember)

No	Proses	Efek potensi kegagalan	Severity (s)	Occurance (o)	Detection (d)	RPN 2011
1	Melting	Material keras, product unmachining	8	4	3	96
		Material keras, product unmachining	8	4	3	96
		Material lunak, produk cepat aus.	8	4	3	96
2	Sand Mixing	Explosive mold (EM)	9	5	3	135
		Product defect gas hole (GH)	7	5	3	105
		Product defect misrun (MS)	7	5	3	105
		Broken mold (BM), can't be produced.	1	5	3	15
		Product defect sand inclusion (SI)	7	5	3	105
3	Molding	Membahayakan operator pouring (EM)	9	4	3	108
		Permukaan produk ada porosity (GH)	7	4	3	84
		Profil produk tidak lengkap (MS).	7	4	3	84
		Membahayakan operator pouring (BM)	9	4	3	108
		Permukaan produk ada porosity (SI).	7	4	3	84

Tabel 4.13 P-FMEA Sistem Produksi Pengecoran Logam *Brake Drum HINO 4820A* (Total RPN periode 2011 Desember)

No	Proses	Efek potensi kegagalan	Severity (s)	Occurance (o)	Detection (d)	RPN
4	Pouring	Defect gas hole (GH)	7	4	7	196
		Defect misrun (MS)	7	4	7	196
		Defect shrinkage (SRG)	7	4	3	84
		Defect sand inclusion (SI)	7	4	3	84
		Defect slag inclusion (SL)	7	4	3	84
5	Fettling	Broken casting (BC).	3	4	7	84
		Broken casting (BC).	3	4	7	84
6	Packing	Visual performa tidak bagus (karat).	3	3	7	63
		Broken casting (BC).	3	3	7	63

Tabel 4.14 P-FMEA Sistem Produksi Pengecoran Logam *Brake Drum HINO 4820A* (Analisa *Severity Point*)

No	Proses	Requirement	Potensi kegagalan	Efek potensi kegagalan	Sev
1	Melting	Standar material FC 25 (JIS 5501)	Element losses C dan Si.	Material keras, product unmachining	8
			Element over Cr, Cu dan Mn	Material keras, product unmachining	8
			Element over C dan Si	Material lunak, produk cepat aus.	8
2	Sand Mixing	Standar green sand properties	Sand molding basah	Explosive mold (EM)	9
				Product defect gas hole (GH)	7
				Product defect misrun (MS)	7
			Sand molding kering	Broken mold (BM), can't be produced.	1
				Product defect sand inclusion (SI)	7
3	Molding	Permukaan mold tidak keropos.	Explosive mold (EM)	Membahayakan operator pouring.	9
		Hardness mold 80 ~ 90 GF+	Defect gas hole (GH)	Permukaan produk ada porosity.	7
			Defect misrun (MS)	Profil produk tidak lengkap.	7
			Broken mold (BM)	Membahayakan operator pouring.	9
			Defect sand inclusion (SI)	Permukaan produk ada porosity	7

Tabel 4.14 P-FMEA Sistem Produksi Pengecoran Logam *Brake Drum HINO 4820A* (Analisa *Severity Point*)

No	Proses	Requirement	Potensi kegagalan	Efek potensi kegagalan	Sev
4	Pouring	Target temperatur 1430° ~ 1370°C	Temperatur di bawah 1370°C	Defect gas hole (GH)	7
				Defect misrun (MS)	7
			Temperatur di atas 1430°C	Defect shrinkage (SRG)	7
				Defect sand inclusion (SI)	7
				Defect slag inclusion (SL)	7
5	Fettling	Visual produk tidak ada broken.	Over gerinda saat finishing produk.	Broken casting (BC)	3
		Visual produk tidak ada crack.	Broken part saat finishing produk.	Broken casting (BC)	3
6	Packing	Visual produk tidak ada karat.	Customer menerima produk karat	Visual performa tidak bagus.	3
		Visual produk tidak ada broken.	Customer menerima produk broken	Broken casting (BC)	3

Tabel 4.15 Kriteria Tingkat Keseriusan Efek Kegagalan (*Severity Point P-FMEA*)(Sumber: FMEA 4th edition, AIAG/ Automotive Industry Action Group)

