

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab pengumpulan dan pengolahan data disini, peneliti akan menjelaskan mengenai data yang telah dikumpulkan dan diolah sehingga dapat menjadi bahasan yang mudah untuk di pahami. Pengumpulan data disini dilakukan pada stasiun gilingan pada PT Madubaru PG Madukismo. Menurut Prawahandaru (2018) stasiun gilingan merupakan mesin kritis dari proses pembuatan tebu, di mana stasiun gilingan adalah tahapan awal dari proses pembuatan gula. Proses produksi pada PT Madubaru PG Madukismo menggunakan proses *flowshop*, di mana tahapan produksinya selalu berurutan dari awal hingga akhir, jika mesin ini tidak beroperasi maka perusahaan juga tidak dapat memproses tebu menjadi nira. Menurut Prawahandaru (2018) pada saat *maintenance* terdapat *spare part* kritis dari mesin penggilingan tebu, *part* kritis tersebut sering mengalami kerusakan dalam beberapa tahun kemarin dan jika ada perbaikan pada *part* kritis tersebut perusahaan akan mengalami *downtime* yang cukup lama. *Spare part* kritis dari mesin penggilingan tebu ialah *stang hammer*, pisau tebu, dan baut blok suri atas. Maka dari itu peneliti akan mengumpulkan data biaya pemeliharaan mesin, *stoppage loss*, dan biaya *purchasing and inventory* yang ada kaitanya dengan *part* kritis, kemudian diolah untuk mendapat biaya total jika perusahaan menggunakan strategi saat ini dan memberikan usulan strategi dengan cara memprediksi kapan penggantian *spare part* dan berapa banyak yang harus di sediakan serta menghitung biaya dari strategi usulan peneliti.

4.1 Strategi Perusahaan

Strategi yang digunakan perusahaan saat ini adalah strategi *breakdown maintenance*, di mana strategi ini dilakukan pada saat terjadi kerusakan saja. Perhitungan LCC pada strategi ini meliputi biaya pemeliharaan, *stoppage loss*, dan biaya total *purchasing and inventory*.

4.1.1 Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan mencerminkan pada biaya saat terjadinya kegagalan pada sistem operasi. Biaya kegagalan dihitung dari banyaknya kegagalan yang terjadi dikalikan dengan jumlah unit yang beroperasi dan biaya per kegagalan biaya yang keluar. Dalam melakukan pemeliharaan mesin sudah pasti akan mengeluarkan biaya baik pemeliharaan yang terjadwal maupun tidak terjadwal. Pemeliharaan secara terjadwal dan tak terjadwal dikalikan dengan biaya tetap dan biaya variabel dari pemeliharaan meliputi tenaga kerja, alat bantu, bahan pendukung serta transportasi. Adapun rumusan untuk perhitungan biaya pemeliharaan yaitu:

$$CM = \sum_{r=1}^{SM} (FSM, r + CSM, r) + \sum_{s=1}^{UM} (FUM, s + CUM, s)$$

Di mana:

FSM = Biaya tetap pada pemeliharaan terjadwal.

CSM = Total biaya variabel saat pemeliharaan terjadwal berlangsung.

FUM = Biaya tetap pada pemeliharaan tak terjadwal.

CUM = Total biaya variabel saat pemeliharaan tak terjadwal berlangsung.

Dikarenakan perhitungan biaya awal untuk strategi yang digunakan perusahaan saat ini adalah *breakdown maintenance* maka biaya yang pemeliharaan secara terjadwal dan total biaya variabel diasumsikan tidak memakai biaya, kemudian biaya untuk pemeliharaan secara tak terjadwal tidak ada karena tidak ada anggaran khusus jika terjadi kerusakan secara tiba-tiba dan untuk total biaya variabel, elemen-elemen yang termasuk dalam total biaya variabel yaitu biaya pendukung dan biaya tenaga kerja terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Biaya Pendukung dalam Pemeliharaan tak Terjadwal

