

4. PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

Pengolahan dan analisa data akan dilakukan untuk mendukung tujuan penelitian yaitu pembuatan jadwal *predictive maintenance* bagi mesin *pellet*. Hal yang akan dibahas pertama kali adalah tentang proses produksi yang berlangsung di rantai produksi. Tahap selanjutnya adalah dengan menentukan komponen kritis pada setiap mesin *pellet* sebagai komponen yang akan dibuat jadwal *predictive maintenance*-nya. Proses berikutnya adalah mengumpulkan data mengenai interval waktu kerusakan dan lama perbaikan penggantian baik pada mesin *pellet* maupun pada komponen kritis.

Data yang sudah diperoleh selanjutnya akan dihitung dan dianalisa mengenai MTTF, *availability* dan *reliability* dari mesin *pellet* dan komponen kritis. Hasil perhitungan dan analisa tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menghitung total biaya minimum, dimana dari hasil perhitungan tersebut dapat menunjukkan interval waktu *predictive maintenance* yang paling optimal dari segi total biaya perawatan. Penjadwalan *predictive maintenance* kemudian dapat ditentukan setelah mengetahui interval waktu tersebut dan selanjutnya akan dibuat suatu daftar tindakan teknis yang akan dilakukan. Hal lain yang akan dilakukan selanjutnya adalah membandingkan sistem perawatan sebelum dan sesudah *predictive maintenance* ini.

4.1 Proses Produksi

PT. Charoen Pokphand Indonesia Sepanjang memiliki beberapa divisi yang berperan dalam proses pembuatan pakan antara lain penimbangan, *silo*, *warehouse*, *intake*, *hammermill*, *mixer*, *pellet* dan *packing*. Proses pengolahan secara garis besar yaitu yang pertama akan dimulai pada penimbangan jagung yang dibawa truk pada divisi penimbangan. Truk akan mengangkut jagung dan menuangkan jagung pada divisi *silo*, jagung yang diterima akan ditampung dan dikeringkan. Bahan baku penyusun pakan lainnya selain jagung ditampung oleh divisi *warehouse*. Seluruh bahan baku yang akan digunakan kemudian akan

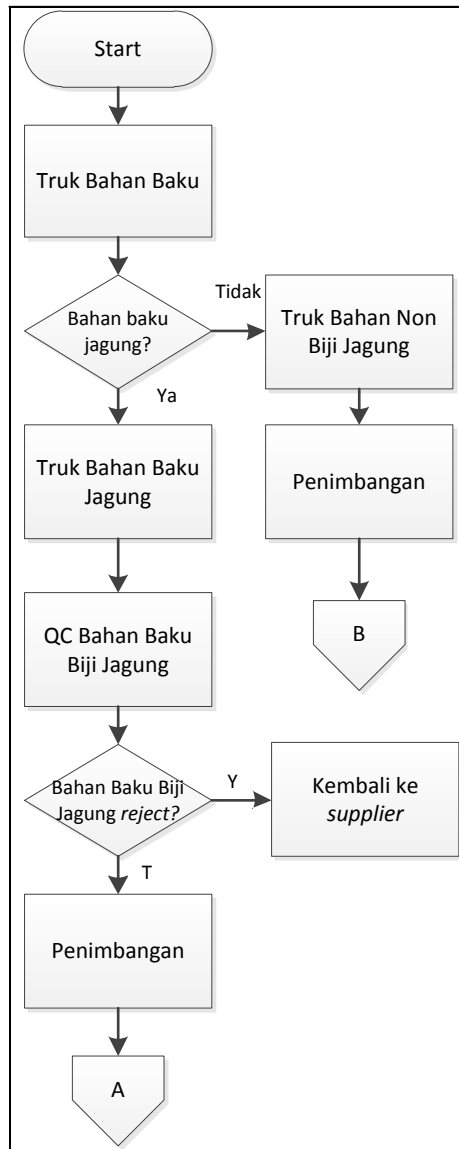
diangkut menuju tong yang berposisi pada lantai paling atas melalui divisi *intake*. Bahan baku dalam kondisi kasar akan digiling terlebih dahulu untuk dihaluskan oleh divisi *hammer mill*. Seluruh bahan baku yang halus akan dibawa ke divisi *mixer* untuk dicampur hingga homogen. Bahan baku yang sudah homogen kemudian akan diproses ke divisi *pellet* untuk dicetak menjadi bentuk yang diinginkan *crumble* atau *pellet*. Pakan ternak tersebut selanjutnya akan diproses ke divisi *packing* untuk dimasukkan ke dalam karung dan diberi label.

Setiap divisi memiliki beberapa proses yang dikerjakan, berikut ini merupakan beberapa penjelasan mengenai proses yang terjadi pada tiap divisi:

4.1.1 Divisi Penimbangan

Truk bahan baku dari *supplier* masuk baik jagung maupun non jagung. Bahan baku jagung yang masuk akan melalui proses *quality control* oleh departemen *feed technology* untuk mengetahui kandungan kadar air yang ada di dalam biji jagung. Bahan baku non jagung akan langsung melalui proses penimbangan tanpa melalui pengecekan kadar air terlebih dahulu.

Proses selanjutnya bahan baku jagung maupun non jagung selanjutnya akan ditimbang. Cara kerja dari mesin timbangan adalah dengan meletakkan truk yang berisi bahan baku ke dalam area penimbangan, kemudian secara otomatis mesin akan mengukur bobot dari bahan baku dan truk pengangkut. Berat bahan baku yang diangkut dapat diketahui setelah truk meninggalkan area pabrik, karena sebelum meninggalkan area pabrik truk yang kosong akan ditimbang kembali. *Flowchart* dari divisi penimbangan dapat dilihat pada Gambar 4.1.

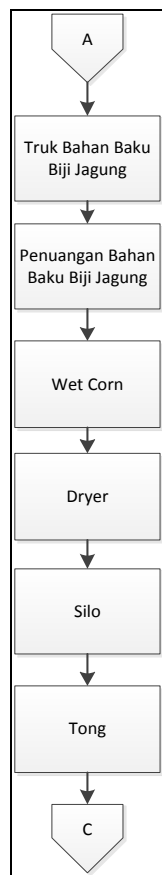


Gambar 4.1 *Flowchart* Divisi Penimbangan

4.1.2 Divisi Silo

Truk Bahan baku jagung akan dibawa menuju mesin penuang biji jagung. Cara kerja mesin tersebut adalah dengan meletakkan truk ke dalam area mesin penuang, kemudian truk akan dimiringkan dengan mengangkat bagian depan truk hingga jagung dapat masuk ke lubang penuangan. Jagung yang sudah masuk ke dalam lubang penuangan kemudian akan diangkut dengan *chainconveyor* menuju *bucket* yang membawa ke penampungan yang bernama *wet corn*. *Wet corn* berfungsi untuk penampungan sementara biji jagung yang masih memiliki kadar

air yang masih tinggi, yang kemudian akan dibawa menuju ke mesin *dryer*. *Dryer* berfungsi untuk mengurangi kadar air jagung yang masih tinggi, hingga kadar air yang diinginkan yaitu sekitar 11-12%. Biji jagung yang sudah dikeringkan akan ditampung ke dalam *Silo*, jika ada kebutuhan akan jagung maka akan segera dipindahkan ke tong, khusus untuk bahan baku jagung. Bahan baku jagung dari tong tersebut selanjutnya akan dikirimkan ke *hammer mill* untuk dihaluskan. *Flowchart* dari proses yang terjadi di *silo* dapat dilihat pada Gambar 4.2.

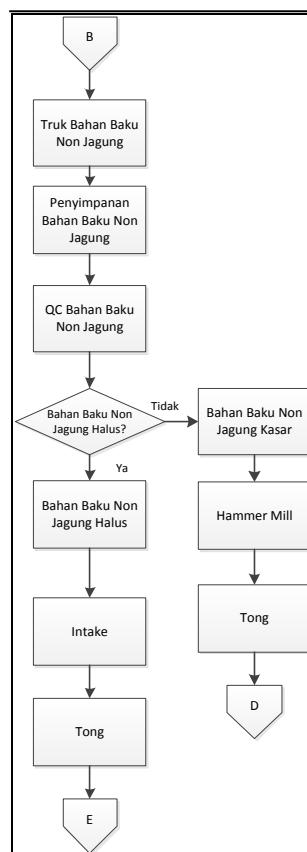


Gambar 4.2 *Flowchart* Divisi *Silo*

4.1.3 Divisi *Warehouse* dan *Intake*

Warehouse dan *intake* merupakan dua divisi yang berbeda, namun dalam *job description*-nya, kedua divisi saling berhubungan. Truk bahan baku non jagung dari divisi penimbangan akan disimpan terlebih dulu di *warehouse*, kemudian akan dilakukan proses QC. Bahan baku non jagung tersebut akan

dipisahkan menjadi dua, yaitu bahan baku non jagung yang kasar dan yang halus. Bahan baku non jagung yang halus akan langsung dilanjutkan ke divisi *intake*. *Intake* yang berada di lantai dasar (bawah) akan mengangkut berbagai macam jenis bahan baku non jagung halus tersebut, ke dalam tong-tong yang sudah ditentukan. Bahan baku non jagung yang kasar akan dipisahkan dan akan dikirim ke divisi *hammer mill*, dan akan dilanjutkan ke tong yang sudah ditentukan. Posisi tong (*bin*) berada pada lantai paling atas pabrik, cara kerja pengangkutan *intake* adalah dengan menggunakan *bucket elevator* untuk mengangkut bahan baku. *Flowchart* proses yang terjadi di divisi *warehouse* dan *intake* dapat dilihat pada Gambar 4.3.

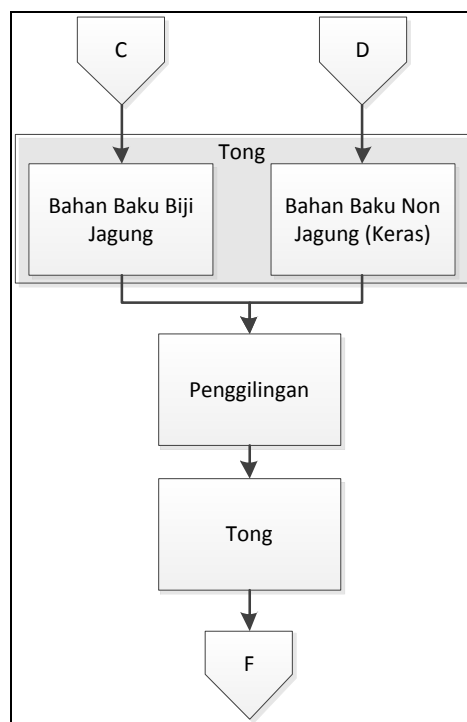


Gambar 4.3 *Flowchart* Divisi *Warehouse* dan *Intake*

4.1.4 Divisi *Hammermill*

Hammer mill merupakan mesin yang berguna untuk proses penggilingan atau penepungan dari bahan baku yang kasar/keras. Bahan baku yang dihaluskan

antara lain bahan baku biji jagung dan bahan baku non jagung yang bersifat kasar antara lain BKK (Bukil Kacang Kedelai), PKM, RSM dan lain sebagainya. Seluruh bahan baku yang masuk *hammermill* akan di giling hingga mencapai ukuran partikel yang sesuai dengan standar. Cara kerja mesin *hammer mill* adalah dengan menggunakan pisau yang berjumlah 152 buah untuk mesin *hammer mill* 1, 96 buah untuk mesin *hammer mill* 2, dan 108 buah untuk mesin *hammer mill* 3 dan 4. Pisau tersebut akan menggiling bahan baku yang kasar hingga bahan baku menjadi tepung. Bahan baku yang sudah halus dapat lolos melalui saringan dan apabila bahan baku belum lolos maka bahan tersebut akan terus digiling hingga halus. Hasil penggilingan dari *hammer mill* akan dikirim ke tong dengan menggunakan *bucket elevator*, untuk dilanjutkan ke proses selanjutnya. *Flowchart* pada divisi *hammer mill* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Flowchart* Divisi *Hammer Mill*

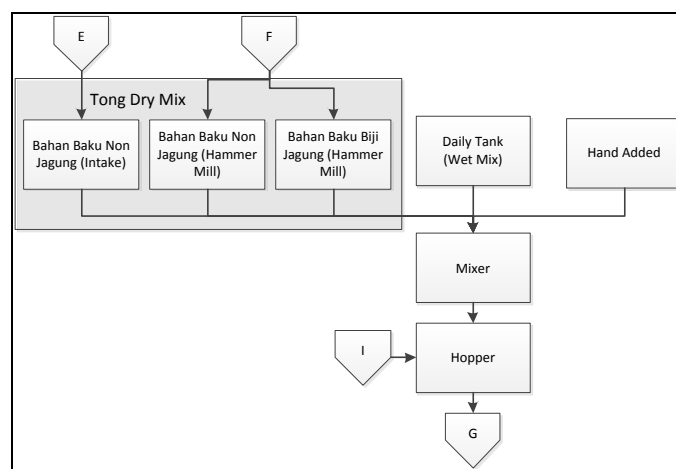
4.1.5 Divisi *Mixer*

Mixer merupakan mesin yang mencampurkan seluruh bahan baku mulai dari bahan baku non jagung dari *intake* dan *hammer mill*, juga bahan baku jagung

yang sudah dihaluskan dari *hammer mill*. Proses pencampuran dilakukan hingga bahan baku menjadi homogen. Bahan-bahan tersebut disimpan pada tong-tong tertentu yang posisinya ada diatas mesin *mixer*. Pembukaan tong dikendalikan operator *mixer* disesuaikan dengan kebutuhan formulanya.

Operator *mixer* selain mengatur bahan baku dari *intake* dan *hammermill* (*drymix*), juga mengatur *daily tank* (*wet mix*) dan *hand added*. *Daily tank* berisi bahan baku cairan seperti minyak dan vitamin-vitamin lainnya. *Hand added* adalah penambahan bahan baku yang memiliki komposisi yang kecil dilakukan oleh operator secara manual dengan menggunakan tangan.