Efek	Kriteria: keseriusan efek pada produk (efek customer).	Rank	Efek	Kriteria: keseriusan efek pada produk (efek pada proses selanjutnya).
Kegagalan untuk memenuhi persyaratan keselamatan dan/ atau peraturan.	Potensi mode kegagalan yang mempengaruhi <u>keselamatan</u> pengoperasian kendaraan dan/ atau melibatkan ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah <u>tanpa adanya peringatan.</u>	10	Kegagalan untuk memenuhi persyaratan keselamatan dan/ atau peraturan.	Dapat <u>membahayakan operator</u> (machine atau assembly) <u>tanpa peringatan.</u>
	Potensi kegagalan mempengaruhi <u>keamanan</u> pengoperasian kendaraan dan/ atau melibatkan ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah <u>dengan peringatan.</u>	9		Dapat <u>membahayakan operator</u> (machine atau assembly) <u>dengan peringatan.</u>

Tabel 4.15 Kriteria Tingkat Keseriusan Efek Kegagalan (*Severity Point P-FMEA*)(Sumber: FMEA 4th edition, AIAG/ Automotive Industry Action Group)

Efek	Kriteria: keseriusan efek pada produk (efek customer).	Rank	Efek	Kriteria: keseriusan efek pada produk (efek pada proses selanjutnya).
Kehilangan atau pengurangan dari fungsi primer.	Kehilangan fungsi primer (kendaraan <u>tidak bisa dioperasikan</u> , tidak mempengaruhi keselamatan pengoperasian kendaraan).	8	Gangguan mayor	<u>100% hasil produksi harus dibuang</u> , <u>line shutdown</u> atau <u>terhentinya pengiriman</u> .
	Pengurangan fungsi primer (kendaraan <u>bisa dioperasikan tetapi performanya berkurang/ customer tidak puas</u> , tidak mempengaruhi keselamatan pengoperasian kendaraan).	7	Gangguan signifikan	<u>Sejumlah hasil produksi yang berjalan harus dibuang</u> , deviasi dari proses primer termasuk <u>penurunan line speed</u> atau <u>penambahan man power</u> .

Tabel 4.15 Kriteria Tingkat Keseriusan Efek Kegagalan (*Severity Point P-FMEA*)(Sumber: FMEA 4th edition, AIAG/ Automotive Industry Action Group)

Efek	Kriteria: keseriusan efek pada produk (efek customer).	Rank	Efek	Kriteria: keseriusan efek pada produk (efek pada proses selanjutnya).
Kehilangan atau pengurangan dari fungsi sekunder.	Kehilangan fungsi sekunder (kendaraan <u>bisa dioperasikan</u> , tetapi fungsi <u>kenyamanan/ kesenangan tidak bisa dioperasikan</u> / customer tidak puas).	6	Gangguan moderat	<u>100% hasil produksi</u> yang berjalan harus <u>dikerjakan ulang (repair), off line dan diterima.</u>
	Pengurangan fungsi sekunder (kendaraan <u>bisa dioperasikan</u> tetapi fungsi kenyamanan/ kesenangan <u>dapat dioperasikan</u> dengan performanya berkurang).	5		<u>Sejumlah hasil produksi</u> yang berjalan harus <u>dikerjakan ulang (repair), off line dan diterima.</u>

Tabel 4.15 Kriteria Tingkat Keseriusan Efek Kegagalan (*Severity Point P-FMEA*)(Sumber: FMEA 4th edition, AIAG/ Automotive Industry Action Group)

Efek	Kriteria: keseriusan efek pada produk (efek customer).	Rank	Efek	Kriteria: keseriusan efek pada produk (efek pada proses selanjutnya).
Menggangu	Gangguan tampilan atau pendengaran, kendaraan beroperasi, tidak sesuai serta diperhatikan oleh <u>semua customer</u> (> 75%).	4	Gangguan moderat	<u>100% hasil produksi</u> yang berjalan harus <u>dikerjakan ulang (repair)</u> sebelum diproses.
	Gangguan tampilan atau pendengaran, kendaraan beroperasi, tidak sesuai serta diperhatikan oleh <u>kebanyakan customer</u> (> 50%).	3		<u>Sejumlah hasil produksi</u> yang berjalan harus <u>dikerjakan ulang (repair)</u> sebelum diproses.

