# BAB IV
# HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijabarkan profil perusahaan serta penjelasan dari data-data yang telah dikumpulkan, setelah itu dilakukan pengolahan data dan pembahasan dari hasil penelitian untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya.

## 4.1 PROFIL PERUSAHAAN

Dalam profil perusahaan ini akan menjelaskan tentang gambaran umum perusahaan, produk perusahaan serta proses produksi PT. Hanil Jaya Steel khususnya pada departemen *Rolling mill* 3.

### 4.1.1 Sejarah Perusahaan

PT. Hanil Jaya Metal Works didirikan diatas area seluas 17,5 hektar dengan akta pendirian tanggal 29 November 1973 No. 256, dibuat dihadapan notaris Goesti Djohan, disetujui dengan keputusan Menteri Kehakiman RI tanggal 3 September 1975 No. Y.A.5/285/17, dan didaftarkan di Kepaniteraam Pengadilan Negeri Surabaya tanggal 22 September 2005 No. 1132/1975.

Penyesuaian Anggaran Dasar dengan UU No. 1 Tahun 1995 tentang Perseroan Terbatas tercantum dalam akta tanggal 14 Mei 1997 No. 14 dibuat dihadapan notaris Nyoman Gede Yudara SH, disetujui dengan Keputusan Menteri Kehakiman RI tanggal 22 Februari 1999 No. C-3187 HT.01.04.TH.99. Tanggal 15 Mei 2002 Rapat Umum Pemegang Saham memutuskan untuk meningkatkan modal dasar menjadi US$ 50.000.000, dan aktanya telah mendapat pengesahan dari Menteri Kehakiman dan HAM tanggal 24 Mei 2002 dengan surat No. C-09054 HT.01.04.TH.2002.

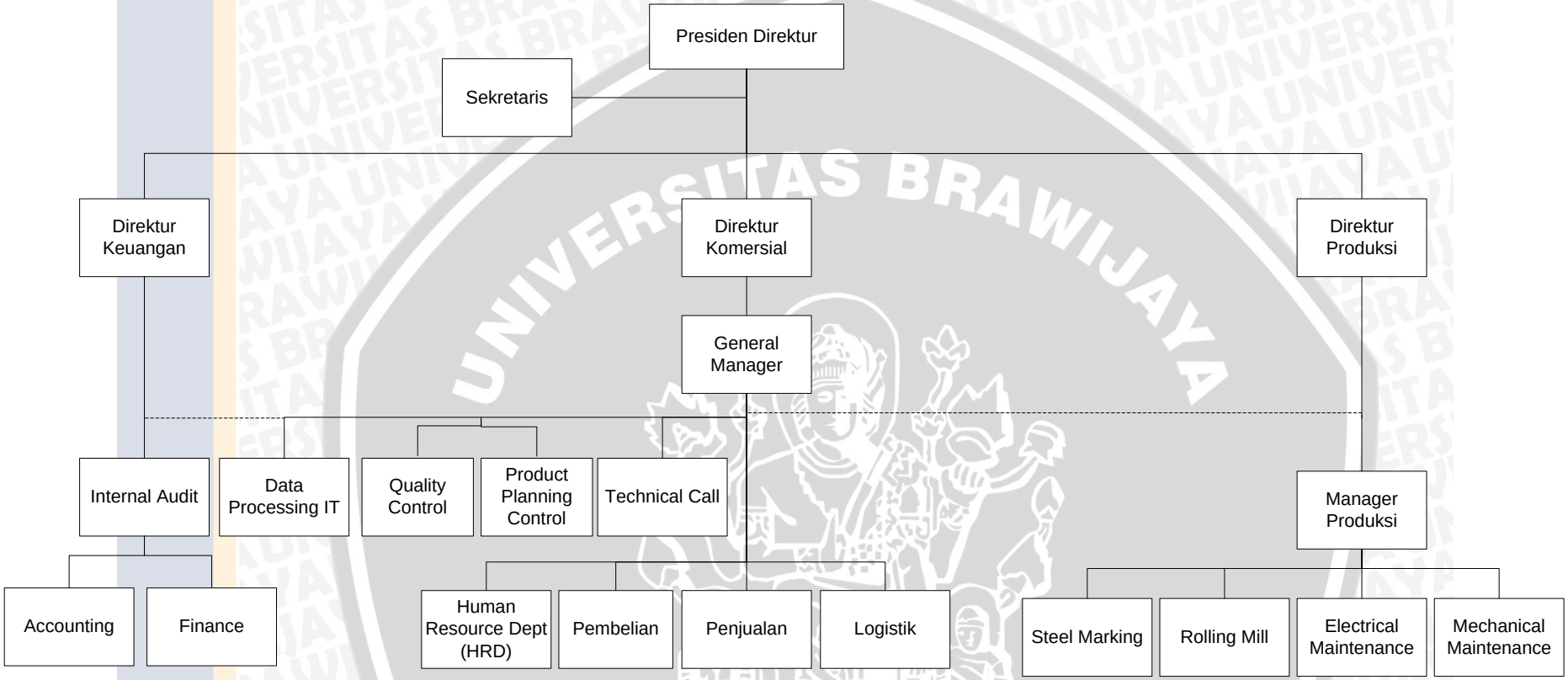
Perubahan nama perusahaan yang semula PT. Hanil Jaya Metal Works menjadi PT. Hanil Jaya Steel tercantum dalam akta tanggal 19 Oktober 2005 No. 19 dibuat dihadapan notaris Atika Ashibie SH, disetujui dengan SK. Menteri Hukum dan HAM RI tanggal 13 Februari 2006 No. C-03871 HT.01.04.TH.2006.

PT. Hanil Jaya Steel dikelola oleh jajaran direksi dan komisaris. Jajaran direksi terdiri dari Direktur Utama dan Sekretaris Direktur, sedangkan jajaran komisaris terdiri dari Komisaris Utama dan 2 Komisaris. Direktur Utama dijabat oleh Muhammad Toha,

Sekretaris Direktur dijabat oleh Syaifullah, Komisaris Utama dijabat oleh Boty Gozaly, Komisaris 1 dijabat oleh Juna Suganda dan Komisaris 2 dijabat oleh Willy Sutanto.

### 4.1.2 Struktur Organisasi

Dalam melaksanakan kegiatan operasional PT. Hanil Jaya Steel dipimpin oleh seorang Presiden Direktur yang membawahi 3 Direktur dan 1 General Manager. Terdapat 3 Departemen yang dipimpin oleh 3 Direktur yaitu Departemen Keuangan, Departemen Komersial dan Departemen Produksi. Penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada gambar 4.1 yang merupakan struktur organisasi PT. Hanil Jaya Steel.




Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT. Hanil Jaya Steel
Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

### 4.1.3 Visi dan Misi Perusahaan

Dalam pengembangan bisnisnya, PT. Hanil Jaya Steel mempunyai visi dan misi untuk mencapai target jangka pendek dan jangka panjang.