Bahan baku yang dimasukkan pertama kali adalah *dry mix* yang berada pada tong dan kemudian penutupnya dibuka menuju *mixer*, selain itu juga dilakukan proses *hand added* secara bersamaan. *Dry mix* merupakan bahan baku yang memiliki sifat kering. Proses pencampuran *dry mix* dan *hand added* tersebut berlangsung selama 30 detik. Proses selanjutnya adalah pencampuran *wet mix* dengan memasukkan cairan antara lain minyak dan vitamin dari tong ke dalam *mixer* dengan menggunakan *nozzle*. Proses *wet mix* berlangsung selama lebih kurang 75 detik. Bahan pakan ternak yang sudah tercampur kemudian akan dimasukkan ke *hopper* dengan kurun waktu 5 detik. *Hopper* berfungsi menampung bahan pakan ternak sementara yang kemudian akan diangkat dengan menggunakan *bucket elevator* dan *chain conveyor* menuju ke tong. *Flowchart* divisi *mixer* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Flowchart Divisi Mixer

4.1.6 Divisi *Pellet*

Mesin *pellet* yang berada di divisi *pellet* berjumlah empat mesin. Mesin *pellet* satu dan dua merupakan mesin *pellet* IDAH yang berasal dari Taiwan. Mesin *pellet* tiga dan empat merupakan mesin *pellet* CPM yang berasal dari Amerika. Setiap mesin *pellet* memiliki spesifikasi dan kapasitas produksi yang berbeda. Fungsi utama dari mesin *pellet* sendiri adalah mencetak adonan pakan ternak untuk dicetak menjadi bentuk tabung yang kemudian dipotong dengan pisau menjadi bentuk *pellet*.

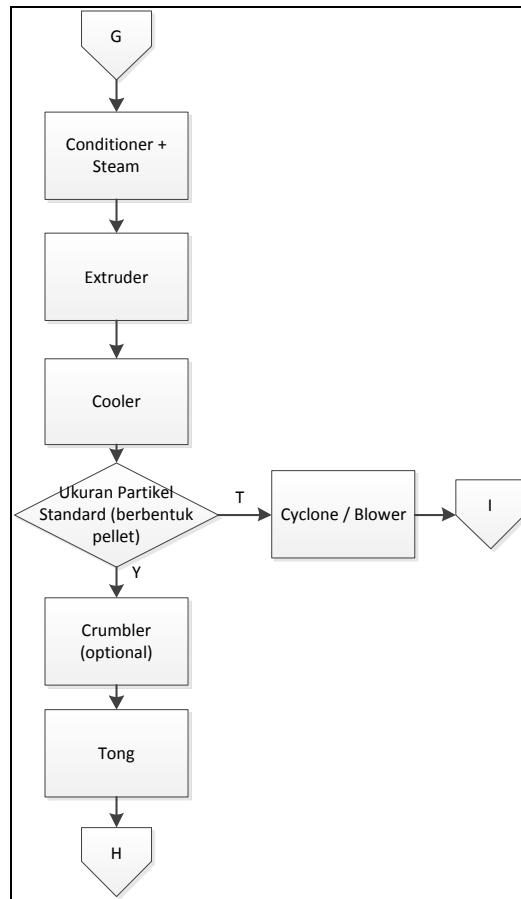
Bahan pakan ternak yang berada di tong, kemudian akan dibuka sesuai dengan kebutuhan untuk kemudian di cetak menjadi bentuk *pellet* atau *crumble* dengan menggunakan mesin *pellet*. Tahapan yang terjadi dalam mesin *pellet* yang pertama adalah proses *conditioning* dan *steam*. Proses *conditioning* dan *steam* dimana bahan pakan ternak akan di aduk serta dipanasi agar berbentuk seperti adonan sehingga memudahkan untuk dicetak.

Proses *extruder* dimana adonan pakan ternak tersebut akan di *press* dengan menggunakan *roller*, kemudian dicetak dengan menggunakan *die* sehingga adonan pakan ternak berbentuk tabung. Adonan tersebut kemudian dipotong dengan pisau yang berada di bagian sisi luar *die*, hingga dapat menghasilkan pakan ternak berbentuk *pellet*.

Pakan ternak yang sudah berbentuk *pellet* dan masih dalam suhu yang tinggi, kemudian diatur suhunya dengan menyesuaikan suhu ruangan oleh mesin *cooler*. Tujuan proses ini adalah agar pakan ternak tersebut memiliki ketahanan atau durabilitas kekerasan yang cukup, sehingga *pellet* tidak mudah hancur. Ukuran *pellet* yang belum memenuhi *standard* (terlalu kecil) yang terdapat pada dalam mesin *cooler* akan dibawa oleh *cyclone/blower* menuju ke *hopper* untuk diproses kembali ke mesin *pellet*.

Pellet dengan ukuran yang standar dapat langsung diangkut menuju tong *pellet* dengan menggunakan *bucket elevator* dan kemudian dilanjutkan *chain conveyor*. Pakan ternak yang ingin dibentuk menjadi bentuk *crumble* sebelum dimasukkan ke tong melalui *bucket elevator* dan *conveyor chain* akan terlebih

dahulu dibawa ke mesin *crumbler* untuk digiling lagi ke ukuran *crumble*. Proses dari divisi *pellet* dapat dijelaskan dengan *flowchart* pada Gambar 4.6.

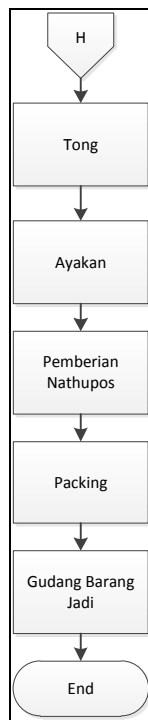


Gambar 4.6 *Flowchart* Divisi *Pellet*

4.1.7 Divisi *Packing*

Pakan ternak yang diisi ke tong oleh mesin *pellet* diproses sebelumnya, selanjutnya akan dibawa ke mesin ayakan untuk mendapatkan ukuran yang *standard*. Proses selanjutnya adalah pemberian *nathupos* (cairan vitamin untuk ayam) dengan cara disemprotkan dengan menggunakan *nozzle* yang disemprotkan ketika pakan ternak sedang di transportasikan melalui pipa. Mesin *packing* berjumlah empat buah dan masing-masing dikerjakan oleh dua orang operator. Orang pertama bertugas memasukkan pakan ternak ke dalam karung melalui lubang pipa yang memiliki sensor untuk menimbang bobot pakan yang dimasukkan. Orang kedua bertugas untuk menjahit karung yang sudah berisi

dengan pakan ternak dan pemberian label. Proses transportasi dari orang pertama ke orang ke dua menggunakan *conveyor*. Karung pakan ternak yang sudah siap jual dibawa *conveyor* yang mengarah menuju gudang barang jadi. Karung pakan ternak di gudang barang jadi akan disusun secara manual oleh operator ke atas sebuah *pallet*. Karung-karung pakan ternak tersebut kemudian menunggu untuk diangkut oleh truk-truk distributor.

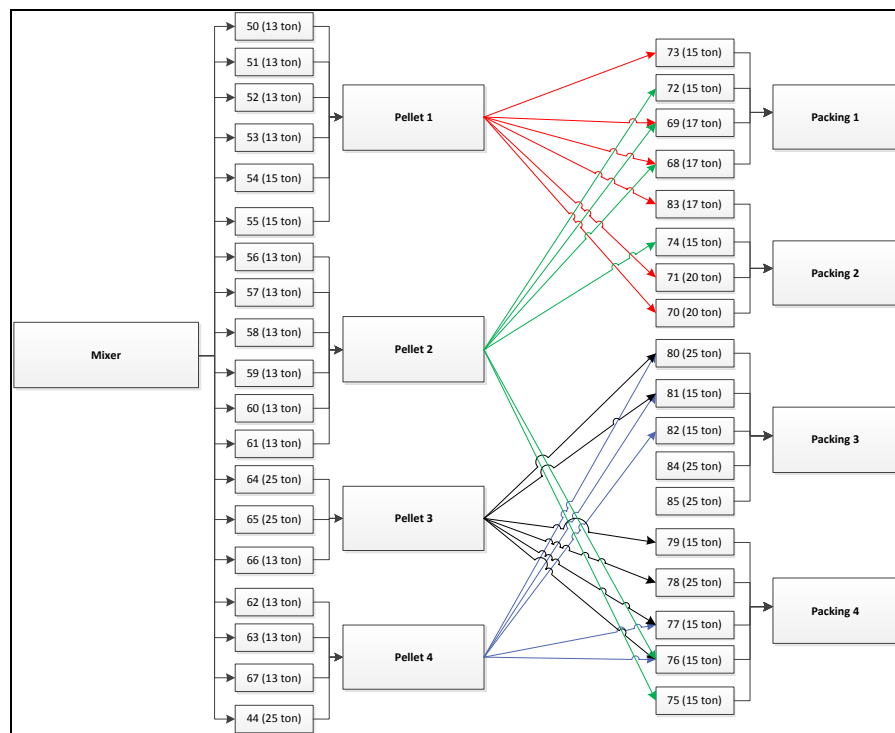


Gambar 4.7 *Flowchart* Divisi *Packing*

4.1.8 Pengertian Tong (*Bin*)

Fungsi utama dari tong (*bin*) adalah sebagai *buffer*. Posisi tong atau *bin* berada pada lantai paling atas gedung *feed processing/feed mill*, sehingga juga memudahkan proses transportasi bahan baku maupun barang jadi ke mesin selanjutnya yang berada dibawah. Tong-tong tersebut memiliki dua buah tutup yang berada di bagian atas dan bawah. Tutup bagian atas tong akan terbuka apabila ingin dilakukan pengisian material ke dalam tong. Tutup bagian bawah tong akan dibuka apabila ingin dilakukan penuangan material dari tong ke mesin selanjutnya.

Jumlah tong totalnya adalah 85 tong, setiap tong memiliki masing-masing fungsi penyimpanan yang sudah terbagi. Tong-tong tersebut berada pada divisi *intake*, *hammermill*, *pellet*, *mixer* dan *packing*. Tong-tong pada divisi *intake* berfungsi untuk menampung berbagai macam bahan baku, khususnya non jagung. Tong-tong pada *hammer mill* berfungsi untuk menampung jagung maupun bahan lainnya yang sudah selesai digiling oleh mesin *hammer mill*. Tong-tong dari *hammer mill* dan *intake* akan ditransportasikan menuju mesin *mixer*. Tong-tong pada *pellet* merupakan hasil pakan ternak dari pencampuran mesin *mixer*, yang kemudian akan dicetak mesin *pellet*. Tong-tong pada *packing* menampung hasil pakan ternak yang sudah dibentuk menjadi *pellet* atau *crumble* untuk kemudian di kemas ke dalam karung. Urutan dan kapasitas tong (*bin*) mesin *pellet* dan mesin *packing* terdapat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Urutan dan Kapasitas Tong (*Bin*) Pellet dan Packing

4.2 Permasalahan

Mesin yang ada pada rantai produksi saling berhubungan satu dengan lainnya. Tiga mesin utama pada rantai produksi adalah mesin *mixer*, *pellet* dan

packing. Ketiga mesin tersebut bekerja saling berurutan dan perlu adanya keseimbangan hasil produksi di setiap jenis mesin agar tidak terjadi *bottle neck*. Mesin *pellet* dalam kegiatan produksi sering kali menghasilkan *output* yang lebih sedikit dibandingkan kedua mesin lainnya. Penyebab rendahnya hasil produksi mesin *pellet* salah satunya disebabkan karena *downtime* kerusakan mesin *pellet* dan berakibat berkurangnya waktu produksi untuk dilakukan perawatan.

Sistem perawatan yang dijalankan PT Charoen Pokphand Indonesia adalah *corrective maintenance* dan *breakdown maintenance*. Sistem *corrective maintenance* artinya perbaikan akan dilakukan apabila *output* mesin *pellet* tidak sesuai dengan yang diinginkan. *Breakdown maintenance* artinya perbaikan dan penggantian komponen mesin dilakukan ketika mesin *pellet* mengalami kerusakan. Operator mesin *pellet* akan memperbaiki kerusakan yang bersifat ringan dan akan memanggil divisi *maintenance* apabila kerusakan yang terjadi cukup berat.

Penelitian yang dikerjakan ingin mengetahui apakah hasil dari sistem *predictive maintenance* dapat meningkatkan *availability* dan *reliability* dibandingkan dengan sistem lama. Usulan sistem *predictive maintenance* yang dilakukan juga memperhatikan dari segi total biaya yang dikeluarkan. Sistem *predictive maintenance* akan lebih berfokus pada mesin *pellet* dan juga komponen kritisnya yang memiliki hasil produksi yang sering kali lebih rendah dibandingkan mesin *mixer* dan *packing*.