Tabel 4.15 Kriteria Tingkat Keseriusan Efek Kegagalan (*Severity Point P-FMEA*)(Sumber: FMEA 4th edition, AIAG/ Automotive Industry Action Group)

Efek	Kriteria: keseriusan efek pada produk (efek customer).	Rank	Efek	Kriteria: keseriusan efek pada produk (efek pada proses selanjutnya).
Menggangu	Gangguan tampilan atau pendengaran, kendaraan beroperasi, tidak sesuai serta diperhatikan oleh <u>kebanyakan customer</u> (> 25%).	2	Gangguan minor	Sedikit gangguan diproses, operasional atau pada operator.
Tidak ada efek	Tidak ada efek yang dapat dilihat.	1	Tidak ada efek	Tidak ada efek yang dapat dilihat.

Tabel 4.16 P-FMEA Sistem Produksi Pengecoran Logam *Brake Drum HINO 4820A* (Analisa Occurance Point)

No	Proses	Potensi kegagalan	Efek potensi kegagalan	Penyebab potensi kegagalan	Occ
1	Melting	Element losses C dan Si.	Material keras, product unmachining	Material holding di furnace ≥ 3 jam.	4
		Element over Cr, Cu dan Mn	Material keras, product unmachining	% charging material tak terkontrol.	4
		Element over C dan Si	Material lunak, produk cepat aus.	% charging material tak terkontrol.	4
2	Sand Mixing	Sand molding basah	Explosive mold (EM)	Kelebihan air (automatic water NG).	5
			Product defect gas hole (GH)	Kelebihan air (automatic water NG).	5
			Product defect misrun (MS)	Kelebihan air (automatic water NG).	5
		Sand molding kering	Broken mold (BM), can't be produced.	1.Kurang air (automatic water NG).	5
			Product defect sand inclusion (SI)	2.Kadar debu tinggi (LOI $\geq 6\%$).	5
3	Molding	Explosive mold (EM)	Membahayakan operator pouring.	Kelembaban tinggi (moisture $\geq 6\%$).	4
		Defect gas hole (GH)	Permukaan produk ada porosity.	Kelembaban tinggi (moisture $\geq 6\%$).	4
		Defect misrun (MS)	Profil produk tidak lengkap.	Sand permeability ≤ 100 ml/cm ²	4
		Broken mold (BM)	Membahayakan operator pouring.	Green CS < 14 N/ cm ²	4
		Defect sand inclusion (SI)	Permukaan produk ada porosity	Green CS < 14 N/ cm ²	4

Tabel 4.16 P-FMEA Sistem Produksi Pengecoran Logam *Brake Drum HINO 4820A* (Analisa *Occurance Point*)

No	Proses	Potensi kegagalan	Efek potensi kegagalan	Penyebab potensi kegagalan	Occ
4	Pouring	Temperatur di bawah 1370°C	Defect gas hole (GH)	Pemanasan ladle tak terkontrol.	4
			Defect misrun (MS)	Pemanasan ladle tak terkontrol.	4
		Temperatur di atas 1430°C	Defect shrinkage (SRG)	Temperatur tapping \geq 1540°C.	4
			Defect sand inclusion (SI)	Temperatur tapping \geq 1540°C.	4
			Defect slag inclusion (SL)	Temperatur tapping \geq 1540°C.	4
5	Fettling	Over gerinda saat finishing produk.	Broken casting (BC)	Tidak ada SOP finishing produk.	4
		Broken part saat finishing produk.	Broken casting (BC)	Tidak ada SOP finishing produk.	4
6	Packing	Customer menerima produk karat	Visual performa tidak bagus.	Tidak ada SOP packing produk.	3
		Customer menerima produk broken	Broken casting (BC)	Tidak ada SOP packing produk.	3

Tabel 4.17 Kriteria Tingkat Kejadian Penyebab Kegagalan (*Occurance Point P-FMEA*)(Sumber: FMEA 4th edition, AIAG/ Automotive Industry Action Group)

Kemungkinan kegagalan	Kriteria: kejadian dari penyebab – PFMEA (kejadian per item/ vehicle)	Rank
Sangat tinggi	≥ 100 per 1,000 ≥ 1 per 10	10
	50 per 1,000 1 per 20	9
Tinggi	20 per 1,000 1 per 50	8
	10 per 1,000 1 per 100	7
Moderate	2 per 1,000 1 per 500	6