Visi :

Menjadi produsen baja yang berstandar internasional dan inovatif

Misi :

a. Secara konsisten melaksanakan peningkatan dan perbaikan
b. Secara proaktif melakukan program pemasaran
c. Melaksanakan pengendalian dan efisiensi di segala aspek internal

### 4.1.4 Produk Perusahaan

PT. Hanil Jaya Steel adalah perusahaan yang memproduksi baja beton. Perusahaan ini memproduksi berbagai jenis baja, yaitu *plain brass*, dan *deformed bars*. Masing-masing baja tersebut memiliki ukuran yang berbeda-beda. Berdasarkan data yang diperoleh dari perusahaan, jenis produk yang dihasilkan akan dijabarkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kapasitas Produksi Rata-Rata Pertahun

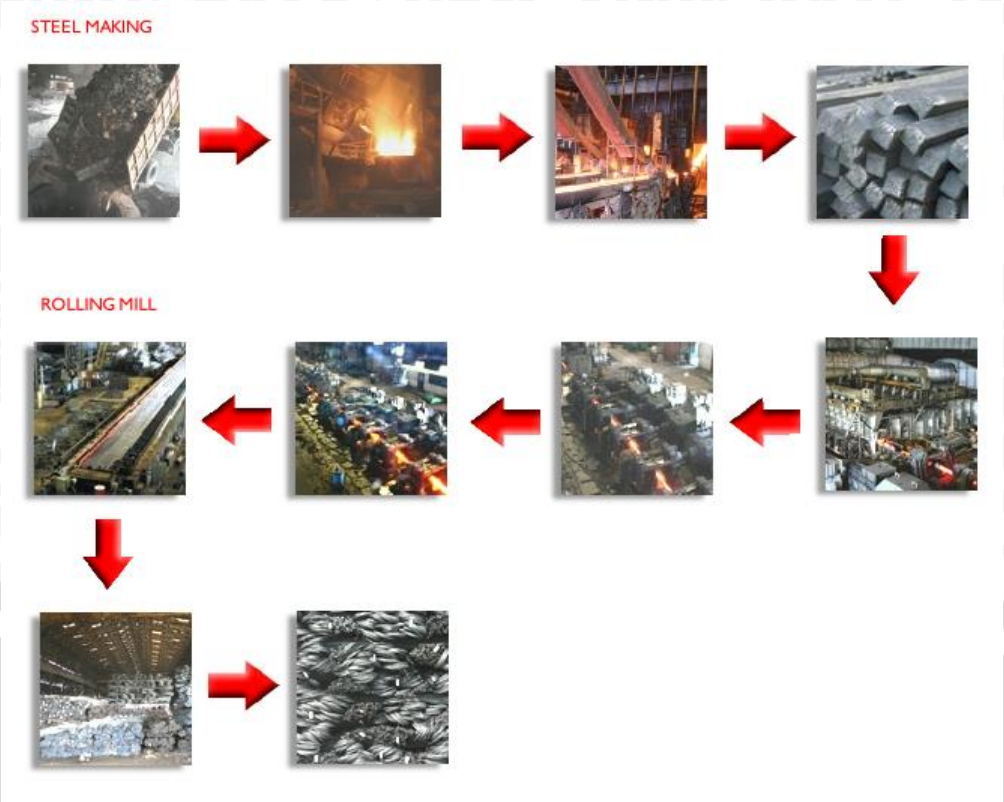
| Produk | Kapasitas |
|---|---|
| Billet | 150.000 ton/tahun |
| Steel Bar | 360.000 ton/tahun |
| Baja Tulangan | 60.000 ton/tahun |

Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

Baja tulangan tersebut kemudian dibedakan berdasarkan ukuran diameter. Terdapat 10 ukuran diameter ukuran SNI yang dibuat di departemen *rolling mill* 3, yaitu ukuran 10, 12, 13, 16, 19, 22, 25, 29, dan 32mm

### 4.1.5 Proses Produksi

*Rolling Mill* 3 adalah bagian proses pembentukan bahan baku berupa billet menjadi baja tulangan polos (*plain bars*) dan baja tulangan siri (*deformed bars*). Bahan baku yang berupa billet sebelumnya telah menjalani beberapa proses sebelum terbentuk billet antara lain proses peleburan dari besi-besi yang telah dibawa oleh truk. Kemudian dicetak dengan dimensi billet 120mm x 120mm, dengan panjang 6000mm. Di dalam departemen *Roling Mill* 3 terdapat 2 pulpit yang mengontrol proses produksi. Berikut ini adalah gambar proses produksi dimulai dari pembuatan billet sampai dengan produk jadi, ditunjukkan pada gambar 4.2.




Gambar 4.2 Proses Produksi Baja pada PT Hanil Jaya Steel
Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

Berikut ini adalah penjelasan proses produksi baja pada departmen *Rolling Mill* 3:

1. Proses *Reheating Furnace*

*Reheating furnace* (RHF) terdapat pemanasan atas ± 1400 ºC dan pemanasan bawah ± 1228 ºC. Pada pipa yang di dapur dilapisi dengan gas bul yang berfungsi sebagai penahan panas dari pipa tersebut. Terdapat juga batu tahan api. Batu tahan api merupakan material inorganik baik bersifat natural maupun sintesis yang tahan terhadap panas atau api dengan temperatur diatas 1000 ºC tanpa mengalami perubahan bentuk ataupun melebur. Tujuan dipasangnya batu tahan api adalah agar panas yang dihasilkan dalam tungku tidak merambat ke luar. Ketika billet sudah siap ditempatkan maka akan didorong oleh push hidrolik. Push hidrolik ini digunakan untuk mendorong billet masuk ke dapur, seperti yang terlihat pada gambar 4.3. Tekanan yang digunakan ± 100 bar yang menggunakan 3 pompa.

Gambar 4.3 Billet Masuk ke Dapur/*Furnace*
Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

Billet yang keluar dari dapur setelah dipanaskan terjadi proses oksidasi pada lapisan billet yang disebabkan terperangkapnya udara saat terjadi proses pemanasan pada billet. Ketika billet dikeluarkan dari *furnace* dan selanjutnya proses pengerollan dengan menggunakan roll-roll yang terbuat dari besi tuang sehingga ukuran billet menjadi lebih kecil dan lebih panjang. Pada gambar 4.4 menunjukkan proses billet yang keluar dari dapur/*furnace*.

Gambar 4.4 Billet Keluar dari *Reheating Furnace*
Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

2. Pulpit 1

Pulpit 1 adalah tempat pengendalian semua proses yang ada di dapur/*furnace*. Berikut ini hal yang ada di pulpit 1:

a. Terdapat panel-panel pengaturan suhu di dalam ruangan dapur
b. Terdapat panel-panel pengaturan buka/tutup pintu keluar masuk billet
c. Terdapat kamera untuk mengawasi saat proses telah berlangsung

Dalam hal ini operator di pulpit 1 mengawasi suhu di dalam dapur, tugas dari operator tersebut tidak hanya itu operator juga harus melihat keadaan di bagian *rolling*. Jika saat proses berlangsung tiba-tiba di bagian *rolling* terdapat *trouble*, maka proses tersebut harus dihentikan. Jika hal tersebut terjadi, maka operator pada pulpit 1 harus

menghentikan billet agar tidak keluar terus menerus dengan menutup pintu keluar dari billet. Jika proses perbaikan di bagian *rolling* terlalu lama, ini bisa berdampak pada billet yang ada di dalam dapur/furnace, untuk mengantisipasinya maka pada operator di pulpit menurunkan suhu yang ada di dalam dapur tersebut.