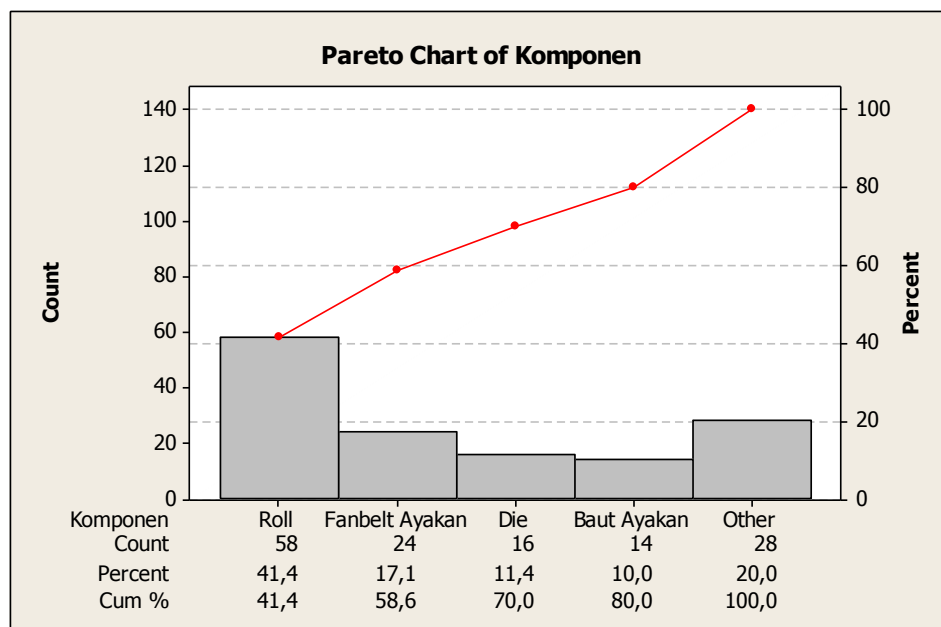
4.3 Komponen Kritis

Komponen kritis merupakan komponen yang paling sering mengalami kerusakan pada suatu mesin. Komponen kritis mesin *pellet* yang menjadi fokus dalam pembuatan *predictive maintenance* ditentukan melalui *Pareto chart*. Penentuan komponen kritis menggunakan *Pareto chart* karena dari seluruh kerusakan komponen akan menyebabkan mesin *pellet* berhenti. Mesin *pellet* tersebut akan dilakukan perbaikan maupun penggantian. Pembuatan *Pareto chart* dilakukan dengan cara mengumpulkan data mengenai *unplanned downtime* mengenai kerusakan komponen yang terjadi pada mesin *pellet* yang diperoleh dari

daily report mesin *pellet*. Data kerusakan komponen yang sudah terkumpul dihitung frekuensinya kemudian dibuat *Pareto chart* dengan menggunakan program MINITAB 14. Contoh frekuensi kerusakan komponen mesin *pellet* 1 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Frekuensi Kerusakan Komponen *Pellet* 1 (Mei 2013 – Februari 2014)

Komponen	Frekuensi	Komponen	Frekuensi
As Ayakan	1	Die Clamp	1
As Conditioner	1	Fanbelt Ayakan	24
As Pulley Conditioner	2	Fanbelt Blower	1
Ayakan	1	Fanbelt Conditioner	2
Baut Ayakan	14	Fanbelt Crumble	2
Bearing Conditioner	3	Motor Pellet	3
Beariring Manshaft	2	Pangkon Ayakan	2
Conditioner	1	Pulley Ayakan	1
Cooler	3	Rantai Chain Atas	1
Crumbler	3	Roll	58
Die	16	Sher Pin	2



Gambar 4.9. *Pareto Chart* Komponen Kritis *Pellet* 1

Hasil Pareto *chart* dapat dilihat bahwa 80% kerusakan komponen yang terjadi pada mesin *pellet* 1 terjadi pada empat macam komponen. Keempat komponen kritis tersebut perlu diperbaiki terlebih dahulu dalam upaya meningkatkan *availability* dan *reliability* mesin *pellet*. Komponen kritis pada mesin *pellet* 1 ini diantaranya adalah *roll*, *fanbelt ayakan*, baut ayakan, dan *die*. Hasil Pareto *chart* untuk mesin *pellet* lainnya dapat dilihat pada Lampiran 2, 3, 4, 5. Analisa Pareto *chart* masing-masing *pellet* menunjukkan komponen kritis yang berbeda yaitu antara lain:

- Pellet 1: *roll*, *fanbelt ayakan*, baut *rotex* (baut ayakan), *die*
- Pellet 2: *roll*, *fanbelt ayakan*, baut *rotex* (baut ayakan)
- Pellet 3: *roll*, *feedcone*, *nozzle CPO* dan *die clamp*
- Pellet 4: *roll*, *feedcone*, *die*

4.3.1 **Die dan Roller**

Die adalah alat pencetak partikel *pellet* terpasang pada ruang di dalam mesin *pellet* semacam saringan melingkar yang berdiri vertikal. *Die* dilengkapi dengan 2 *roller* yang terpasang sejajar horizontal di bagian tengah, dimana masing-masing sisi luar *roller* di bagian ujungnya bersentuhan dengan bagian dalam lingkaran *die*. *Die* terpasang pada sumbu as dengan motor utama, sehingga pergerakan motor akan memutar *die* searah jarum jam. Putaran *die* akan memutar kedua *roller* di bagian dalam pada arah putaran yang sama. Suplai bahan pakan dari *conditioner* masuk ke dalam ruang *die* maka bahan tersebut akan tertahan di 2 tempat persentuhan *roller* dengan *die* yaitu di bagian atas antara *roller* kanan dengan lingkaran dalam *die* dan di bagian bawah antara *roller* kiri dengan lingkaran dalam *die*. Perputaran *die* dan *roller* dengan bahan pakan di tengahnya akan menekan keluar bahan pakan melewati lubang-lubang di sekeliling *die*, sehingga pakan tercetak dalam bentuk *pellet*. Partikel *pellet* hasil pencetakan oleh *die* kemudian diatur panjang pendeknya ukuran partikel *pellet* dengan menggunakan pisau pemotong di bagian luar *die* yang kedalamannya bisa diatur.

Roller merupakan komponen kritis pada keempat mesin *pellet*, penyebab kerusakannya adalah kondisi fisik *roller* yang kurang baik dan sudah aus. *Roller*

yang digunakan ada dua macam yaitu *open* dan *close*, untuk *pellet* 1 dan 2 menggunakan CPM *Roller Shell Open* 6020-6 dan CPM *Roller Shell Close* 6020-6. *Pellet* 1 dan 2 menggunakan IDAH *Roller Shell* PM635A-C212 *Open End* dan CPM *Roller Shell* PM635A-C212-1. Perbaikan yang dilakukan pada *roller* adalah *adjustment roller* atau penyetelan *roll*, biasanya dilakukan ketika *output* produksi menurun. Posisi *roller* terhadap *die* harus tepat tidak boleh terlalu rapat atau terlalu longgar. *Roller* yang terlalu rapat maka akan terjadi gesekan langsung yang menyebabkan ausnya permukaan luar *roller* dan permukaan dalam *die*. *Roller* yang terlalu longgar akan menyebabkan macet dan menurunkan kapasitas *pellet*. Jarak paling ideal adalah setebal selembat kertas, dimana *roller* hanya menyentuh *die*. Penggantian yang dilakukan pada *roller* dilakukan ketika *roller* yang sudah disetel masih menghasilkan *output* yang sedikit.

Die merupakan komponen kritis pada *pellet* 1 dan 4. Penyebab terjadinya kerusakan diantaranya adalah lubang *die* yang tersumbat yang mengurangi kapasitas produksi mesin *pellet* dan selain itu juga karena *die* yang pecah karena faktor usia *die*. Perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan pembersihan benda besi yang terjatuh pada magnet diatas lubang *die* dan pencucian *die* dengan bahan yang lunak dan licin seperti minyak *crude palm oil* (CPO). Penggantian *die* dilakukan apabila kapasitas produksi menurun dan kondisi *die* yang kurang baik.

4.3.2 *Fanbelt* Ayakan

Bagian dari mesin *pellet* salah satunya adalah ayakan yang berguna untuk memilah partikel yang belum standar untuk kemudian diproses kembali ke dalam mesin *pellet*. Salah satu komponen dari ayakan adalah *fanbelt* ayakan yaitu berupa karet berbentuk gelang yang berfungsi untuk menghubungkan motor dengan ayakan. *Fanbelt* ayakan yang sering mengalami kerusakan adalah *pellet* 1 dan *pellet* 2. Jenis *fanbelt* yang digunakan pada *pellet* 1 adalah Bando Vanbelt B91 dan untuk *pellet* 2 adalah Bando Vannbelt B93. Jumlah *fanbelt* yang digunakan adalah dua buah untuk masing-masing mesin *pellet*. Penyebab terjadinya kerusakan diantaranya karena *fanbelt* yang putus atau lepas. Penggantian *fanbelt*

akan langsung dilakukan pada kedua *fanbelt* yang ada, walaupun hanya salah satu yang mengalami kerusakan.

4.3.3 Baut Ayakan (Baut *Rotex*)

Komponen lain pada ayakan adalah baut *rotex* atau baut ayakan. Fungsi dari baut ayakan adalah menopang ayakan yang bergetar naik turun. Baut ayakan ini hanya terdapat pada *pellet* 1 dan 2 yang gerakan ayakannya yaitu bergerak vertikal (naik dan turun). Baut ayakan mengalami kerusakan biasanya disebabkan karena getaran yang tinggi dari ayakan sehingga baut ayakan bisa semakin kendur dan terkadang bisa patah. Perbaikan yang dilakukan untuk baut ayakan adalah dengan mengencangkan baut ayakan yang kendur atau dengan mengelas baut ayakan yang sudah dikencangkan agar tidak mudah terlepas. Penggantian dilakukan apabila baut ayakan sudah patah. Jenis baut yang digunakan adalah Baut dan Mur Baja 1×6in.

4.3.4 Feed Cone

Feedcone digunakan untuk menjaga agar partikel pakan ketika dicetak menuju *die* tidak tercecer dan tetap berada dalam *die*. *Feedcone* pada *pellet* 3 dan 4 merupakan komponen kritis karena frekuensi kerusakan yang tinggi. Penyebab kerusakan *feedcone* karena getaran dari *die* yang tinggi, hingga menyebabkan *feedcone* retak. Perbaikan yang harus dilakukan ketika *feedcone* retak adalah dengan melakukan pengelasan dengan kawat las *stainless*. Kedua mesin *pellet* menggunakan *feedcone* jenis IDAH Drive Wheel.

4.3.5 Nozzle Minyak CPO (Crude Palm Oil)

Nozzle CPO digunakan untuk menyembrotkan minyak CPO (*Crude Palm Oil*). CPO merupakan bagian dari campuran formula *pellet*. Kerusakan yang terjadi disebabkan karena tersumbatnya ujung *nozzle*. Hal tersebut disebabkan karena minyak CPO yang menggumpal, sehingga dapat menyumbat *nozzle*. Perbaikan yang dilakukan adalah dengan membersihkan *filter* pada tangki CPO dan dengan membersihkan ujung *nozzle* yang tersumbat dengan melubanginya.

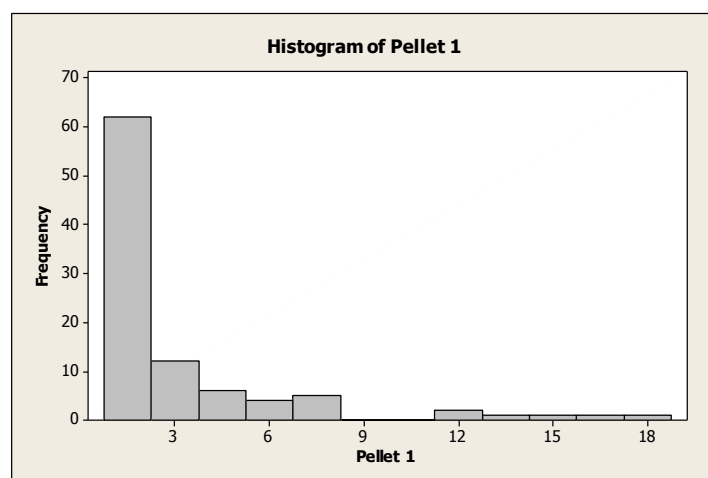
4.3.6 Die Clamp

Die clamp merupakan penutup yang menghubungkan antara *feedcone* dengan *die*. Kerusakan yang terjadi pada *die clamp* adalah karena keretakan, sehingga harus diatasi dengan pengelasan. Kawat las yang digunakan adalah jenis kawat las maxi 12 dia 3,2 mm.

Komponen-komponen kritis tersebut dalam sistem *maintenance* yang berjalan saat ini, akan dilakukan perbaikan apabila telah terjadi kerusakan atau ketidaksesuaian hasil dari mesin *pellet*. Pengumpulan data kejadian kerusakan kemudian dilakukan untuk setiap mesin *pellet* dan setiap komponen kritis didalamnya. Data yang dikumpulkan adalah data interval waktu kerusakan untuk mesin *pellet* dan komponen kritis, serta data waktu perbaikan dan penggantian untuk setiap komponen kritis. Data tersebut diperoleh dari *daily report* yang dibuat secara manual oleh setiap operator *pellet*.

4.4 Pengujian Distribusi dan Penentuan Parameter

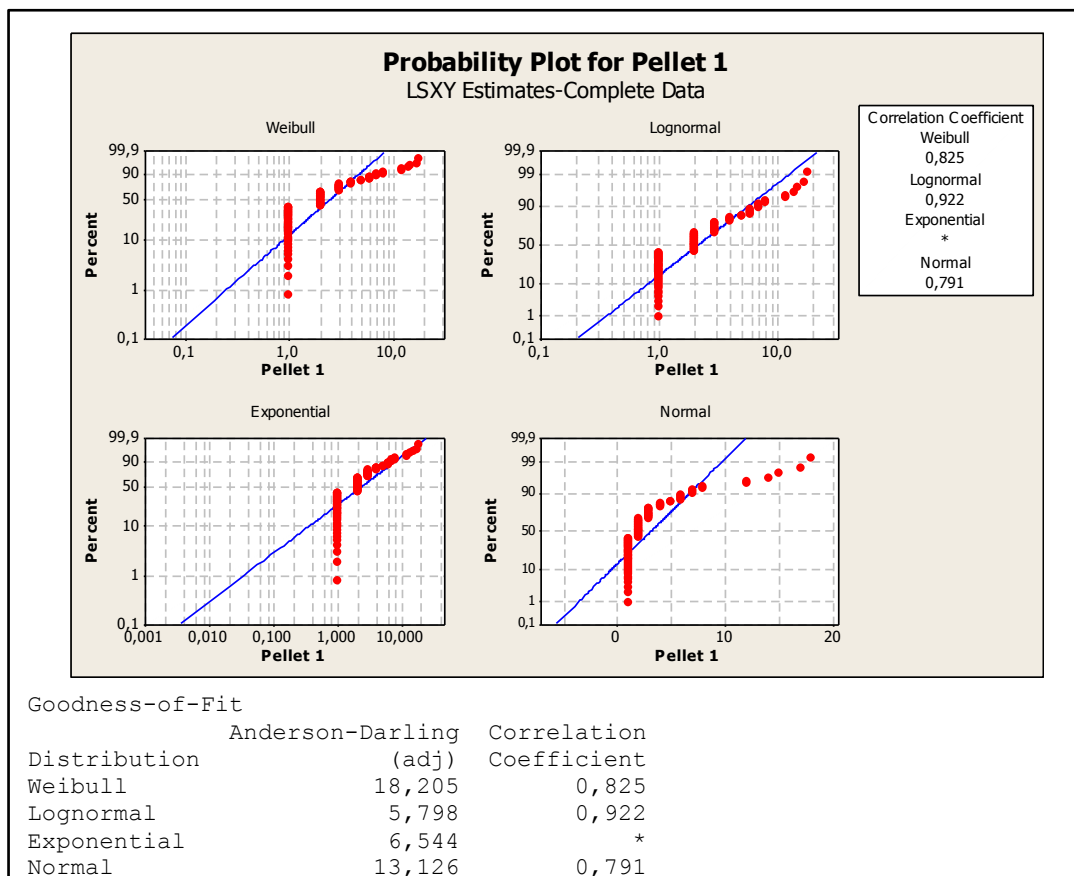
Data interval waktu kerusakan ditentukan dengan melihat pola/bentuk distribusi data dengan digambarkan ke dalam histogram. Histogram dari data interval kerusakan mesin *pellet* 1 ditunjukkan pada Gambar 4.10. Histogram tersebut menunjukkan pola distribusi yaitu *left skewed* yang merupakan ciri dari distribusi *lognormal*, sehingga dari histogram tersebut menunjukkan distribusi *lognormal*.