Tabel 4.17 Kriteria Tingkat Kejadian Penyebab Kegagalan (*Occurance Point P-FMEA*)(Sumber: FMEA 4th edition, AIAG/ Automotive Industry Action Group)

Kemungkinan kegagalan	Kriteria: kejadian dari penyebab – PFMEA (kejadian per item/ vehicle)	Rank
Moderate	0.5 per 1,000 1 per 2,000	5
	0.1 per 1,000 1 per 10,000	4
Rendah	0.01 per 1,000 1 per 100,000	3
	≤ 0.001 per 1,000 1 per 1,000,000	2
Sangat rendah	Kegagalan dieliminasi melalui pengendalian preventive	1

Tabel 4.18 P-FMEA Sistem Produksi Pengecoran Logam *Brake Drum HINO 4820A* (Analisa *Detection Point*)

No	Proses	Efek potensi kegagalan	Penyebab potensi kegagalan	Kontrol yang dilakukan saat ini		Det
				Pencegahan	Deteksi	
1	Melting	Material keras, product unmachining	Material holding di furnace ≥ 3 jam.	Standardisasi material FC 25 (JIS 5501).	Cek spectro & CE	3
		Material keras, product unmachining	% charging material tak terkontrol.		Cek timbangan	3
		Material lunak, produk cepat aus.	% charging material tak terkontrol.		saat charging.	3
2	Sand Mixing	Explosive mold (EM)	Kelebihan air (automatic water NG)	Standar green sand properties.	1.Cek green CS.	3
		Product defect gas hole (GH)	Kelebihan air (automatic water NG)		2.Cek green CB	3
		Broken mold (BM), can't be produced	1.Kurang air (automatic water NG)		(compactibility).	3
		Product defect sand inclusion (SI)	2.Kadar debu tinggi (LOI $\geq 6\%$).			3
3	Molding	Membahayakan operator pouring.	Kelembaban tinggi (moisture $\geq 6\%$)	Standard green sand properties.	1.Cek green CS.	3
		Permukaan produk ada porosity.	Kelembaban tinggi (moisture $\geq 6\%$)		2.Cek green CB	3
		Profil produk tidak lengkap.	Sand permeability ≤ 100 ml/cm ²		(compactibility).	3
		Membahayakan operator pouring.	Green CS < 14 N/ cm ²			3
		Permukaan produk ada porosity	Green CS < 14 N/ cm ²			3

Tabel 4.18 P-FMEA Sistem Produksi Pengecoran Logam *Brake Drum HINO 4820A* (Analisa *Detection Point*)

No	Proses	Efek potensi kegagalan	Penyebab potensi kegagalan	Kontrol yang dilakukan saat ini		Det
				Pencegahan	Deteksi	
4	Pouring	Defect gas hole (GH)	Pemanasan ladle tak terkontrol.	–	1.Kontrol foreman pada tiap awal shift produksi dan setelah jam istirahat. 2.QC cek temperature memakai thermocouple setiap tapping & pouring	7
		Defect misrun (MS)	Pemanasan ladle tak terkontrol.	–		7
		Defect shrinkage (SRG)	Temperatur tapping $\geq 1540^{\circ}\text{C}$.	–		3
		Defect sand inclusion (SI)	Temperatur tapping $\geq 1540^{\circ}\text{C}$.	–		3
		Defect slag inclusion (SL)	Temperatur tapping $\geq 1540^{\circ}\text{C}$.	–		3
5	Fettling	Broken casting (BC)	Tidak ada SOP finishing produk.	–	Kontrol foreman dan supervisor produksi.	7
		Broken casting (BC)	Tidak ada SOP finishing produk.	–		7
6	Packing	Visual performa tidak bagus.	Tidak ada SOP packing produk.	–	Kontrol foreman dan supervisor produksi.	7
		Broken casting (BC)	Tidak ada SOP packing produk.	–		7

Tabel 4.19 Kriteria Kemampuan Deteksi Kontrol Proses (*Detection Point P-FMEA*)(Sumber: FMEA 4th edition, AIAG/ Automotive Industry Action Group)