3. Proses *Rolling*

Pada bagian *rolling mill* ini terdapat *stand roll* dari mesin *rolling mill* 1 sampai mesin *rolling mill* 19 yang semuanya diatur pada pulpit 2. Billet akan melewati *stand* 1-19 proses pembentukan billet sampai pada ukuran dimensi yang diinginkan. *Stand* adalah nama urutan mesin *rolling mill* pada Departemen Rolling Mill 3. Khusus pada pembuatan ulir (*deform*) dipasang pada stand terakhir, sesuai ukuran yang akan dibentuk. Pada gambar 4.5 menunjukkan proses pembentukan billet yang masuk pada bagian *stand roll*.

Gambar 4.5 Proses Pembentukan Billet
Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

Pada proses *rolling mill* juga terdapat proses shearing yang bertujuan untuk memotong kepala billet yang berbentuk kurang bagus atau tidak teratur. Pada saat material sedang berjalan melewati mesin terdapat *temp core* yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan produk jadi, khususnya kekerasan billet dengan cara mengeraskan permukaan billet melalui penyemprotan air dengan kecepatan tentu. Kecepatan penyemprotan air diatur oleh *temp core controller*.

4. *Pinch Roll*

Pada proses ini produk akan diluruskan setelah mengalami proses pengerollan. Setelah itu produk akan masuk ke dalam *twin channel*, yaitu alat yang digunakan sebagai tempat keluarnya produk yang telah jadi. Dinamakan *twin channel* karena

terdapat dua jalur yang digunakan untuk menerima produk. Pada gambar 4.6 menunjukkan bagian *twin channel* pada *finishing proccess*.

Gambar 4.6 *Twin Channel*
Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

5. *Handling Bed*

Pada proses ini dilakukan *packaging* yaitu dengan mengikat produk sesuai dengan standart yang telah ditentukan. Produk yang telah jadi berukuran 6meter dengan jumlah 12 baja untuk setiap ikatnya. Semakin besar diameter yang dihasilkan maka semakin sedikit jumlah produk setiap ikatnya. Pada gambar 4.7 menunjukkan *handling bed* yang digunakan untuk tempat mengikat produk jadi.

Gambar 4.7 *Handling Bed*
Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

6. Mesin *Bending*

Setelah produk jadi selesai diikat maka proses selanjutnya adalah proses *bending*. Mesin *bending* digunakan untuk melengkungkan produk baja yang memiliki panjang 12 m sehingga dapat memudahkan untuk penyimpanan produk dan dalam proses pengangkutan baja ke dalam truk untuk dikirimkan kepada pelanggan. Pada gambar 4.8 menunjukkan mesin *bending* pada departemen *Rolling Mill* 3.

Gambar 4.8 *Bending Equipment*
Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

7. Pulpit 2

Pulpit 2 adalah bagian pengendalian dari proses *rolling mill* dari awal sampai terakhir. Pulpit 2 berperan penting pada dimensi produk yang dihasilkan. Pulpit 1 dan pulpit 2 harus saling berkoordinasi dalam memberikan informasi jika terjadi masalah pada proses produksi. Ketika pada proses *rolling mill* sampai dengan *finishing proccess* mengalami masalah, maka operator akan memberikan informasi kepada operator pulpit 1 untuk menghentikan mengeluarkan billet dari dapur.

8. Proses pengujian produk

a. Pengujian tarik (*tensile strength*)

Pada pengujian tarik, spesimen dikenai beban uji aksial yang meningkat secara progresif. Bentuk dan ukuran spesimen harus mengikuti standar pengujian yang ada, sesuai dengan jenis logam uji. Spesimen yang dikenai beban akan bertambah panjang, dan pertambahan panjang ini semakin besar dengan besarnya beban yang dikenakan pada spesimen.

b. Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan berdasarkan ketahanan terhadap indentasi merupakan metode pengujian yang digunakan dalam departemen ini. Pengujian kekerasan dilakukan untuk kontrol kualitas produk dengan mengetahui homogenitas struktur mikro akibat suatu proses pembentukan pemaduan *heat treatment* dan *case hardening*.

c. Pengujian struktur mikro

Pengujian struktur mikro berhubungan dengan pengamatan struktur logam baik secara mikro (pengamatan dengan alat bantu) ataupun makro (pengamatan tanpa alat bantu). Pengamatan struktur logam yang dilakukan meliputi pengamatan struktur dan pengenalan tipe, ukuran, distribusi, orientasi, dan kuantitas. Tipe mewakili nama khas

pada logam tertentu. Ukuran mewakili dimensi dari phase dibandingkan dengan dimensi yang lain. Distribusi mewakili daerah penyebaran masing-masing fase diantara luasan yang menjadi pengamatan *sample* tersebut. Bentuk dan orientasi mewakili pengambilan ruang atau arah satu fase dengan fase lainnya, sedangkan kuantitas mewakili jumlah masing-masing fase. Dalam pengujian struktur mikro terdapat beberapa tahap:

1) Persiapan specimen
2) *Grinding, polishing* (menghaluskan permukaan)
3) *Etching*/ mengetsa
4) Pengamatan dengan mikroskop optis

Berikut ini adalah salah satu aktivitas yang terdapat pada kantor *quality control* saat melakukan pengujian terhadap baja yang telah diproduksi ditunjukkan pada gambar 4.9. Pengujian dilakukan oleh bagian *quality control*.

Gambar 4.9 Proses Pengujian Tarik
Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

## 4.2 PENGUMPULAN DATA

Merupakan tahap untuk mengumpulkan data yang akan dianalisis pada permasalahan yang akan diselesaikan.

### 4.2.1 Pengumpulan Data Primer

Data Primer didapatkan melalui proses wawancara dengan kepala bagian *maintenance* untuk mengidentifikasi kegagalan yang terjadi.

### 4.2.2 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yang diperoleh dari Departemen *Rolling Mill* 3 PT Hanil Jaya Steel mengenai mesin-mesin *rolling mill*. Pada perusahaan tersebut urutan mesin *rolling mill* yang digunakan disebut dengan *stand*. Berikut ini merupakan data-data yang diperoleh dari data sekunder:

1. Data *downtime* pada mesin *rolling mill* ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data D*owntime* Pada Mesin *Rolling Mill*

| Bulan | 2012 (jam) | 2013 (jam) | 2014 (jam) |
|---|---|---|---|
| Januari | 137,83 | 119,93 | 124,45 |
| Februari | 78,5 | 114,78 | 132,08 |
| Maret | 101,83 | 123,42 | 141,7 |
| April | 79,58 | 99,42 | 90,25 |
| Mei | 107,25 | 130 | 100,05 |
| Juni | 91,33 | 111,67 | 52,1 |
| Juli | 91,25 | 152,83 | 82,86 |
| Agustus | 60,33 | 84,42 | 127,9 |
| September | 92,58 | 136,67 | 95,47 |
| Oktober | 85 | 145,17 | 103,35 |
| November | 106,92 | 106,42 | 130,1 |
| Desember | 126,33 | 143,17 | 124,82 |

Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

2. Data kerusakan dan waktu perbaikan *bearing exit guide* bergetar. Berikut ini adalah data dari *stand* 16 karena pada *stand* tersebut sering terjadi kerusakan, dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Kerusakan dan Waktu Perbaikan *Bearing exit guide* bergetar Pada *Stand* 16

| Tanggal | Kerusakan | Waktu Perbaikan (menit) |
|---|---|---|
| 20/4/2012 | *Bearing exit guide* bergetar | 20 |
| 1/9/2012 | *Bearing exit guide* bergetar | 20 |
| 16/11/2012 | *Bearing exit guide* bergetar | 15 |
| 11/2/2013 | *Bearing exit guide* bergetar | 30 |
| 15/2/2013 | *Bearing exit guide* bergetar | 30 |
| 2/3/2013 | *Bearing exit guide* bergetar | 35 |
| 28/3/2013 | *Bearing exit guide* bergetar | 20 |
| 24/12/2013 | *Bearing exit guide* bergetar | 20 |
| 25/1/2014 | *Bearing exit guide* bergetar | 20 |
| 2/5/2014 | *Bearing exit guide* bergetar | 15 |

Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

3. Data kerusakan dan waktu perbaikan *bearing exit guide* pecah. Berikut ini adalah data dari *stand* 2 karena pada *stand* tersebut sering terjadi kerusakan, dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Kerusakan dan Waktu Perbaikan *Bearing exit guide* pecah Pada *Stand* 2

| Tanggal | Kerusakan | Waktu Perbaikan (menit) |
|---|---|---|
| 8/1/2013 | *Bearing exit guide* pecah | 25 |
| 27/1/2013 | *Bearing exit guide* pecah | 25 |
| 7/10/2013 | *Bearing exit guide* pecah | 25 |
| 20/11/2013 | *Bearing exit guide* pecah | 35 |

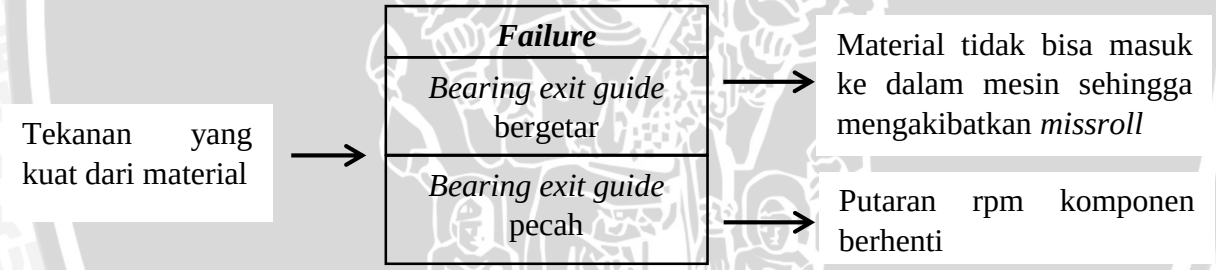
Sumber: Departemen *Rolling* Mill 3 PT Hanil Jaya Steel

## 4.3 PENGOLAHAN DATA

Pada pengolahan data ini dilakukan analisis penyebab terjadinya kegagalan pada proses *stand roll*. Setelah itu dilakukan perhitungan laju kerusakan dan laju perbaikan, serta mengolah data dengan *continuous markov chain*.

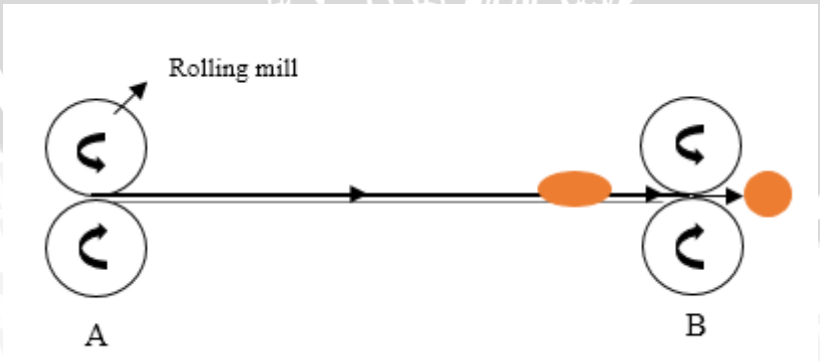
### 4.3.1 Analisis Penyebab Kegagalan Komponen

Kegagalan komponen bearing pada proses *stand roll* adalah *bearing exit guide* yang bergetar dan *bearing exit guide* yang pecah. Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan penyebab kegagalan serta dampak dari kegagalan yang tersebut.




Gambar 4.10 Penyebab dan Dampak Kegagalan Komponen

Dibawah ini adalah uraian mengenai penyebab dan efek kegagalan dari komponen tersebut.




Gambar 4.11 Penyebab terjadinya *failure*

Pada gambar 4.11 Menunjukkan ada dua buah mesin *rolling mill* A dan B. Dimana mesin *rolling mill* A mencetak material menjadi oval dan mesin *rolling mill* B mencetak material menjadi bentuk bulat. Di dalam mesin *rolling mill* terdapat *entry*

*guide* dan *exit guide* yang masing-masing fungsinya sebagai jalan masuk dan keluarnya material ketika diproses ke dalam mesin *rolling mill*. *Bearing* pada *entry guide* dan *exit guide* berfungsi sebagai penopang roll pada *entry guide* dan *exit guide*. Material yang masuk ke dalam *entry guide* pada mesin *rolling mill* B untuk dibentuk bulat, harus diputar dari horisontal ke vertikal. Bagian yang berfungsi untuk memutar material tersebut adalah *exit guide*. Ketika *bearing* dalam *exit guide* tidak dapat menopang dan mengalami kerusakan maka akan menyebabkan material tidak dapat masuk ke dalam mesin *rolling mill* selanjutnya. Hal itu juga mempengaruhi putaran rpm komponen tersebut jika *bearing* dalam *exit guide* mengalami kerusakan/pecah.

### 4.3.2 Perhitungan Laju Kerusakan dan Laju Perbaikan

Perhitungan laju kerusakan dan laju perbaikan digunakan untuk mengetahui rata-rata kerusakan komponen dan waktu perbaikan yang dilakukan. Berikut ini perhitungan laju kerusakan dan laju perbaikan untuk *bearing exit guide* bergetar dan *bearing exit guide* pecah.

1. *Bearing exit guide* bergetar

Pada Tabel 4.5 dapat dilihat rekap perhitungan laju kerusakan dan laju perbaikan. Untuk laju kerusakan dilakukan perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF), kemudian menghitung laju kerusakannya.

Tabel 4.5 Perhitungan Laju Kerusakan dan Laju Perbaikan *Bearing exit guide* bergetar Pada *Stand* 16

| Tanggal | Kerusakan | Waktu Perbaikan (menit) | Waktu Antar Kerusakan (jam) |
|---|---|---|---|
| 20/4/12 | *bearing exit guide* bergetar | 20 | |
| 1/9/2012 | *bearing exit guide* bergetar | 20 | 3144 |
| 16/11/12 | *bearing exit guide* bergetar | 15 | 1320 |
| 11/2/2013 | *bearing exit guide* bergetar | 30 | 1560 |
| 15/2/13 | *bearing exit guide* bergetar | 30 | 96 |
| 2/3/2013 | *bearing exit guide* bergetar | 35 | 408 |
| 28/3/13 | *bearing exit guide* bergetar | 20 | 624 |
| 24/12/13 | *bearing exit guide* bergetar | 20 | 6384 |
| 25/1/14 | *bearing exit guide* bergetar | 20 | 696 |
| 2/5/2014 | *bearing exit guide* bergetar | 15 | 2328 |
| **Rata-rata** | | **22.5** | **1840** |
| **Laju kerusakan** | | **0.00054** | |
| **Laju perbaikan** | | **2.66667** | |

Berikut ini merupakan contoh perhitungan dari laju kerusakan dan laju perbaikan untuk *bearing exit guide* bergetar pada *stand* 16.

a. Laju kerusakan

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{1840} = 0{,}00054$$

b. Laju perbaikan

$$\mu = \frac{1}{rata - rata\ waktu\ perbaikan}$$

$$\mu = \frac{1}{22{,}5 : 60} = \frac{1}{0{,}375} = 2{,}66667$$

Setelah dilakukan perhitungan laju kerusakan dan laju perbaikan semua *stand*, maka dihitung rata-rata dari laju kerusakan dan laju perbaikan semua *stand*. Berikut ini adalah rekap hasil perhitungan laju kerusakan dan laju perbaikan *bearing exit guide bergetar* dari *stand* yang mengalami kerusakan, dapat dilihat pada Tabel 4.6. Untuk *stand* 1, *stand* 2, *stand* 3, *stand* 7, *stand* 9, *stand* 11, *stand* 12, *stand* 13, *stand* 15, *stand* 17 dan *stand* 19 komponen *bearing exit guide* tidak mengalami kerusakan pada tahun 2012-2014.