Gambar 4.10. Histogram Interval Waktu Kerusakan Mesin *Pellet* 1

Data interval waktu kerusakan yang sudah diperoleh selanjutnya juga dapat dicari distribusinya dengan menggunakan *software* MINITAB 14. Uji *goodness of fit test* digunakan untuk menentukan distribusi apa yang sesuai dengan data kerusakan tersebut. Hasil uji *goodness of fit test* akan menunjukkan *probability plot*, nilai Anderson Darling (AD) dan nilai Pearson *Correlation Coefficient* dari beberapa dugaan distribusi. Hasil uji *goodness of fit test* mesin *pellet* 1 dapat dilihat pada Gambar 4.11. Penjelasan untuk masing - masing *output* akan dijelaskan sebagai berikut:

- Nilai Anderson-Darling berfungsi untuk mengukur kesesuaian distribusi terhadap distribusi tertentu. Nilai AD ditentukan dengan menggunakan *weighted squared distance* dengan untuk mengukur jarak antara garis yang terbentuk dengan garis *probability plot*. *Probability plot* diperoleh dengan berdasarkan pendekatan *maximum likelihood* atau *least squares estimates*. Nilai Anderson-Darling menunjukkan nilai distribusi *lognormal* lebih rendah dibandingkan distribusi lainnya, nilai ini semakin menunjukkan bahwa distribusi kerusakan untuk mesin *pellet* 1 adalah distribusi *lognormal*.
- Nilai Pearson *correlation coefficient* diperoleh dengan pendekatan *least squares estimates*. Nilai Pearson *correlation coefficient* merupakan salah satu ukuran korelasi yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linier dari dua variabel. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan salah satu variabel disertai dengan perubahan variabel lainnya, baik dalam arah yang sama ataupun arah yang sebaliknya. Nilai Pearson *correlation coefficient* yang kecil (tidak signifikan) bukan berarti kedua variabel tersebut tidak saling berhubungan, kedua variabel dapat mempunyai keeratan hubungan yang kuat namun nilai koefisien korelasinya mendekati nol. Pearson *correlation coefficient* hanya mengukur kekuatan hubungan linier dan tidak pada hubungan non linier. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *correlation coefficient* untuk distribusi *lognormal* menunjukkan nilai yang paling tinggi dari nilai lainnya yaitu 0,922. Hal tersebut menunjukkan nilai *correlation coefficient* signifikan pada distribusi *lognormal* artinya berdasarkan nilai *correlation coefficient* distribusi kerusakan mesin *pellet* 1 adalah distribusi *lognormal*.



Gambar 4.11 Hasil Uji *Goodness of Fit* Test Interval Waktu Kerusakan Mesin
Pellet 1

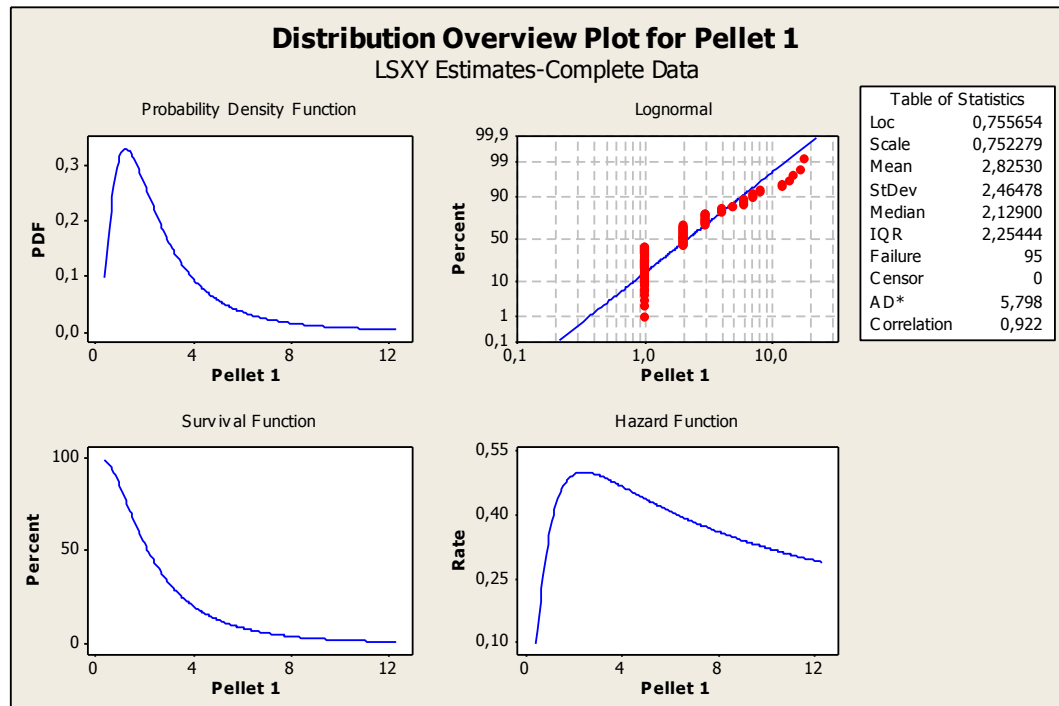
- Grafik *probability plot* pada gambar 4.11 menunjukkan bahwa keempat *plot* data yang mendekati *fitted line* (*cumulative distribution function*) adalah pada grafik distribusi *lognormal* dan *exponential*. Hal tersebut ditunjukkan dengan melihat *plot* yang ada mendekati *fitted line*.

Hasil penentuan distribusi dari beberapa analisa dapat disimpulkan pada Tabel 4.2, yang dapat disimpulkan bahwa data interval waktu kerusakan mesin *pellet 1* berdasarkan keempat analisa tersebut adalah distribusi *lognormal*.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Distribusi

Mesin Pellet 1	Distribusi
Histogram	Lognormal
Grafik Probability Plot	Lognormal/ Eksponensial
Anderson Darling	Lognormal
Correlation Coefficient	Lognormal

Langkah selanjutnya adalah menentukan parameter dari data interval kerusakan mesin *pellet* 1. Penentuan parameter dilakukan dengan peninjauan pada data kerusakan yang sama dengan *software* MINITAB 14, yaitu dengan menggunakan *distribution overview*. Hasil *distribution overview* untuk interval waktu kerusakan *pellet* 1 dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. *Distribution Overview* Interval Waktu Kerusakan Mesin *Pellet* 1

Hasil *distribution overview* dapat diperoleh parameter dari distribusi *lognormal* mesin *pellet*, selain itu juga menunjukkan data lainnya dalam *table of statistics*. Parameter dari distribusi *lognormal* yaitu *location* dengan nilai 0,756, *scale* (*s*) dengan nilai 0,752 dan *median* (t_{med}) dengan nilai 2,129. Nilai *scale* menunjukkan bentuk atau pola dari beberapa fungsi probabilitas seperti *probability density function*, *reliability function*, dan *hazard function*. Nilai *median* menunjukkan nilai tengah dari data interval waktu kerusakan mesin *pellet* 1. Parameter tersebut akan digunakan untuk menghitung *reliability*, MTTF dan MTTR, serta *availability*. Hasil penentuan distribusi dan parameter untuk seluruh mesin *pellet* ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Distribusi dan Parameter Interval Waktu Kerusakan Mesin *Pellet*

Mesin	Distribusi	Median	Location	Scale
Pellet 1	Lognormal	2,129	0,755654	0,752279
Pellet 2	Lognormal	2,34112	0,850628	0,812095
Pellet 3	Lognormal	1,85737	0,619163	0,624069
Pellet 4	Lognormal	2,00907	0,697672	0,62267

Hasil penentuan distribusi dan parameter digunakan beberapa perhitungan untuk mesin *pellet* dan komponen kritisnya antara lain perhitungan *reliability*, MTTF dan MTTR, serta *availability*. Pengolahan data penentuan distribusi dan parameter akan dilakukan untuk data :

- Interval Waktu Kerusakan Mesin *Pellet*
- Interval Waktu Kerusakan Komponen Kritis Mesin *Pellet*
- Lama Perbaikan dan Penggantian Mesin *Pellet*
- Lama Perbaikan dan Penggantian Komponen Kritis Mesin *Pellet*
- Lama Perbaikan Mesin *Pellet*
- Lama Penggantian Mesin *Pellet*
- Lama Perbaikan Komponen Kritis Mesin *Pellet*
- Lama Penggantian Komponen Kritis Mesin *Pellet*

Hasil pengolahan data penentuan distribusi dan parameter untuk masing - masing data tersebut dapat dilihat pada Lampiran 11 - Lampiran 76 dan dapat melihat *summary* dari penentuan distribusi dan parameter pada Lampiran 77.

4.5 Analisa *Reliability*

Perhitungan nilai *reliability* berfungsi untuk mengetahui kemampuan mesin *pellet* maupun komponen mesin *pellet* untuk memenuhi fungsinya. Perhitungan nilai *reliability* akan menggunakan *reliability function* ($R(t)$). *Reliability function* dihitung dengan berdasarkan distribusi dan parameter yang sudah ditentukan sebelumnya. Perhitungan nilai *reliability* akan dilakukan pada mesin *pellet* dan komponen kritis mesin *pellet*.

4.5.1 Analisa *Reliability* Mesin *Pellet*

Analisa *reliability* mesin *pellet* menggunakan data interval waktu kerusakan mesin *pellet* selanjutnya juga dihitung fungsi *reliability* ($R(t)$). Data yang digunakan adalah interval waktu kerusakan mesin *pellet*. Contoh perhitungan *reliability* dilakukan pada mesin *pellet* 1 yang berdistribusi *lognormal* untuk interval waktu (t) satu hari, dengan nilai yang telah diketahui yaitu *scale* (s) 0,752279 dan *median* (t_{med}) 2,129 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R(t) &= 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \\ &= 1 - \Phi\left(\frac{1}{0,752279} \ln \frac{1}{2,129}\right) \\ &= 0,84134 \end{aligned} \quad (2.8)$$

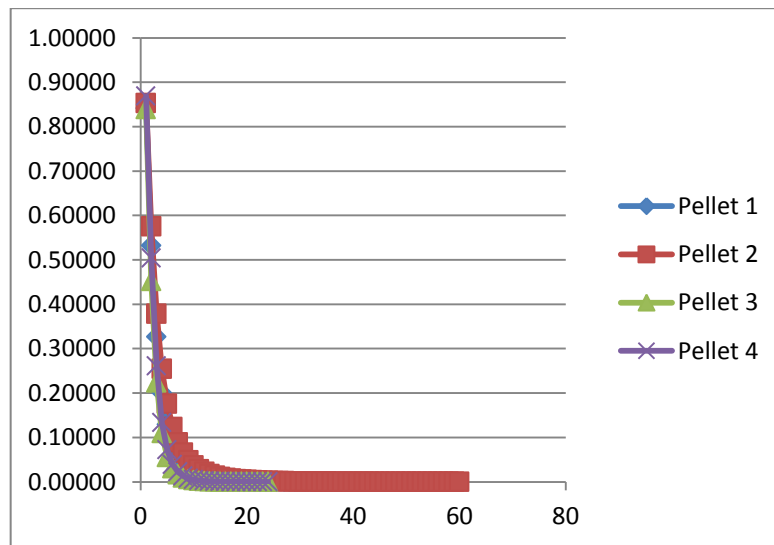
Hasil perhitungan nilai *reliability* untuk masing-masing mesin *pellet* dengan interval waktu 30 hari dapat dilihat dalam Tabel 4.4 dan grafik *reliability* setiap mesin *pellet* pada Gambar 4.13.