Kesempatan untuk deteksi	Kriteria: kemungkinan untuk deteksi oleh pengendalian proses	Rank	Kemungkinan untuk deteksi
Tidak ada kesempatan untuk mendeteksi.	Tidak ada pengendalian proses: tidak bisa dideteksi atau dianalisa.	10	Hampir tidak mungkin.
Tidak mungkin dideteksi pada tahap manapun.	Deteksi <i>failure mode</i> atau <i>error (cause)</i> <u>tidak mungkin</u> dideteksi, contoh: random audit.	9	Sangat sedikit.
Problem <u>dideteksi setelah proses.</u>	Deteksi <i>failure mode</i> <u>setelah proses</u> oleh operator melalui <u>visual/ fisik/ pendengaran.</u>	8	Sedikit.
Problem <u>dideteksi pada sumbernya.</u>	Deteksi <i>failure mode</i> <u>saat proses</u> oleh operator melalui <u>visual/ fisik/ pendengaran</u> atau <u>setelah proses</u> dengan menggunakan <u>pengukuran attribute</u> , contoh: go/no-go, torsi manual, kunci dll.	7	Sangat lemah
Problem <u>dideteksi setelah proses.</u>	Deteksi <i>failure mode</i> <u>setelah proses</u> oleh operator dengan menggunakan <u>variable gauge</u> atau <u>pada saat proses</u> dengan menggunakan <u>pengukuran attribute</u> , contoh: go/no-go, kunci dll.	6	Lemah

Tabel 4.19 Kriteria Kemampuan Deteksi Kontrol Proses (*Detection Point P-FMEA*)(Sumber: FMEA 4th edition, AIAG/ Automotive Industry Action Group)

Kesempatan untu deteksi	Kriteria: kemungkinan untuk deteksi oleh pengendalian proses	Rank	Kemungkinan untuk deteksi
Problem <u>dideteksi</u> pada <u>sumbernya</u> .	Deteksi <i>failure mode</i> <u>setelah proses</u> oleh operator dengan menggunakan <u>pengukuran variable</u> atau pada saat proses dengan menggunakan <u>pengendalian automatic</u> mendeteksi <i>part</i> yang tidak sesuai dan menginformasikan kepada operator (contoh: light, buzzer, sensor). <u>Pengukuran dilakukan pada saat set up</u> dan <u>pengecekan pertama</u> (hanya untuk penyebab <i>set up</i>).	5	Moderate.
Problem <u>dideteksi</u> setelah proses.	Deteksi <i>failure mode</i> <u>setelah proses</u> dengan menggunakan <u>pengendalian automatic</u> yang dapat mendeteksi <i>part</i> yang tidak sesuai dan <u>menguncinya</u> untuk mencegah diproses lebih lanjut.	4	Menengah-tinggi.
Problem <u>dideteksi</u> pada <u>sumbernya</u> .	Deteksi <i>failure mode</i> <u>saat proses</u> dengan menggunakan <u>pengendalian automatic</u> yang dapat mendeteksi <i>part</i> yang tidak sesuai dan <u>menguncinya</u> untuk mencegah diproses lebih lanjut.	3	Tinggi.

Tabel 4.19 Kriteria Kemampuan Deteksi Kontrol Proses (*Detection Point P-FMEA*)(Sumber: FMEA 4th edition, AIAG/ Automotive Industry Action Group)

Kesempatan untu deteksi	Kriteria: kemungkinan untuk deteksi oleh pengendalian proses	Rank	Kemungkinan untuk deteksi
Deteksi kesalahan dan/ atau <u>pengecahan masalah</u> .	Deteksi <i>error (cause)</i> <u>saat proses</u> dengan menggunakan <u>pengendalian automatic</u> yang dapat mendeteksi <i>error</i> dan mencegah diproduksinya <i>part</i> yang tidak sesuai.	2	Sangat tinggi.
Deteksi tidak dimungkinkan: <u>pengecahan kesalahan</u> .	Deteksi <i>error (cause)</i> sebagai hasil dari <u>design fixture, design mesin</u> atau <u>design part</u> . Tidak akan ada diproduksinya part yang tidak sesuai karena menerapkan <u>error-proofed system</u> melalui <u>design process/ product design</u> .	1	Hampir pasti.