Tabel 4.6 Rekap Hasil Perhitungan Laju Kerusakan Dan Laju Perbaikan *Bearing exit guide bergetar* Semua *Stand*

| | **Laju kerusakan** | **Laju perbaikan** |
|---|---|---|
| ***stand* 4** | 0.000136 | 3 |
| ***stand* 5** | 0.000292 | 2.823529 |
| ***stand* 6** | 0.000328 | 2.666667 |
| ***stand* 8** | 0.010417 | 2 |
| ***stand* 10** | 0.000278 | 3.2 |
| ***stand* 14** | 6.72E-05 | 1.714286 |
| ***stand* 16** | 0.000543 | 2.666667 |
| ***stand* 18** | 0.000185 | 2 |
| **rata-rata** | **0.00153** | **2.50889** |

Dari hasil perhitungan untuk *bearing exit guide* bergetar diperoleh laju kerusakan ($\lambda$) sebesar 0,00153 dan laju perbaikan (μ) sebesar 2,50889. Nilai laju kerusakan dan laju perbaikan ini akan digunakan untuk menghitung probabilitas dari matriks transisi yang akan dibuat.

2. *Bearing exit guide* pecah

Pada Tabel 4.7 dapat dilihat rekap perhitungan laju kerusakan dan laju perbaikan. Untuk laju kerusakan dilakukan perhitungan *Mean Time Between Failure* (MTBF), kemudian menghitung laju kerusakannya.

Tabel 4.7 Perhitungan Laju Kerusakan dan Laju Perbaikan *Bearing exit guide* pecah Pada *Stand* 2

| Tanggal | Kerusakan | Waktu Perbaikan (menit) | Waktu Antar Kerusakan (jam) |
|---|---|---|---|
| 8/1/2013 | *Bearing exit guide* pecah | 25 | |
| 27/1/2013 | *Bearing exit guide* pecah | 25 | 456 |
| 7/10/2013 | *Bearing exit guide* pecah | 25 | 6720 |
| 20/11/2013 | *Bearing exit guide* pecah | 35 | 1128 |
| **Rata-rata** | | **27.5** | **2768** |
| **Laju kerusakan** | | **0.00036** | |
| **Laju perbaikan** | | **2.18182** | |

Berikut ini merupakan contoh perhitungan dari laju kerusakan dan laju perbaikan untuk *bearing exit guide pecah* pada *stand* 2.

a. Laju kerusakan

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{2768} = 0{,}00036$$

b. Laju perbaikan

$$\mu = \frac{1}{rata - rata\ waktu\ perbaikan}$$

$$\mu = \frac{1}{27{,}5:60} = \frac{1}{0{,}45833} = 2{,}18182$$

Setelah dilakukan perhitungan laju kerusakan dan laju perbaikan semua *stand*, maka dihitung rata-rata dari laju kerusakan dan laju perbaikan semua *stand*. Berikut ini adalah rekap hasil perhitungan laju kerusakan dan laju perbaikan *bearing exit guide* pecah dari semua *stand* yang mengalami kerusakan, dapat dilihat pada Tabel 4.8. Untuk *stand* 1, *stand* 5, *stand* 7, *stand* 9, *stand* 11, *stand* 13, *stand* 14, *stand* 15, *stand* 17, *stand* 18, dan *stand* 19 komponen bearing exit guide tidak terjadi kerusakan pada tahun 2012-2014.

Tabel 4.8 Rekap Hasil Perhitungan Laju Kerusakan Dan Laju Perbaikan *Bearing Exit Guide* Pecah Semua *Stand*

| | Laju kerusakan | Laju perbaikan |
|---|---|---|
| ***stand* 2** | 0.000361 | 2.181818 |
| ***stand* 3** | 0.000118 | 2 |
| ***stand* 4** | 0.000234 | 2 |
| ***stand* 6** | 0.00018 | 2.4 |
| ***stand* 8** | 0.000229 | 3.428571 |
| ***stand* 10** | 0.000133 | 2.4 |
| ***stand* 12** | 0.000123 | 2.181818 |
| ***stand* 16** | 0.000138 | 3 |
| **rata-rata** | **0.00019** | **2.44903** |

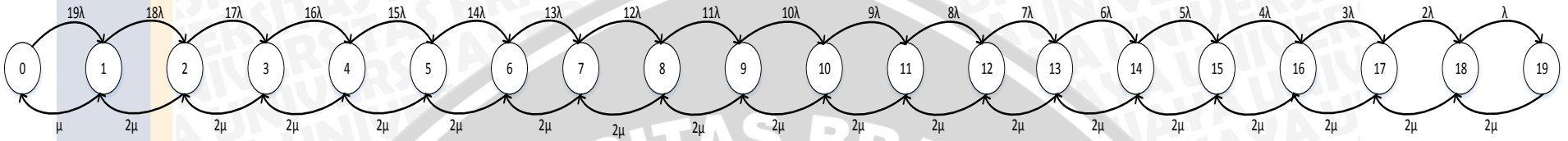
Dari hasil perhitungan untuk *bearing exit guide* pecah diperoleh laju kerusakan ($\lambda$) sebesar 0,00019 dan laju perbaikan ($\mu$) sebesar 2,44903. Nilai laju kerusakan dan laju perbaikan ini akan digunakan untuk menghitung probabilitas dari matriks transisi yang akan dibuat.

### 4.3.3 Identifikasi *State*

Identifikasi *state* dilakukan untuk menganalisa *state* yang dialami oleh sistem pada mesin *rolling mill*. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan untuk 19 mesin *rolling mill* yang digunakan. Oleh karena itu terdapat 19 *state*, dimana:

- *State* 0 adalah keadaan mesin belum mengalami kerusakan.
- *State* 1 adalah 1 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 2 adalah 2 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 3 adalah 3 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 4 adalah 4 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 5 adalah 5 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 6 adalah 6 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 7 adalah 7 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 8 adalah 8 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 9 adalah 9 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 10 adalah 10 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 11 adalah 11 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 12 adalah 12 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 13 adalah 13 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 14 adalah 14 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 15 adalah 15 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 16 adalah 16 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 17 adalah 17 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 18 adalah 18 mesin *rolling mill* yang rusak
- *State* 19 adalah 19 mesin *rolling mill* yang rusak

Selanjutnya membuat diagram transisi untuk *state* yang telah ditentukan, terdapat 2 operator *maintenance* sehingga laju perbaikan dikalikan 2. Berikut ini adalah diagram transisi dari 19 *state* dapat dilihat pada gambar 4.13.