Tabel 4.4 Nilai *Reliability* Mesin *Pellet*

Interval Waktu (Hari)	Pellet 1	Pellet 2	Pellet 3	Pellet 4
1	0,84134	0,85314	0,83891	0,86864
2	0,53188	0,57535	0,45224	0,50399
3	0,32636	0,37828	0,22363	0,26109
4	0,20045	0,25463	0,10935	0,1335
5	0,12924	0,17619	0,05592	0,07214
6	0,08379	0,12302	0,03005	0,0392
7	0,05705	0,08851	0,01659	0,02275
8	0,0392	0,06552	0,00964	0,01321
9	0,02743	0,04846	0,0057	0,00798
10	0,0197	0,03673	0,00347	0,00494
11	0,01463	0,02807	0,00219	0,00317
12	0,01072	0,02222	0,00139	0,00205
13	0,00798	0,01743	0,0009	0,00135
14	0,00621	0,0139	0,0006	0,0009
15	0,00466	0,01101	0,0004	0,00062

Tabel 4.4 Nilai *Reliability* Mesin *Pellet* (sambungan)

Interval Waktu (Hari)	Pellet 1	Pellet 2	Pellet 3	Pellet 4
16	0,00368	0,00889	0,00028	0,00043
17	0,00289	0,00734	0,00019	0,0003
18	0,00226	0,00604	0,00014	0,00022
19	0,00181	0,00494	0,0001	0,00015
20	0,00144	0,00415	0,00007	0,00011
21	0,00118	0,00347	0,00005	0,00008
22	0,00097	0,00289	0,00004	0,00006
23	0,00079	0,00248	0	0,00005
24	0,00064	0,00205	0	0,00004
25	0,00054	0,00175	0	0
26	0,00043	0,00154	0	0
27	0,00036	0,00131	0	0
28	0,00031	0,00111	0	0
29	0,00026	0,00097	0	0
30	0,00022	0,00084	0	0



Gambar 4.13 Grafik *Reliability* Mesin *Pellet*

Hasil pengolahan tersebut menunjukkan bahwa *reliability* mesin *pellet* dipengaruhi oleh interval waktunya, artinya semakin panjang interval waktu penggunaan mesin *pellet* maka *reliability* dari mesin *pellet* semakin menurun. Grafik *reliability* mesin *pellet* juga menunjukkan kemampuan mesin *pellet* dapat memenuhi fungsinya adalah sebagai berikut:

- Mesin *Pellet* 1: 43 hari
- Mesin *Pellet* 2: 60 hari
- Mesin *Pellet* 3: 23 hari
- Mesin *Pellet* 4: 24 hari

Mesin *pellet* satu dan dua memiliki nilai *reliability* yang tinggi ditunjukkan dengan grafik yang menunjukkan bahwa mesin *pellet* masih dapat diandalkan hingga lebih dari 30 hari. Analisa *reliability* juga akan dilakukan pada komponen kritis dari mesin *pellet*.

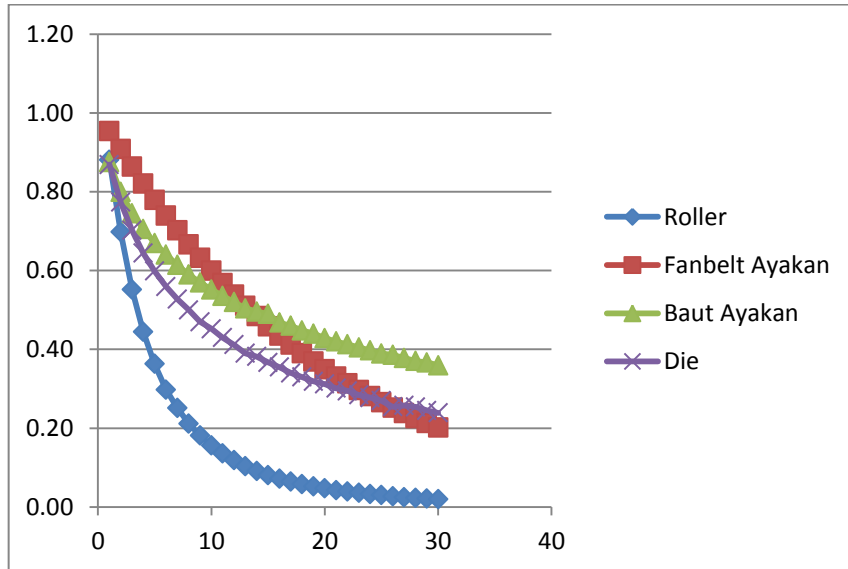
4.5.2 Analisa *Reliability* Komponen Kritis *Pellet*

Komponen dalam mesin *pellet* perlu diperhatikan untuk menambah *reliability* dari setiap mesin *pellet*. Contoh perhitungan *reliability* dilakukan pada komponen kritis *roller* mesin *pellet* 1 yang berdistribusi *lognormal*. Data yang ditentukan distribusi dan parameternya adalah data interval waktu kerusakan komponen kritis mesin *pellet* 1 yaitu untuk komponen *roller*. Komponen *roller* mesin *pellet* 1 untuk interval waktu (t) satu hari memiliki nilai yaitu *scale* (s) 1,05142 dan *median* (t_{med}) 3,45229 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R(t) &= 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \\
 &= 1 - \Phi\left(\frac{1}{1,05142} \ln \frac{1}{3,45229}\right) \\
 &= 0,88
 \end{aligned}
 \tag{2.8}$$

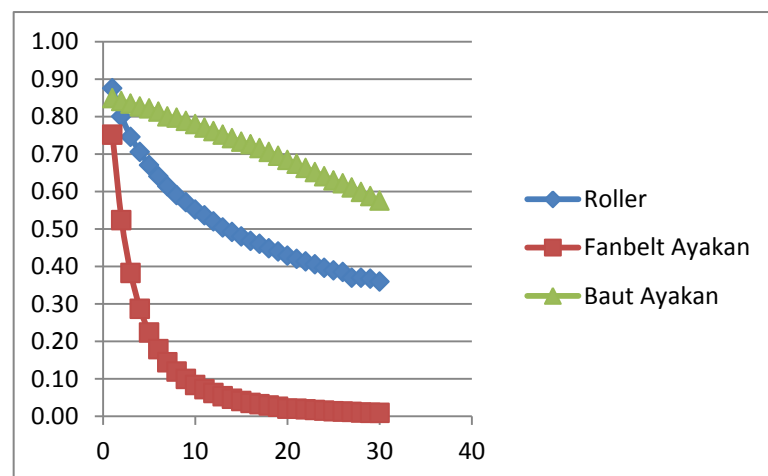
Perhitungan nilai *reliability* juga dilakukan untuk masing-masing komponen kritis mesin *pellet* dengan interval waktu 30 hari, hasilnya dapat dilihat pada Lampiran 78. Hasil perhitungan *reliability* komponen kritis tersebut selanjutnya dapat digambarkan ke dalam sebuah grafik *reliability* untuk kemudian dianalisa hasilnya. Nilai *reliability* minimum komponen kritis sebesar 70% sebagai batas toleransi perusahaan, yang diperoleh dari hasil diskusi dengan operator *maintenance* PT Charoen Pokphand Indonesia. Prosentase nilai *reliability* yang lebih dari 70% dapat menyebabkan interval waktu perawatan yang

semakin kecil, artinya dapat mengurangi kegiatan produksi karena seringnya dilakukan proses *maintenance*.



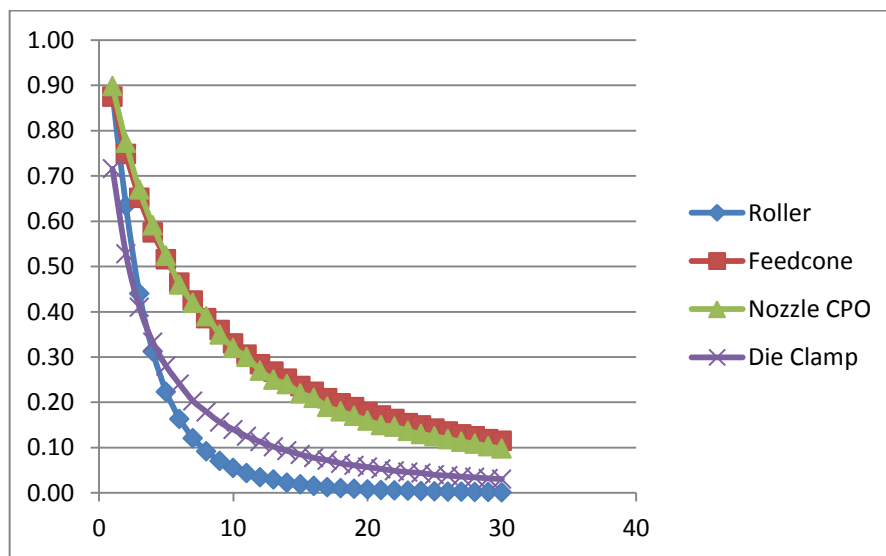
Gambar 4.14 Grafik *Reliability* Komponen Kritis Mesin *Pellet* 1

Grafik komponen kritis *pellet* 1 pada Gambar 4.14 menunjukkan penurunan pada setiap kenaikan interval waktu. Nilai *reliability* minimum komponen kritis sebesar 70% sebagai batas toleransi perusahaan, artinya *roller* dapat dioperasikan paling lama 2 hari, *fanbelt* ayakan selama 7 hari, baut ayakan selama 4 hari dan *die* selama 3 hari. Komponen kritis yang dijalankan lebih dari itu akan memiliki kemungkinan untuk tidak *breakdown* adalah sekitar 70%.



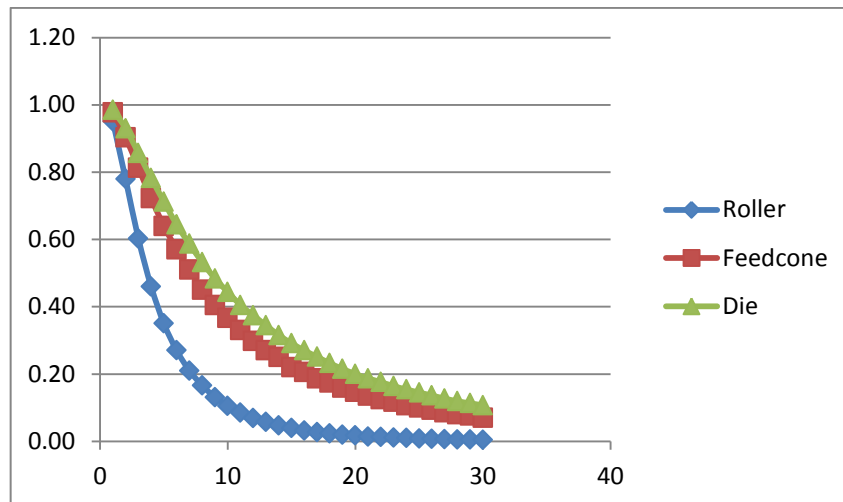
Gambar 4.15 Grafik *Reliability* Komponen Kritis Mesin *Pellet* 2

Grafik komponen kritis *pellet 2* pada Gambar 4.15 menunjukkan penurunan pada setiap kenaikan interval waktu. Grafik tersebut menunjukkan bahwa komponen baut ayakan memiliki tingkat *reliability* tertinggi pada mesin *pellet 2* dan yang terendah adalah *fanbelt* ayakan. Nilai *reliability* minimum komponen kritis sebesar 70% sebagai batas toleransi perusahaan, artinya *roller* dapat dioperasikan paling lama 4 hari, *fanbelt* ayakan selama 1 hari dan baut ayakan selama 18 hari. Komponen kritis yang dijalankan lebih dari itu memiliki kemungkinan untuk tidak *breakdown* adalah sekitar 70%, sehingga perlu diadakan perawatan sebelum mencapai hari tersebut.



Gambar 4.16 Grafik *Reliability* Komponen Kritis Mesin *Pellet 3*

Grafik komponen kritis *pellet 3* pada Gambar 4.16 menunjukkan penurunan pada setiap kenaikan interval waktu. Nilai *reliability* minimum komponen kritis apabila telah ditentukan sebesar 70% sebagai batas toleransi perusahaan, artinya *roller* dapat dioperasikan paling lama 1 hari, *feedcone* selama 2 hari, *nozzle CPO* selama 2 hari dan *die clamp* selama 1 hari. Komponen kritis yang dijalankan lebih dari itu memiliki kemungkinan untuk tidak *breakdown* adalah sekitar 70%. Perawatan perlu diadakan sebelum mencapai hari tersebut, untuk mencegah terjadinya kerusakan mesin.



Gambar 4.17 Grafik *Reliability* Komponen Kritis Mesin *Pellet* 4

Grafik komponen kritis *pellet* 4 pada Gambar 4.17 menunjukkan penurunan pada setiap kenaikan interval waktu. Nilai *reliability* minimum komponen kritis apabila sudah ditentukan sebesar 70% sebagai batas toleransi perusahaan, maka *roller* dapat dioperasikan paling lama 1 hari, *feedcone* selama 2 hari, *nozzle* CPO selama 2 hari dan *die clamp* selama 1 hari. Komponen kritis yang dijalankan lebih dari itu tanpa sebuah proses *maintenance* akan memiliki kemungkinan untuk tidak *breakdown* adalah sekitar 70%.

Kesimpulan dari analisa *reliability* masing-masing komponen kritis untuk setiap mesin *pellet* dapat dilihat pada Tabel 4.5. Penetapan nilai *reliability* sebesar 70% menunjukkan hari yang hampir sama untuk masing-masing komponen kritis, hal ini dapat mengoptimalkan proses perawatannya karena proses perawatan tidak berfokus pada satu komponen saja apabila terjadi kerusakan.

Tabel 4.5. *Reliability* Komponen Kritis

Mesin	Komponen	<i>Reliability</i> 70% (hari)
Pellet 1	Roller	2
	Fanbelt Ayakan	7
	Baut Ayakan	4
	Die	3
Pellet 2	Roller	4
	Fanbelt Ayakan	1
	Baut Ayakan	18

Tabel 4.5. *Reliability* Komponen Kritis (sambungan)

Mesin	Komponen	<i>Reliability</i> 70% (hari)
Pellet 3	Roller	1
	Feedcone	2
	Nozzle CPO	2
	Die Clamp	1
Pellet 4	Roller	2
	Feedcone	2
	Die	1

Reliability dari komponen kritis tersebut merupakan hasil diskusi perusahaan sebesar 70%, sehingga sebelum mencapai hari tersebut perlu dijadikan suatu peringatan untuk dilakukan perawatan mesin. Perawatan komponen kritis yang dilakukan lebih dari hari tersebut maka kemungkinan suatu komponen untuk tidak rusak <70%. Penentuan nilai 70% diperoleh dari hasil diskusi dengan perusahaan artinya nilai tersebut merupakan nilai keandalan yang paling seimbang untuk dijaga agar antara kegiatan *maintenance* dengan kegiatan produksi berjalan seimbang. Tujuan perhitungan *reliability* untuk mesin *pellet* dan komponen kritis antara lain:

- Mengetahui lama waktu kemampuan mesin maupun komponen kritis untuk memenuhi fungsinya.
- Menghitung total biaya minimum di tahap selanjutnya.

4.6 Analisa MTTF dan MTTR

Mean Time To Failure merupakan rata-rata selang waktu (interval waktu) terjadinya kerusakan pada sebuah komponen. Data yang digunakan adalah data interval waktu kerusakan, kemudian dihitung selisihnya antar waktu kejadian kerusakan. Contoh perhitungan nilai MTTF pada komponen *roller* pada *pellet* 1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 MTTF &= t_{med} \exp(s^2/2) \\
 &= 3,45229 \exp(1,05142^2/2) = 6,000121909
 \end{aligned}
 \tag{2.14}$$

Tabel 4.6. MTTF, Distribusi dan Parameter Interval Waktu Kerusakan Komponen Kritis Mesin *Pellet 1*

Mesin	Komponen	Distribusi	Median	Location	Shape	Scale	Gamma	MTTF (hari)
Pellet 1	Roller	Lognormal	3,45229	1,23904		1,05142		6
	Fanbelt Ayakan	Weibull	13,3987		1,03708	19,0786	0,98374	19
	Baut Ayakan	Lognormal	13,4371	2,59802		2,25549		171
	Die	Lognormal	7,99919	2,07934		1,85993		45

Data kerusakan komponen *roller* memiliki distribusi *lognormal* sehingga perhitungan menggunakan parameter *median* sebesar 3,455229 dan *scale* sebesar 1,05142. Hasil perhitungan menunjukkan hasil 6,000121909 sehingga dapat dibulatkan menjadi 6, artinya rata-rata interval waktu kerusakan yang dialami komponen *roller* pada saat ini adalah selama 6 hari. Satuan yang digunakan adalah hari karena data interval kerusakan yang diambil juga menggunakan satuan hari. Perhitungan MTTF secara umum digunakan untuk:

- Menghitung nilai *availability* dari mesin *pellet* dan komponen kritis.
- Menentukan rata-rata kejadian kerusakan yang terjadi saat ini untuk MTTF (sebelum usulan), dengan tujuan untuk membandingkan dengan hasil usulan nanti.

Perhitungan nilai MTTR bertujuan untuk mengetahui lama rata-rata perbaikan atau penggantian komponen. Nilai MTTR diperoleh dari perhitungan yang sama seperti dengan perhitungan MTTF. Data yang digunakan adalah data lama perbaikan, lama penggantian serta lama perbaikan dan penggantian komponen. Data tersebut diambil dalam satuan menit sesuai dengan *daily report* mesin *pellet* yang kemudian akan dikonversikan ke dalam satu hari.

Tabel 4.7. MTTR, Distribusi dan Parameter Lama Perbaikan dan Penggantian Komponen Kritis Mesin *Pellet 1*

Mesin	Komponen	Distribusi	Median	Location	Scale	MTTR (menit)	MTTR (hari)
Pellet 1	Roller	Lognormal	32,5163	3,48174	0,467813	36	0,0252
	Fanbelt Ayakan	Lognormal	82	4,39536	0,442956	90	0,0626
	Baut Ayakan	Lognormal	45,0009	3,81202	0,768074	60	0,0420
	Die	Lognormal	61,8018	4,12393	1,118929	116	0,0803

Contoh perhitungan untuk nilai MTTR perbaikan dan penggantian komponen *roller* yang berdistribusi *lognormal* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} MTTR &= t_{med} \exp(s^2/2) \\ &= 32,5163 \times \exp(0,467813^2/2) \\ &= 36,27635 \end{aligned} \tag{2.14}$$

Data perbaikan komponen *roller* memiliki distribusi *lognormal* dan perhitungan menggunakan parameter *median* sebesar 32,5163 dan *scale* sebesar 0,467813. Hasil perhitungan menunjukkan hasil 36,27635 sehingga dapat dibulatkan menjadi 36, artinya rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan atau penggantian komponen *roller* adalah selama 36 menit. Perhitungan MTTR untuk komponen kritis dan mesin *pellet* dibedakan menjadi tiga macam dengan masing-masing fungsi yang berbeda yaitu antara lain:

- MTTR perbaikan, digunakan untuk menentukan waktu perawatan *preventive* pada perhitungan *preventive cost* (C_p). Data yang diambil untuk perhitungan ini hanya data lama perbaikan saja.
- MTTR penggantian, digunakan untuk menentukan waktu penggantian pada perhitungan *failure cost* (C_f). Data yang diambil untuk perhitungan ini hanya data lama penggantian saja.
- MTTR perbaikan dan penggantian, digunakan untuk menentukan *availability* dari mesin *pellet* dan komponen kritis. Data yang diambil adalah seluruh data baik penggantian maupun perbaikan.

Hasil perhitungan MTTF dan MTTR mesin *pellet* dan komponen kritis untuk setiap mesin *pellet* dapat dilihat pada Lampiran 77.

4.7 Analisa Availability

Perhitungan *availability* komponen kritis mesin *pellet* dapat ditentukan melalui rumus persamaan 2.16. *Availability* mesin dapat dihitung dengan mengetahui nilai MTTR serta MTTF dari setiap komponen. Contoh perhitungan

dilakukan untuk komponen *roller* pada *pellet* 1, dimana telah diketahui nilai MTTF = 6 dan nilai MTTR = 36 menit = 0,025 hari, berikut ini adalah perhitungannya:

$$Availability = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad (2.16)$$

$$= \frac{6}{6 + 0,025} = 0,9958$$

Nilai MTTF merupakan waktu selang kerusakan dari komponen kritis pada sistem perawatan (*corrective* dan *breakdown maintenance*) saat ini. MTTR merupakan waktu perbaikan atau penggantian komponen kritis yang rusak. Hasil perhitungan *availability* untuk seluruh komponen kritis dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. *Availability* Komponen Kritis Mesin *Pellet*

Mesin	Komponen	MTTR (hari)	MTTF (hari)	Availability (%)
Pellet 1	Roller	0,0252	6	0,995818988
	Fanbelt Ayakan	0,0626	19	0,996674855
	Baut Ayakan	0,0420	171	0,999754602
	Die	0,0803	45	0,998223753
Pellet 2	Roller	0,0394	13	0,997045432
	Fanbelt Ayakan	0,0813	4	0,980095409
	Baut Ayakan	0,0426	37	0,998835458
Pellet 3	Roller	0,0240	4	0,993649113
	Feedcone	0,0235	15	0,998441008
	Nozzle CPO	0,0313	13	0,997617779
	Die Clamp	0,0483	6	0,991788806
Pellet 4	Roller	0,0234	5	0,995414447
	Feedcone	0,0251	12	0,997830625
	Die	0,0501	14	0,996500489

Perhitungan *availability* juga dilakukan pada mesin *pellet* untuk kemudian dibandingkan dengan *availability* sesudah *predictive maintenance*. Prosentase *availability* mesin *pellet* diambil dari *daily report* mesin *pellet* selama sebelas bulan dari bulan Mei 2013 hingga bulan Februari 2014. Prosentase tersebut menunjukkan bahwa *availability* mesin *pellet* berkisar antara 96%, artinya ada sekitar 4% waktu operasi yang tidak dapat dimanfaatkan mesin *pellet* untuk beroperasi. Hal tersebut salah satunya disebabkan karena banyaknya

unplanned downtime yang terjadi disetiap mesin *pellet*. Penyebab terjadinya *unplanned downtime* salah satunya adalah waktu untuk *corrective* dan *breakdown maintenance*.

Tabel 4.9. Prosentase *Availability* Mesin *Pellet* (Mei 2013-Februari 2014)

Mesin	MTTF (hari)	MTTR (hari)	<i>Availability</i> (%)
Pellet 1	2,83	0,08	97%
Pellet 2	3,26	0,08	98%
Pellet 3	2,26	0,05	98%
Pellet 4	2,44	0,10	96%

4.8 Analisa Total Biaya Minimum

Total biaya minimum perlu dilakukan untuk mengetahui sistem *maintenance* yang seimbang antara *failure cost* dengan *preventive cost* sehingga bisa menghasilkan total biaya terkecil. *Failure cost* dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.17. Biaya-biaya yang perlu diketahui dalam perhitungan total biaya minimum antara lain biaya kehilangan produksi akibat jumlah kemampuan produksi yang hilang, biaya komponen, dan biaya tenaga kerja.

4.8.1 Biaya Tenaga Kerja (B)

PT Charoen Pokphand Indonesia dalam kegiatan perawatan mesin dilaksanakan oleh departemen *maintenance*. Biaya tenaga kerja pada setiap anggota departemen *maintenance* diberikan secara harian, sesuai dengan kejadian kerusakan. Biaya pokok untuk setiap operator adalah Rp. 104.286,- /hari, ditambah dengan *fee* 7,5% sebesar Rp. 7.821,-/ hari, sehingga total biaya tenaga kerja yang diberikan pada operator *maintenance* adalah Rp. 112.107,-/hari.

4.8.2 Biaya Komponen (D)

Biaya komponen berbeda untuk setiap mesin *pellet* dan juga berbeda tergantung kebutuhannya yaitu untuk perbaikan atau penggantian komponen kritis. Tabel biaya komponen untuk setiap mesin *pellet* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Biaya Komponen Kritis Mesin *Pellet*

Mesin	Komponen	Jenis	Harga/pcs	Jumlah
Pellet 1	Roller	CPM Roller Shell Open 6020-6	2.820.950	1
		CPM Roller Shell Close 6020-6	2.909.390	1
	Fanbelt Ayakan	Bando Vanbelt B91	42.588	2
	Baut Ayakan	Baut Mur Baja 1 x 6IN	9.600	20
	Die	CPM Die	27.495.735	1
Pellet 2	Roller	CPM Roller Shell Open 6020-6	2.820.950	1
		CPM Roller Shell Close 6020-6	2.909.390	1
	Fanbelt Ayakan	Bando Vanbelt B93	43.254	2
	Baut Ayakan	Baut Mur Baja 1 x 6IN	9.600	20
Pellet 3	Roller	IDAH Roller Shell PM635A-C212 OPEN END	5.267.210	1
		IDAH Roller Shell PM635A-C212-1	5.172.358	1
	Feedcone	IDAH Drive Wheel PM635A-C14-1	38.240.000	1
	Nozzle CPO	Nozzle Standard	500.000	1
	Die Clamp	Die Clamp	5.543.000	1
Pellet 4	Roller	IDAH Roller Shell PM635A-C212 OPEN END	5.267.210	1
		IDAH Roller Shell PM635A-C212-1	5.172.358	1
	Feedcone	IDAH Drive Wheel PM635A-C14-1	38.240.000	1
	Die	IDAH Die	40.732.650	1

4.8.3 Jumlah Kemampuan Produksi (A)

Proses produksi yang berhenti akibat perbaikan atau penggantian komponen, dapat menyebabkan kerugian yaitu kehilangan produksi karena jumlah kemampuan produksi tidak sesuai dengan yang dijadwalkan. Jumlah kemampuan produksi untuk setiap mesin *pellet* berbeda-beda karena kapasitas untuk setiap *pellet* berbeda. Jumlah kemampuan produksi untuk setiap mesin *pellet* dalam satu hari dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11. Jumlah Kemampuan Produksi Mesin *Pellet*

Mesin	Kapasitas Produksi	Jumlah Kemampuan Produksi
	(ton/jam)	(ton/hari)
Pellet 1	13	312
Pellet 2	18	432
Pellet 3	19	456
Pellet 4	19	456

Jumlah kemampuan produksi kemudian dikonversikan ke dalam biaya dengan cara dikalikan dengan harga jual pakan ternak yaitu Rp. 5500,-/ kg untuk mengetahui asumsi kehilangan produksi dalam satu hari. Perhitungan asumsi kehilangan produksi selama satu hari *pellet* 1 adalah sebagai berikut:

$$\text{Asumsi Kehilangan Produksi} = 312.000 \text{ kg} \times 5.500 = 1.716.000.000$$

Asumsi kehilangan produksi untuk mesin *pellet* 2 sebesar Rp. 2.376.000.000,- sedangkan mesin *pellet* 3 dan 4 adalah Rp. 2.508.000.000,-.

4.8.4 *Failure Cost dan Preventive Cost*

Biaya kerusakan timbul apabila komponen terjadi diluar perkiraan atau diluar jadwal perawatan. Perhitungan *preventive cost* dapat dilakukan dengan mengetahui biaya kehilangan produksi (A), biaya pekerja (B), waktu perawatan *preventive* / MTTR perbaikan (C) dan harga komponen (D). Rumus yang digunakan adalah Persamaan 2.17. Contoh perhitungan *preventive cost* dilakukan pada komponen *roller* mesin *pellet* 1 sebagai berikut:

Diketahui:

Jumlah Kemampuan Produksi (A)	: 1.716.000.000
Biaya Tenaga Kerja (B)	: 112.107
MTTR perbaikan (C)	: 0,02
Biaya Komponen (D)	: 5.730.340

$$\begin{aligned}
 C_p &= (A + B) \times C + D \\
 &= (1.716.000.000 + 112.107) \times 0,02 + 5.730.340 \\
 &= 40.290.931
 \end{aligned}
 \tag{2.17}$$

Perhitungan *failure cost* dapat dilakukan dengan mengetahui biaya kehilangan produksi (A), biaya pekerja (B), waktu perawatan *failure* /MTTR Penggantian(*breakdown*) (C) dan harga komponen (D). Rumus yang digunakan adalah Persamaan 2.18. Contoh perhitungan *failure cost* dilakukan pada komponen *roller* mesin *pellet* 1 sebagai berikut:

Diketahui:

Jumlah Kemampuan Produksi (A) : 1.716.000.000

Biaya Tenaga Kerja (B) : 112.107

MTTR Penggantian (C) : 0,09

Biaya Komponen (D) : 5.730.340

$$C_f = (A + B) \times C + D \quad (2.18)$$

$$= (1.716.000.000 + 112.107) \times 0,09 + 5.730.340$$

$$= 155.890.149$$

Failure cost merupakan biaya yang timbul karena penggantian komponen mesin yang rusak. Perhitungan nilai *failure cost* dan *preventive cost* dari masing - masing komponen kritis dapat dilihat pada perhitungan berikut di Tabel 4.12 dan Tabel 4.13.