Gambar 4.13 Diagram Transisi (*Bearing exit guide* bergetar dan *Bearing exit guide* pecah)

Berikut ini adalah model matriks transisi untuk *bearing exit guide* bergetar dan *bearing exit guide* pecah berdasarakan diagram transisi:

A =

| | P0 | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | P12 | P13 | P14 | P15 | P16 | P17 | P18 | P19 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P0 | -19λ | 19λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P1 | μ | -(18λ+μ) | 18λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P2 | 0 | 2μ | -(17λ+2μ) | 17λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P3 | 0 | 0 | 2μ | -(16λ+2μ) | 16λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P4 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(15λ+2μ) | 15λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(14λ+2μ) | 14λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(13λ+2μ) | 13λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(12λ+2μ) | 12λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(11λ+2μ) | 11λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(10λ+2μ) | 10λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(9λ+2μ) | 9λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(8λ+2μ) | 8λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(7λ+2μ) | 7λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(6λ+2μ) | 6λ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(5λ+2μ) | 5λ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(4λ+2μ) | 4λ | 0 | 0 | 0 |
| P16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(3λ+2μ) | 3λ | 0 | 0 |
| P17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(2λ+2μ) | 2λ | 0 |
| P18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2μ | -(λ+2μ) | Λ |
| *P19* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *0* | *2μ* | *-2μ* |

Nilai laju kerusakan (λ) dan laju perbaikan (μ) untuk *bearing exit guide* bergetar dan *bearing exit guide* pecah yang telah ditentukan sebelumnya, dapat dimasukkan ke dalam matriks transisi.

### 4.3.4 Perhitungan Probabilitas

Dari hasil perhitungan matriks transisi, maka akan diperoleh nilai probabilitas untuk setiap *state* yang telah ditentukan, Menurut Hiller (2005: 185), $P_{ij}$ adalah peluang transisi satu langkah dari keadaan $i$ ke keadaan $j$. Oleh karena itu $\sum_{j=0}^{M} p_{ij} = 1$, sehingga

$$P0 + P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 + P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15 + P16 + P17 + P18 + P19 = 1$$

Maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$-19\lambda\, P0 + \mu\, P1 = 0 \quad (4\text{-}1)$$

$$19\lambda\, P0 + (-18\lambda - \mu)P1 + 2\mu P2 = 0 \quad (4\text{-}2)$$

$$18\lambda\, P1 + (-17\lambda - 2\mu)P2 + 2\mu P3 = 0 \quad (4\text{-}3)$$

$$17\lambda\, P2 + (-16\lambda - 2\mu)P3 + 2\mu P4 = 0 \quad (4\text{-}4)$$

$$16\lambda\, P3 + (-15\lambda - 2\mu)P4 + 2\mu P5 = 0 \quad (4\text{-}5)$$

$$15\lambda\, P4 + (-14\lambda - 2\mu)P5 + 2\mu P6 = 0 \quad (4\text{-}6)$$

$$14\lambda\, P5 + (-13\lambda - 2\mu)P6 + 2\mu P7 = 0 \quad (4\text{-}7)$$

$$13\lambda\, P6 + (-12\lambda - 2\mu)P7 + 2\mu P8 = 0 \quad (4\text{-}8)$$

$$12\lambda\, P7 + (-11\lambda - 2\mu)P8 + 2\mu P9 = 0 \quad (4\text{-}9)$$

$$11\lambda\, P8 + (-10\lambda - 2\mu)P9 + 2\mu P10 = 0 \quad (4\text{-}10)$$

$$10\lambda\, P9 + (-9\lambda - 2\mu)P10 + 2\mu P11 = 0 \quad (4\text{-}11)$$

$$9\lambda\, P10 + (-8\lambda - 2\mu)P11 + 2\mu P12 = 0 \quad (4\text{-}12)$$

$$8\lambda\, P11 + (-7\lambda - 2\mu)P12 + 2\mu P13 = 0 \quad (4\text{-}13)$$

$$7\lambda\, P12 + (-6\lambda - 2\mu)P13 + 2\mu P14 = 0 \quad (4\text{-}14)$$

$$6\lambda\, P13 + (-5\lambda - 2\mu)P14 + 2\mu P15 = 0 \quad (4\text{-}15)$$

$$5\lambda\, P14 + (-4\lambda - 2\mu)P15 + 2\mu P16 = 0 \quad (4\text{-}16)$$

$$4\lambda\, P15 + (-3\lambda - 2\mu)P16 + 2\mu P17 = 0 \quad (4\text{-}17)$$

$$3\lambda\, P16 + (-2\lambda - 2\mu)P17 + 2\mu P18 = 0 \quad (4\text{-}18)$$

$$2\lambda\, P17 + (-\lambda - 2\mu)P18 + 2\mu P19 = 0 \quad (4\text{-}19)$$

Berdasarkan persamaan diatas maka dapat dihitung nilai probabilitas dari setiap *state.* Berikut ini adalah perhitungan probabilitas pada *bearing exit guide* bergetar dan *bearing exit guide* pecah.

1. *Bearing exit guide* bergetar

Contoh perhitungan penyelesaian persamaan 4-1 sebagai berikut:

Diketahui laju kerusakan ($\lambda$) =0,00153 dan laju perbaikan (μ) = 2,50889.

$-19\lambda\ P0 + \mu\ P1 = 0$

$-19(0{,}00153)P0 + 2{,}50889P1 = 0$

$2{,}50889P1 = 0 + 0{,}02908\ P0$

$P1 = 0{,}01159P0$

Berdasarkan persamaan 4-1 sampai 4-19 maka diperoleh hasil sebagai berikut pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Probabilitas Transisi *Bearing exit guide* bergetar

| Persamaan | Hasil Perhitungan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---|---|---|---|
| 4-1 | P1 = 0,012 P0 | 4-11 | P11 = $2.644.10^{-19}$ P0 |
| 4-2 | P2 = $6.367.10^{-5}$ P0 | 4-12 | P12 = $2.643.10^{-19}$ P0 |
| 4-3 | P3 = $3.302.10^{-7}$ P0 | 4-13 | P13 = $2.642.10^{-19}$ P0 |
| 4-4 | P4 = $1.612.10^{-9}$ P0 | 4-14 | P14 = $2.641.10^{-19}$ P0 |
| 4-5 | P5 = $7.377.10^{-12}$ P0 | 4-15 | P15 = $2.640.10^{-19}$ P0 |
| 4-6 | P6 = $3.151.10^{-14}$ P0 | 4-16 | P16 = $2.639.10^{-19}$ P0 |
| 4-7 | P7 = $1.252.10^{-16}$ P0 | 4-17 | P17 = $2.639.10^{-19}$ P0 |
| 4-8 | P8 = $7.222.10^{-19}$ P0 | 4-18 | P18 = $2.638.10^{-19}$ P0 |
| 4-9 | P9 = $2.661.10^{-19}$ P0 | 4-19 | P19 = $2.637.10^{-19}$ P0 |
| 4-10 | P10 = $2.644.10^{-19}$ P0 | | |

Karena $\sum_{j=0}^{M} p_{ij} = 1$, maka:

$P0 + P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 + P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15 + P16 + P17 + P18 + P19 = 1$