Tabel 4.12. Nilai *Preventive Cost* Komponen Kritis Mesin *Pellet*

Mesin	Komponen	Nilai Produksi / A (Rp/jam)	Biaya Tenaga Kerja / B (Rp/hari)	MTTR Penggantian / C (hari)	Biaya Komponen / D (Rp)	Cp (Rp)
Pellet 1	Roller	1.716.000.000	112.107	0,02	5.730.340	40.290.931
	Fanbelt Ayakan	1.716.000.000	112.107	0,00	85.176	85.176
	Baut Ayakan	1.716.000.000	112.107	0,02	192	40.711.314
	Die	1.716.000.000	112.107	0,03	27.495.735	71.590.282
Pellet 2	Roller	2.376.000.000	112.107	0,02	5.730.340	53.582.598
	Fanbelt Ayakan	2.376.000.000	112.107	0,00	86.508	86.508
	Baut Ayakan	2.376.000.000	112.107	0,02	192	56.294.647
Pellet 3	Roller	2.508.000.000	112.107	0,02	10.439.568	62.691.904
	Feedcone	2.508.000.000	112.107	0,02	38.240.000	97.459.314
	Nozzle CPO	2.508.000.000	112.107	0,03	500	70.169.781
	Die Clamp	2.508.000.000	112.107	0,05	5.543.000	125.723.372
Pellet 4	Roller	2.508.000.000	112.107	0,02	10.439.568	55.724.925
	Feedcone	2.508.000.000	112.107	0,03	38.240.000	100.942.803
	Die	2.508.000.000	112.107	0,03	40.732.650	120.852.898
Total						775,353,555

Tabel 4.13. Nilai *Failure Cost* Komponen Kritis Mesin *Pellet*

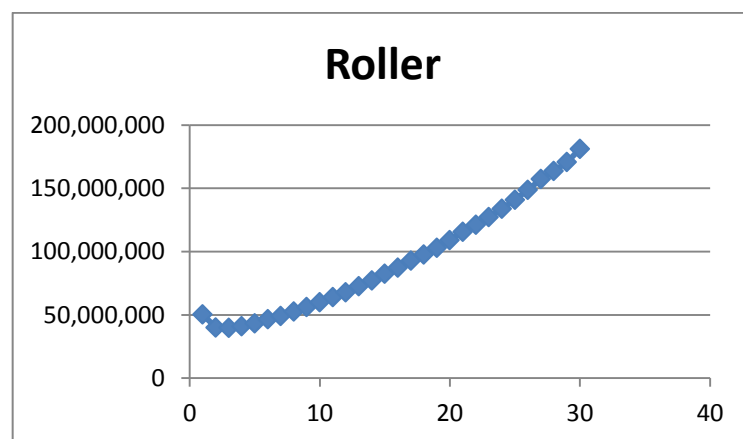
Mesin	Komponen	Nilai Produksi / A(Rp/jam)	Biaya Tenaga Kerja / B (Rp/hari)	MTTR Penggantian / C (hari)	Biaya Komponen / D (Rp)	Cf (Rp)
Pellet 1	Roller	1.716.000.000	112.107	0,09	5.730.340	155.890.149
	Fanbelt Ayakan	1.716.000.000	112.107	0,06	85.176	106.150.438
	Baut Ayakan	1.716.000.000	112.107	0,06	192	102.682.029
	Die	1.716.000.000	112.107	0,16	27.495.735	300.405.230
Pellet 2	Roller	2.376.000.000	112.107	0,09	5.730.340	216.940.305
	Fanbelt Ayakan	2.376.000.000	112.107	0,08	86.508	193.145.617
	Baut Ayakan	2.376.000.000	112.107	0,06	192	142.098.695
Pellet 3	Roller	2.508.000.000	112.107	0,05	10.439.568	125.394.706
	Feedcone	2.508.000.000	112.107	0,00	38.240.000	38.240.000
	Nozzle CPO	2.508.000.000	112.107	0,00	500	500
	Die Clamp	2.508.000.000	112.107	0,00	5.543.000	5.543.000
Pellet 4	Roller	2.508.000.000	112.107	0,06	10.439.568	158.487.852
	Feedcone	2.508.000.000	112.107	0,00	38.240.000	38.240.000
	Die	2.508.000.000	112.107	0,23	40.732.650	625.958.808
Total						1,583,218,521

4.8.5 Total Biaya Minimum (T_c)

Total biaya minimum diperoleh ketika ada keseimbangan antara *failure cost* dengan *preventive cost*. Perhitungan tidak hanya dilakukan pada komponen kritis saja , tetapi juga untuk menentukan *availability* dan *reliability* mesin *pellet*sebelum dan sesudah melakukan *predictive maintenance*. Contoh perhitungan berikut adalah untutk komponen *roller* mesin *pellet* 1 untuk periode (t) hari pertama:

$$\begin{aligned}
 T_c (1) &= \frac{C_P \times R(t) + C_f \times [1 - R(t)]}{T \cdot R(t) + \int_0^T t \cdot f(t) dt} \\
 &= \frac{40.290.931 \times 0,88 + 155.890.149 \times [1 - 0,88]}{1.0,88 + 1.0,19429} \\
 &= 50.262.660
 \end{aligned}
 \tag{2.21}$$

Hasil perhitungan total biaya *roller* mesin *pellet* tersebut akan terus dihitung hingga periode waktu tertentu yang menunjukkan nilai T_c terendah. Nilai T_c terendah akan menunjukkan interval hari interval hari perawatan untuk *predictive maintenance*. Penentuan interval hari perawatan *predictive maintenance* ditentukan lewat analisa grafik total biaya. Grafik total biaya menunjukkan periode waktu dan total biaya yang dikeluarkan untuk perawatan. Perhitungan total biaya untuk komponen kritis *roller pellet* 1 pada Lampiran 79, dapat digambarkan pada grafik total biaya di Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Grafik Total Biaya Komponen Roller pada Mesin Pellet 1

Grafik total biaya pada komponen *roller pellet* 1 menunjukkan titik yang terendah pada periode waktu hari ketiga. Komponen *roller* pada *pellet* 1 memiliki interval waktu perbaikan dan penggantian adalah tiga hari dengan tingkat *reliability* 0,55172. Total biaya minimum yang terjadi pada komponen *roller pellet* 1 adalah Rp. 39.651.101,-. Perhitungan total biaya untuk setiap komponen kritis dapat dilihat pada Lampiran 79 hingga Lampiran 92. Hasil perhitungan interval waktu perawatan optimum untuk masing-masing komponen kritis yang dapat disimpulkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Kesimpulan Hasil Perhitungan Total Biaya Minimum Komponen Kritis

Mesin	Komponen	t (hari)	Tc (Rp./hari)	A (%)	R(t) (%)
Pellet 1	Roller	3	39.651.101	0,99333	0,55172
	Fanbelt Ayakan	13	446.674	0,99527	0,00066
	Baut Ayakan	35	6.524.946	0,99933	0,32187
	Die	28	29.015.036	0,99908	0,25413
Pellet 2	Roller	31	23.314.580	0,99935	0,008
	Fanbelt Ayakan	1	63.645.225	0,92486	0,7515
	Baut Ayakan	34	4.764.965	0,99931	0,52864
Pellet 3	Roller	2	46.266.705	0,98969	0,6337
	Feedcone	25	10.392.404	0,99906	0,14231
	Nozzle CPO	43	1.534.131	0,99935	0,033
	Die Clamp	28	7.432.897	0,99829	0,0343
Pellet 4	Roller	3	37.783.431	0,99402	0,60257
	Feedcone	14	11.493.367	0,99822	0,25
	Die	5	61.521.179	0,99365	0,7122

4.9 Perbandingan *Availability* dan *Reliability* Mesin *Pellet*

Tujuan penelitian adalah meningkatkan *availability* dan *reliability* mesin *pellet* sehingga perlu dilakukan perbandingan antara sebelum dan sesudah *predictive maintenance*. Perhitungan nilai *availability* membutuhkan nilai MTTF dan MTTR yang dapat dilihat pada Lampiran 77. Contoh perhitungan nilai *availability* mesin *pellet* 1 saat ini adalah sebagai berikut:

Diketahui :

MTTR (Lama Penggantian Mesin *Pellet*1) : 0,077928 hari

MTTF (Interval Waktu Kerusakan Mesin *Pellet* 1) : 3 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Availability} &= \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \\
 &= \frac{3}{3 + 0,077928} = 0,97316
 \end{aligned}
 \tag{2.16}$$

Contoh perhitungan nilai *availability* mesin *pellet* 1 usulan *predictive maintenance* adalah sebagai berikut:

Diketahui :

MTTR (Lama Perbaikan dan Penggantian Mesin *Pellet* 1) : 0,0372

t (Interval Waktu Perawatan Mesin *Pellet* berdasarkan Nilai Tc) : 2 hari

$$Availability = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} \quad (2.16)$$

$$= \frac{2}{2 + 0,0372} = 0,9817$$

Perbandingan *availability* menunjukkan bahwa terjadi peningkatan dari *availability* mesin *pellet* 1 setelah dilaksanakan *predictive maintenance*. Peningkatan *availability pellet* 1 yaitu sebesar 2,092%. *Reliability* mesin *pellet* 1 juga dibandingkan sebelum dan sesudah usulan. Perbandingan dapat dilihat pada nilai MTTF (Interval Waktu Kerusakan Mesin *Pellet* 1) dan t (Interval Waktu Perawatan Mesin *Pellet* berdasarkan Nilai Tc). Nilai MTTF menunjukkan hari ketiga dimana nilai *reliability* saat itu adalah 32,64%, sedangkan untuk nilai t (usulan) menunjukkan hari kedua dimana nilai *reliability* saat itu adalah 53,19%. Peningkatan *reliability* juga terjadi pada mesin *pellet* 1 yaitu sebesar 20,552%. Perbandingan nilai *reliability* dan *availability* untuk mesin *pellet* lainnya sebelum dan sesudah *predictive maintenance* dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16.

Tabel 4.15. Perbandingan *Reliability* Mesin *Pellet*

Mesin	Sebelum	Sesudah	Selisih
Pellet 1	32,64%	53,19%	20,55%
Pellet 2	37,83%	57,54%	19,71%
Pellet 3	45,22%	45,22%	0,00%
Pellet 4	50,40%	50,40%	0,00%

Tabel 4.16. Perbandingan *Availability* Mesin *Pellet*

Mesin	Sebelum	Sesudah	Selisih
Pellet 1	97%	98,17%	1%
Pellet 2	98%	97,50%	0%
Pellet 3	98%	98,84%	1%
Pellet 4	96%	98,85%	3%

Hasil perbandingan nilai *reliability* dan *availability* untuk mesin *pellet* lainnya sebelum dan sesudah *predictive maintenance* pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16 dapat disimpulkan:

- Mesin *pellet* 1 dan *pelet* 2 mengalami peningkatan dari segi *availability* dan *reliability*, sehingga usulan *predictive maintenance* dengan memperhatikan total biaya minimum dapat dilakukan pada kedua mesin tersebut.
- Mesin *pellet* 3 dan 4 mengalami peningkatan dari segi *availability* akan tetapi tidak ada perubahan dari segi *reliability* sehingga usulan *predictive maintenance* perlu dipertimbangkan kembali.

Perhitungan *availability* dan *reliability* kemudian juga dilakukan pada setiap komponen kritis mesin *pellet*.

4.10 Perbandingan *Availability*, *Reliability* dan Total Biaya Minimum Komponen Kritis

Analisa untuk setiap komponen kritis mesin *pellet* dengan sistem *corrective* dan *breakdown maintenance* (sebelum *predictive maintenance*) dan setelah *predictive maintenance* dapat dibandingkan dalam Tabel 4.17. Tabel 4.17 menunjukkan bahwa perbandingan total biaya minimum antara sebelum dan sesudah *predictive maintenance*, menunjukkan bahwa total biaya yang harus dikeluarkan untuk *predictive maintenance* lebih kecil dibandingkan sistem *maintenance* sebelumnya. Komponen kritis *fanbelt* ayakan *pellet* 1 menunjukkan kerugian, artinya perusahaan harus mengeluarkan biaya yang lebih terhadap perawatan *fanbelt* ayakan *pellet* 1 dengan sistem *predictive maintenance* ini.