$1 + 0{,}012\ P0 + (6.367.10^{-5})P0 + (3{,}302.10^{-7})P0 + (1{,}612.10^{-9})P0 + (7.377.10^{-12})P0 + (3.151.10^{-14})P0 + (1.252.10^{-16})P0 + (7.222.10^{-19})P0 + (2.661.10^{-19})P0 + (2.644.10^{-19})P0 + (2.644.10^{-19})P0 + (2.643.10^{-19})P0 + (2.642.10^{-19})P0 + (2.641.10^{-19})P0 + (2.640.10^{-19})P0 + (2.639.10^{-19})P0 + (2.639.10^{-19})P0 + (2.638.10^{-19})P0 + (2.637.10^{-19})P0 = 1$

$1.011658P0 = 1$

$P0 = 0.9885$

Dari perhitungan persamaan yang telah ditentukan diatas, maka dapat diperoleh nilai dari probabilitas untuk setiap *state* yang ditampilkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Nilai Probabilitas Setiap *State Bearing Exit Guide* Bergetar

| *State* | Nilai Probabilitas | *State* | Nilai Probabilitas |
|---|---|---|---|
| *State* 0 | 0.989 | *State* 10 | $2.614.10^{-19}$ |
| *State* 1 | 0.012 | *State* 11 | $2.613.10^{-19}$ |
| *State* 2 | $6.294.10^{-5}$ | *State* 12 | $2.612.10^{-19}$ |

Tabel 4.10 Nilai Probabilitas Setiap *State Bearing Exit Guide* Bergetar (Lanjutan)

| *State* | Nilai Probabilitas | *State* | Nilai Probabilitas |
|---|---|---|---|
| *State* 3 | $3.264.10^{-7}$ | *State* 13 | $2.612.10^{-19}$ |
| *State* 4 | $1.593.10^{-9}$ | *State* 14 | $2.611.10^{-19}$ |
| *State* 5 | $7.292.10^{-12}$ | *State* 15 | $2.609.10^{-19}$ |
| *State* 6 | $3.115.10^{-14}$ | *State* 16 | $2.609.10^{-19}$ |
| *State* 7 | $1.238.10^{-16}$ | *State* 17 | $2.609.10^{-19}$ |
| *State* 8 | $7.139.10^{-19}$ | *State* 18 | $2.608.10^{-19}$ |
| *State* 9 | $2.629.10^{-19}$ | *State* 19 | $2.607.10^{-19}$ |

Nilai probabilitas setiap *state* tersebut akan digunakan untuk mencari nilai rata-rata banyaknya kerusakan secara bersamaan, dengan rumus $\sum(P(x) \times x)$, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

$$(0.989 \times 0) + (0.012 \times 1) + (6.294.10^{-5} \times 2) + (3.264.10^{-7} \times 3) + (1.593.10^{-9} \times 4)$$
$$+(7.292.10^{-12} \times 5) + (3.115.10^{-14} \times 6) + (1.238.10^{-16} \times 7) + (7.139.10^{-19} \times 8)$$
$$+(2.629.10^{-19} \times 9) + (2.614.10^{-19} \times 10) + (2.613.10^{-19} \times 11) + (2.612.10^{-19} \times 12)$$
$$+(2.612.10^{-19} \times 13) + (2.611.10^{-19} \times 14) + (2.609.10^{-19} \times 15) + (2.609.10^{-19} \times 16)$$
$$+(2.609.10^{-19} \times 17) + (2.608.10^{-19} \times 18) + (2.607.10^{-19} \times 19) = \mathbf{0.01159}$$

Maka nilai rata-rata banyaknya *bearing exit guide* bergetar yang rusak bersamaan adalah 0,01159.

2. *Bearing exit guide* pecah

Contoh perhitungan penyelesaian persamaan 4-1 sebagai berikut:

Diketahui laju kerusakan ($\lambda$) =0,00019 dan laju perbaikan (μ) = 2,44903.

$$-19\lambda\, P0 + \mu\, P1 = 0$$
$$-19(0{,}00019)P0 + 2{,}44903P1 = 0$$
$$2{,}44903P1 = 0 + 0{,}0036\, P0$$
$$P1 = 0{,}00147P0$$

Berdasarkan persamaan 4-1 sampai 4-19 maka diperoleh hasil sebagai berikut pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Probabilitas Transisi *Bearing Exit Guide* Pecah

| Persamaan | Hasil Perhitungan | Persamaan | Hasil Perhitungan |
|---|---|---|---|
| 4-1 | P1 = 0.00147 P0 | 4-11 | P11 = $4.178.10^{-13}$ P0 |
| 4-2 | P2 = $1.023.10^{-6}$ P0 | 4-12 | P12 = $4.179.10^{-13}$ P0 |
| 4-3 | P3 = $6.729.10^{-10}$ P0 | 4-13 | P13 = $4.180.10^{-13}$ P0 |
| 4-4 | P4 = $4.164.10^{-13}$ P0 | 4-14 | P14 = $4.181.10^{-13}$ P0 |
| 4-5 | P5 = $4.167.10^{-13}$ P0 | 4-15 | P15 = $4.182.10^{-13}$ P0 |
| 4-6 | P6 = $4.169.10^{-13}$ P0 | 4-16 | P16 = $4.183.10^{-13}$ P0 |
| 4-7 | P7 = $4.171.10^{-13}$ P0 | 4-17 | P17 = $4.183.10^{-13}$ P0 |
| 4-8 | P8 = $4.173.10^{-13}$ P0 | 4-18 | P18 = $4.184.10^{-13}$ P0 |
| 4-9 | P9 = $4.175.10^{-13}$ P0 | 4-19 | P19 = $4.183.10^{-13}$ P0 |
| 4-10 | P10 = $4.176.10^{-13}$ P0 | | |

Karena $\sum_{j=0}^{M} p_{ij} = 1$, maka:

$$P0 + P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 + P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15 + P16 + P17 + P18 + P19 = 1$$

$$1 + 0.00147\,P0 + (1.023.10^{-6})P0 + (6.729.10^{-10})P0 + (4.164.10^{-13})P0 + (4.167.10^{-13})P0 + (4.169.10^{-13})P0 + (4.171.10^{-13})P0 + (4.173.10^{-13})P0 + (4.175.10^{-13})P0 + (4.176.10^{-13})P0 + (4.178.10^{-13})P0 + (4.179.10^{-13})P0 + (4.180.10^{-13})P0 + (4.181.10^{-13})P0 + (4.182.10^{-13})P0 + (4.183.10^{-13})P0 + (4.183.10^{-13})P0 + (4.184.10^{-13})P0 + (4.183.10^{-13})P0 = 1$$

$$1.00147P0 = 1$$

$$P0 = 0.999$$

Dari perhitungan persamaan yang telah ditentukan diatas, maka dapat diperoleh nilai dari probabilitas untuk setiap *state* yang ditampilkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Nilai Probabilitas Setiap *State Bearing Exit Guide* Pecah

| ***State*** | **Nilai Probabilitas** | ***State*** | **Nilai Probabilitas** |
|---|---|---|---|
| *State* 0 | 0.999 | *State* 10 | $4.170.10^{-13}$ |
| *State* 1 | 0.00147 | *State* 11 | $4.172.10^{-13}$ |
| *State* 2 | $1.022.10^{-6}$ | *State* 12 | $4.173.10^{-13}$ |
| *State* 3 | $6.719.10^{-10}$ | *State* 13 | $4.174.10^{-13}$ |
| *State* 4 | $4.158.10^{-13}$ | *State* 14 | $4.175.10^{-13}$ |
| *State* 5 | $4.161.10^{-13}$ | *State* 15 | $4.176.10^{-13}$ |
| *State* 6 | $4.163.10^{-13}$ | *State* 16 | $4.176.10^{-13}$ |
| *State* 7 | $4.165.10^{-13}$ | *State* 17 | $4.177.10^{-13}$ |
| *State* 8 | $4.167.10^{-13}$ | *State* 18 | $4.177.10^{-13}$ |
| *State* 9 | $4.167.10^{-13}$ | *State* 19 | $4.177.10^{-13}$ |

Nilai probabilitas setiap *state* tersebut akan digunakan untuk mencari nilai rata-rata banyaknya kerusakan secara bersamaan, dengan rumus $\sum(P(x) \times x)$, maka diperoleh hasil sebagai berikut:

$$(0.999 \times 0) + (0.00147 \times 1) + (1.022.10^{-6} \times 2) + (6.719.10^{-10} \times 3) + (4.158.10^{-13} \times 4) + (4.161.10^{-13} \times 5) + (4.163.10^{-13} \times 6) + (4.165.10^{-13} \times 7) + (4.167.10^{-13} \times 8) + (4.167.10^{-13} \times 9) + (4.170.10^{-13} \times 10) + (4.172.10^{-13} \times 11) + (4.173.10^{-13} \times 12) + (4.174.10^{-13} \times 13) + (4.175.10^{-13} \times 14) + (4.176.10^{-13} \times 15) + (4.176.10^{-13} \times 16) + (4.177.10^{-13} \times 17) + (4.177.10^{-13} \times 18) + (4.177.10^{-13} \times 19) = \mathbf{0.00147}$$

Maka nilai rata-rata banyaknya *bearing exit guide* pecah yang rusak bersamaan adalah 0,00147.

## 4.4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini memberikan paparan mengenai hasil analisis, serta rekomendasi yang akan diberikan untuk perusahaan. Dalam penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa perbedaan penggunaan metode serta langkah-langkah pengerjaan yang

dipengaruhi oleh kondisi lapangan dan keterbatasan yang dimiliki oleh peneliti untuk memberikan hasil akhir. Oleh sebab itu, dilakukan pembahasan terkait hasil pengolahan data yang telah dilakukan.

1. Keandalan (*Reliability*)

Menurut Vinayak dan Dharmaraja (2012: 521) menyatakan bahwa keandalan (*reliability*) adalah kemampuan suatu sistem untuk melakukan fungsi yang diperlukan tanpa mengalami kegagagalan pada periode waktu tertentu, sehingga keandalan juga merupakan fungsi waktu. Keandalan sistem sama dengan P(ij). Probabilitas pada *state* 0 merupakan kondisi mesin yang belum mengalami kerusakan

Seperti yang dinyatakan sebelumnya pada identifikasi *state* bahwa *state* 0 adalah mesin *rolling mill* yang belum mengalami kerusakan. Pada hasil perhitungan probabilitas transisi untuk *bearing exit guide* bergetar diketahui bahwa P(0) sebesar 0,989. Ini berarti bahwa tingkat keandalan mesin sebesar 98,9%. Sedangkan untuk *bearing exit guide* pecah memiliki nilai P(0) sebesar 0,999 dengan tingkat keandalan mesin sebesar 99,9 %. Karena tingkat keandalan mesin tinggi maka perawatan mengacu pada MTTF (*Mean Time To Failure*).

2. Rata-rata Banyaknya Kerusakan Bersamaan

Rata-rata banyaknya kerusakan *bearing exit guide* bergetar secara bersamaan adalah sebesar 0,01159. Sedangkan rata-rata banyaknya kerusakan bersamaan untuk *bearing exit guide* pecah adalah sebesar 0,00147. Karena nilai rata-rata relative kecil maka untuk jadwal perawatan menggunakan MTTF (*Mean Time To Failure*)

3. Jadwal *Preventive Maintenance*

Berdasarkan perhitungan yang telah diperoleh maka dapat menentukan jadwal *preventive maintenance* dengan menghitung nilai MTTF (*Mean Time To Failure*). Untuk mengetahui besar MTTF suatu komponen dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Pyo Park, dkk, 2011: 26):

$$\lambda = \frac{1}{MTTF}$$

Berikut ini adalah perhitungan nilai MTTF untuk *bearing exit guide* bergetar dan *bearing exit guide* pecah:

a. *Bearing exit guide* bergetar

Diketahui laju kerusakan (λ) adalah 0,00153

$$\lambda = \frac{1}{MTTF}$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

$$MTTF = \frac{1}{0{,}00153} = 653 \text{ jam} = 27 \text{ hari}$$

Nilai MTTF *bearing exit guide* bergetar adalah sebesar 27 hari, maka diperlukan kegiatan *preventive maintenance* setiap 27 hari. Adapun kegiatan perawatan preventif yang dilakukan untuk *bearing exit guide* bergetar adalah berupa pengencangan *bearing* setiap 27 hari untuk setiap mesin *rolling mill*.

b. *Bearing exit guide* pecah

Diketahui laju kerusakan (λ) adalah 0,00019

$$\lambda = \frac{1}{MTTF}$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

$$MTTF = \frac{1}{0{,}00019} = 5263 \text{ jam} = 219 \text{ hari}$$

Nilai MTTF *bearing exit guide* pecah adalah sebesar 219 hari, maka diperlukan kegiatan *preventive maintenance* setiap 219 hari. Penggantian *bearing exit guide* pecah dilakukan setelah melakukan 7 kali pengencangan *bearing*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Lembar Kendali Perawatan Komponen *Bearing Exit Guide*

| **27** | **54** | **81** | **108** | **135** | **162** | **189** | **216** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| K | K | K | K | K | K | K | G |
| **243** | **270** | **297** | **324** | **351** | **378** | **405** | **432** |
| K | K | K | K | K | K | K | G |

Keterangan:

K adalah pengencangan *bearing exit guide*

G adalah penggantian *bearing exit guide*

Selain pengencangan dan penggantian komponen untuk *bearing exit guide*, perawatan preventif dapat dilakukan dengan memberikan pelumasan secara rutin setiap hari. Pelumasan tersebut dapat berupa *grease* dan oli. Sehingga dengan adanya pelumasan yang rutin serta jadwal perawatan penggantian yang rutin maka dapat meminimasi kerusakan yang terjadi pada *bearing exit guide*.

Dari hasil penelitian diperoleh maka kebijakan perawatan yang diberikan untuk perawatan bearing exit guide pada proses *rolling mill* adalah dilakukan perawatan

preventif dengan melakukan pengencangan *bearing exit guide* setiap 27 hari yang diperoleh dari perhitungan MTTF. Jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pada penelitian yang dilakukan oleh Yuliana (2009), kebijakan perawatan mesin yang dilakukan adalah perawatan preventif dengan jadwal preventif ditentukan berdasarkan nilai MTBF, MTTR dan MUT (*Mean Up Time*). Dimana MUT adalah selisih dari nilai MTBF dengan MTTR. Dari hasil penelitian yang dilakukan ini diharapkan dapat menurunkan tingkat kegagalan pada saat mesin *rolling mill* sedang beroperasi dan mengurangi jumlah produk yang *reject* maupun *missroll*.