Tabel 4.17. Perbandingan *Availability*, *Reliability* dan Total Biaya Minimum Komponen Kritis *Pellet*

Mesin	Komponen	Sebelum				Sesudah				Selisih		
		MTTF (hari)	Tc (Rp./hari)	A (%)	R(t) (%)	t (hari)	Tc (Rp./hari)	A (%)	R(t) (%)	Tc (Rp./hari)	A (%)	R(t) (%)
Pellet 1	Roller	6	46.377.770	0,985626571	0,29806	3	39.651.101	0,9933318	0,55172	-6.726.669	0,00771	0,25366
	Fanbelt Ayakan	19	216.696	0,996717741	1,95062E-05	13	446.674	0,995268223	0,000664531	229.978	-0,00145	0,00065
	Baut Ayakan	171	64.266.086	0,99965086	0,02147	35	6.524.946	0,999325852	0,32187	-57.741.141	-0,00033	0,30040
	Die	45	35.385.991	0,996486723	0,1451	28	29.015.036	0,999083183	0,25413	-6.370.956	0,00260	0,10903
Pellet 2	Roller	13	54.543.045	0,993354653	0,0537	31	23.314.580	0,99935078	0,008	-31.228.465	0,00600	-0,04570
	Fanbelt Ayakan	4	97.142.357	0,980118074	0,287	1	63.645.225	0,924855491	0,7515	-33.497.132	-0,05526	0,46450
	Baut Ayakan	37	4.785.415	0,998366448	0,4936	34	4.764.965	0,999306037	0,52864	-20.450	0,00094	0,03504
Pellet 3	Roller	4	52.302.103	0,987922365	0,31207	2	46.266.705	0,989690722	0,6337	-6.035.398	0,00177	0,32163
	Feedcone	15	11.528.938	0,998436851	0,23576	25	10.392.404	0,999056447	0,14231	-1.136.533	0,00062	-0,09345
	Nozzle CPO	13	4.212.386	0,997888036	0,25	43	1.534.131	0,999354422	0,033	-2.678.254	0,00147	-0,21700
	Die Clamp	6	16.528.753	0,991854903	0,24	28	7.432.897	0,998291614	0,0343	-9.095.856	0,00644	-0,20570
Pellet 4	Roller	5	45.690.656	0,988517798	0,35	3	37.783.431	0,994017487	0,60257	-7.907.225	0,00550	0,25257
	Feedcone	12	11.885.182	0,997836903	0,298	14	11.493.367	0,998217469	0,25	-391.815	0,00038	-0,04800
	Die	14	81.103.896	0,983903052	0,3156	5	61.521.179	0,99365167	0,7122	-19.582.716	0,00975	0,39660

Availability untuk seluruh komponen kritis juga mengalami peningkatan, kecuali pada beberapa komponen kritis yaitu:

- *Pellet 1 : Fanbelt* ayakan, baut ayakan
- *Pellet 2 : Fanbelt* ayakan

Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan *predictive maintenance* untuk komponen tersebut memakan waktu lebih banyak dalam pelaksanaannya dibandingkan dengan *corrective* dan *breakdown maintenance*. Hal tersebut menyebabkan waktu proses produksi menjadi menurun dan dapat berpengaruh pada jumlah hasil produksi pakan.

Reliability untuk masing-masing komponen kritis mengalami peningkatan sehingga kemampuan atau tingkat berfungsinya mesin *pellet* mengalami kenaikan. Komponen kritis yang mengalami penurunan *reliability*, diantaranya :

- *Pellet 2: roller*
- *Pellet 3: feedcone, nozzle CPO, die clamp*
- *Pellet 4: feedcone*

Seluruh komponen tersebut mengalami penurunan *reliability* karena interval waktu (t) sistem *predictive* menunjukkan selang waktu hari yang lebih lama dibandingkan dengan nilai MTTF. Hal tersebut mengakibatkan nilai *reliability* mengalami penurunan karena sesuai dengan kesimpulan analisa *reliability* sebelumnya, bahwa *reliability* suatu mesin bergantung pada periode waktu penggunaannya.

4.11 Penerapan Predictive Maintenance

Predictive maintenance yang sudah terjadwal kemudian dapat dilaksanakan sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan. Kegiatan *maintenance* yang dilakukan berbeda-beda tergantung pada jenis komponen yang dilakukan *predictive maintenance*. Tabel 4.18 menunjukkan kegiatan *maintenance* apa yang akan dilakukan disetiap komponen dan interval waktu pelaksanaannya.

Tabel 4.18. Kegiatan *Predictive Maintenance*

Mesin	Komponen	Interval Waktu Perbaikan & Penggantian (hari)	Prosedur		Penggantian dilakukan saat
			Perbaikan	Penggantian	
Pellet 1	<i>Roller</i>	3	<i>Adjusting</i> / Penyetelan <i>roller</i> . Posisi <i>roller</i> terhadap die harus tepat. Tidak boleh terlalu rapat atau terlalu	• Penggantian <i>roller open</i> • Penggantian <i>roller close</i> • Penggantian <i>roller open</i> dan <i>closed</i>	Mesin <i>pellet</i> mengalami penurunan kapasitas diakibatkan komponen <i>roller</i> yang sudah tumpul, atau aus.
	<i>Fanbelt</i> Ayakan	13	Pemasangan <i>fanbelt</i> ayakan yang lepas	Penggantian dilakukan pada seluruh <i>fanbelt</i> ayakan (bukan yang putus saja)	Ayakan pada mesin <i>pellet</i> tidak menghasilkan besar partikel yang sesuai, disebabkan karena ada <i>fanbelt</i> ayakan yang putus
	Baut Ayakan	35	• Pengencangan baut yang kendur • Pengelasan baut ayakan yang sering mengalami kendur	Penggantian dilakukan dengan mengganti baut yang patah saja	Ayakan pada mesin <i>pellet</i> tidak menghasilkan besar partikel yang sesuai, disebabkan karena baut ayakan yang patah

Tabel 4.18. Kegiatan *Predictive Maintenance* (sambungan)

Mesin	Komponen	Interval Waktu Perbaikan & Penggantian (hari)	Prosedur		Penggantian dilakukan saat
			Perbaikan	Penggantian	
Pellet 1	Die	28	- Pembersihan benda besi yang terjatrapada magnet di atas lubang <i>die</i> - Sebelum dan sesudah proses <i>pelleting</i>, selalu cuci die dengan bahan lunak dan licin menggunakan campuran minyak (bisa <i>crude palm oil</i>)	Penggantian dilakukan pada komponen <i>die</i> dan baut <i>die</i> apabila ada yang patah sebanyak tiga secara berturut-turut	Lubang <i>die</i> banyak yang tersumbat dan mengakibatkan kapasitas produksi turun
Pellet 2	Roller	31	<i>Adjusting</i> / Penyetelan roller Posisi roller terhadap die harus tepat. Tidak boleh terlalu rapat atau terlalu	- Penggantian roller <i>open</i> - Penggantian roller <i>close</i> - Penggantian roller <i>open</i> dan <i>closed</i>	Mesin <i>pellet</i> mengalami penurunan kapasitas diakibatkan komponen <i>roller</i> yang sudah tumpul, atau aus.
	Fanbelt Ayakan	1	Pemasangan <i>fanbelt</i> ayakan yang lepas	Penggantian dilakukan pada seluruh <i>fanbelt</i> ayakan (bukan yang putus saja)	Ayakan pada mesin <i>pellet</i> tidak menghasilkan besar partikel yang sesuai, disebabkan karena ada <i>fanbelt</i> ayakan yang putus

Tabel 4.18. Kegiatan *Predictive Maintenance* (sambungan)

Mesin	Komponen	Interval Waktu Perbaikan & Penggantian (hari)	Prosedur		Penggantian dilakukan saat
			Perbaikan	Penggantian	
Pellet 2	Baut Ayakan	34	Pengencangan baut yang kendur Pengelasan baut ayakan yang sering mengalami kendur	Penggantian dilakukan dengan mengganti baut yang patah saja	Ayakan pada mesin <i>pellet</i> tidak menghasilkan besar partikel yang sesuai, disebabkan karena baut ayakan yang patah
Pellet 3	<i>Roller</i>	2	<i>Adjusting</i> / Penyetelan <i>roller</i> . Posisi <i>roller</i> terhadap die harus tepat. Tidak boleh terlalu rapat atau terlalu	• Penggantian <i>roller open</i> • Penggantian <i>roller close</i> • Penggantian <i>roller open dan closed</i>	Mesin <i>pellet</i> mengalami penurunan kapasitas diakibatkan komponen <i>roller</i> yang sudah tumpul, atau aus.
	<i>Feedcone</i>	25	Pengelasan pada bagian <i>feedcone</i> yang retak	Penggantian <i>feedcone</i>	Kondisi <i>feedcone</i> sudah banyak retak dan tidak dapat di las lagi
	<i>Nozzle CPO</i>	43	Pembersihan ujung <i>nozzle</i>	Penggantian <i>nozzle CPO</i>	<i>Nozle CPO</i> tersumbat dan tak bisa diganti
	<i>DieClamp</i>	28	Pengelasan pada bagian <i>die clamp</i> yang retak	Penggantian <i>die clamp</i>	Kondisi <i>die clamp</i> sudah banyak retak dan tidak dapat di las lagi

Tabel 4.18. Kegiatan *Predictive Maintenance* (sambungan)

Mesin	Komponen	Interval Waktu Perbaikan & Penggantian (hari)	Prosedur		Penggantian dilakukan saat
			Perbaikan	Penggantian	
Pellet 4	<i>Roller</i>	3	<i>Adjusting</i> / Penyetelan <i>roller</i> . Posisi <i>roller</i> terhadap <i>die</i> harus tepat. Tidak boleh terlalu rapat atau terlalu	• Penggantian <i>roller open</i> • Penggantian <i>roller close</i> • Penggantian <i>roller open</i> dan <i>closed</i>	Mesin <i>pellet</i> mengalami penurunan kapasitas diakibatkan komponen <i>roller</i> yang sudah tumpul, atau aus.
	<i>Feedcone</i>	14	Pengelasan pada bagian <i>feedcone</i> yang retak	Penggantian <i>feedcone</i>	Kondisi <i>feedcone</i> sudah banyak retak dan tidak dapat di las lagi
	<i>Die</i>	5	• Pembersihan benda besi yang terjerat pada magnet di atas lubang <i>die</i> • Sebelum dan sesudah proses <i>pelleting</i>, selalu cuci <i>die</i> dengan bahan lunak dan licin menggunakan campuran minyak (bisa <i>crude palm oil</i>)	Penggantian dilakukan pada komponen <i>die</i> dan baut <i>die</i> apabila ada yang patah sebanyak tiga secara berturut-turut	Lubang <i>die</i> banyak yang tersumbat dan mengakibatkan kapasitas produksi turun

4.12 Jadwal Perbaikan dan Penggantian Komponen Kritis Mesin *Pellet*

Penjadwalan perbaikan dan penggantian komponen ini dibuat dengan berdasarkan interval waktu (t) yang diperoleh dari hasil analisa perhitungan *availability*, *reliability* dan total biaya minimum. Interval waktu ditentukan yang paling optimal dengan berdasarkan total biaya minimum yang dihasilkan dari *predictive maintenance*. Jadwal perbaikan dan penggantian yang optimal berarti efektif dalam meminimalkan kejadian kerusakan pada komponen sekaligus efisien dalam pengeluaran biaya pemeliharaan. Penjadwalan *predictive maintenance* akan dilakukan untuk bulan Juni 2014 hingga Agustus 2014. Asumsi penjadwalan *predictive maintenance* tidak ada jam lembur sehingga hanya dibatasi waktu kerja pabrik yaitu hari Senin hingga Sabtu, dan libur pada hari besar dan Minggu. Hasil penjadwalan setiap komponen kritis dapat dilihat pada Lampiran 93.

4.13 Perbandingan Sebelum dan Sesudah *Predictive Maintenance*

Penjadwalan *predictive maintenance* dilakukan berdasarkan analisa beberapa faktor yaitu *reliability*, *availability* serta interval waktu perawatan optimal dari segi biaya. Perbandingan hasil analisa terhadap beberapa faktor tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Reliability* mesin *pellet* mengalami peningkatan namun untuk *pellet* 3 dan 4 tidak mengalami perubahan yang dari segi *reliability*. Perbandingan *reliability* mesin *pellet* sebelum dan sesudah *predictive maintenance* dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19. Perbandingan *Reliability* Mesin *Pellet*

Mesin	Sebelum	Sesudah	Selisih
Pellet 1	32,64%	53,19%	20,55%
Pellet 2	37,83%	57,54%	19,71%
Pellet 3	45,22%	45,22%	0,00%
Pellet 4	50,40%	50,40%	0,00%

2. *Availability* mesin *pellet* mengalami peningkatan akibat usulan penjadwalan *predictive maintenance*. Perbandingan *availability* mesin *pellet* sebelum dan sesudah *predictive maintenance* dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20. Perbandingan *Availability* Mesin *Pellet*

Mesin	Sebelum	Sesudah	Selisih
Pellet 1	97%	98,17%	1%
Pellet 2	98%	97,50%	0%
Pellet 3	98%	98,84%	1%
Pellet 4	96%	98,85%	3%

3. Interval waktu perawatan *predictive maintenance* berbeda untuk setiap komponen kritis. Interval waktu perawatan telah ditentukan dengan berdasarkan perhitungan total biaya minimum (T_c), dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21. Interval Waktu Perawatan Komponen Kritis

Mesin	Komponen	t (hari)
Pellet 1	Roller	3
	Fanbelt Ayakan	13
	Baut Ayakan	35
	Die	28
Pellet 2	Roller	31
	Fanbelt Ayakan	29
	Baut Ayakan	34
Pellet 3	Roller	2
	Feedcone	19
	Nozzle CPO	11
	Die Clamp	6
Pellet 4	Roller	3
	Feedcone	10
	Die	5

4. Total biaya perawatan untuk setiap komponen kritis cenderung menurun ketika melaksanakan usulan jadwal *predictive maintenance* yang dilaksanakan sesuai dengan penentuan interval waktu perawatan. Total biaya perusahaan dapat diturunkan akibat *predictive maintenance* berkisar antara 12% hingga 90% dari total biaya sebelum dilaksanakan *predictive maintenance*. Perbandingan biaya sebelum dan sesudah *predictive maintenance* dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22. Perbandingan Total Biaya Perawatan

Mesin	Komponen	Sebelum (Rp./hari)	Sesudah (Rp./hari)	Selisih (Rp./hari)	Prosentase
Pellet 1	Roller	46.377.770	39.651.101	-6.726.669	-15%
	Fanbelt Ayakan	216.696	446.890	229.978	0%
	Baut Ayakan	64.266.086	6.524.946	-57.741.141	-90%
	Die	35.385.991	29.015.036	-6.370.956	-18%
Pellet 2	Roller	54.543.045	23.314.580	-31.228.465	-57%
	Fanbelt Ayakan	97.142.357	21.445.338	-33.497.132	-34%
	Baut Ayakan	4.785.415	4.764.965	-20.450	0%
Pellet 3	Roller	52.302.103	46.266.705	-6.035.398	-12%
	Feedcone	11.528.938	21.904.958	-1.136.533	-10%
	Nozzle CPO	4.212.386	20.312.902	-2.678.254	-64%
	Die Clamp	16.528.753	73.794.551	-9.095.856	-55%
Pellet 4	Roller	45.690.656	37.783.431	-7.907.225	-17%
	Feedcone	11.885.182	24.793.345	-391.815	-3%
	Die	81.103.896	61.521.179	-19.582.716	-24%