Biaya Pendukung	Kuantum	Harga (Rp)	Total (Rp)
Biaya oli saat produksi	600	35,000	21,000,000
Biaya pelumas saat produksi	75	25,000	1,875,000
Biaya sapu lidi saat produksi	1000	4,000	4,000,000
Biaya masker saat produksi	2000	1,000	2,000,000
Jumlah Total			28,875,000

Pada Tabel 4.1 Biaya Pendukung diatas didapatkan dari biaya oli sebanyak 3 drum oli yang berisi 600Lt dengan harga per liter Rp 35,000.00, kemudian biaya pelumas 1 drum yang dipakai pada saat produksi jika ada kerusakan sebanyak ± 75 kg dengan harga per kilo Rp 25,000.00, lalu ada sapu lidi sebanyak 1000 unit yang digunakan untuk bersih-bersih mesin harga Rp 4,000.00 per unit, dan juga ada masker yang digunakan saat produski sebanyak 2000 unit dengan harga Rp 1,000.00 per unit. Selanjutnya ada biaya tenaga kerja saat perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Biaya Tenaga Kerja Saat Mesin Berhenti

Tingkatan	Biaya/menit (Rp)	Menit	Biaya saat kerusakan (Rp)	Orang	Total (Rp)
tingkatan 2	132	1010	133,320	6	799,920
tingkatan 3	142	1010	143,420	1	143,420
Jumlah Total					943,340

Pada Tabel 4.2 Biaya Tenaga Kerja menjelaskan biaya tenaga kerja dalam proses produksi yang mencapai 24 jam yang terbagi menjadi 3 *shift*, pekerja di stasiun gilingan memiliki 7 orang setiap *shift*nya dimana 6 orang dengan tingkatan 2 dan 1 orang dengan tingkatan 3. Biaya per menit menandakan bahwa jika terjadi kerusakan per menit maka biaya yang dikeluarkan adalah Rp 132.00 untuk karyawan tingkatan 2 dan Rp 134.00 untuk karyawan tingkatan 3. Maka jika kerusakan terjadi selama 1010 maka didapatkan total biaya sebesar Rp 943,340.00. Selanjutnya total penjumlahan biaya pendukung dan biaya tenaga kerja saat perbaiakan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Biaya Pemeliharaan

C _M	Biaya tetap untuk pemeliharaan terjadwal (Rp)	Biaya variabel total saat dilakukan (Rp)	Biaya tetap untuk pemeliharaan tak terjadwal (Rp)	Biaya variabel total saat dilakukan (Rp)	Total (Rp)
Jumlah	0	0	0	29,818,340	29,818,340

Pada Tabel 4.3 Biaya Pemeliharaan menjelaskan biaya pemeliharaan yang digunakan perusahaan saat ini yaitu strategi *breakdown maintenance*. Di mana total biaya pemeliharaan didapatkan dari penjumlahan antara biaya tetap untuk pemeliharaan tak terjadwal sebesar Rp 0 dengan biaya variabel total saat dilakukan dalam biaya total variabel sebesar Rp 29,818,340.00. Di mana total biaya variabel terdiri dari penjumlahan

biaya pendukung sebesar Rp 28,875,000.00 dengan biaya tenaga kerja saat perbaikan sebesar Rp 943,340.00. Sehingga didapatkan untuk strategi saat ini mengeluarkan biaya total sebesar Rp 29,818,340.00.

4.1.2 *Stoppage Loss*

Ketika produksi perusahaan lancar maka profit yang akan di dapatkan juga akan baik, tetapi jika perusahaan mengalami *breakdown* pada saat produksi maka perusahaan akan mengalami *opportunity loss* selama mesin itu berhenti, *opportunity loss* merupakan bagian dari *stoppage loss*, di mana *stoppage loss* menghitung semua aspek ketika mesin berhenti seperti jumlah kejadian mesin berhenti, biaya tetap saat mesin berhenti, jumlah waktu gagal unit dalam menit, peluang kerugian saat pemberhentian. Adapun rumusan dari *stoppage loss* sebagai berikut:

$$CSL = nd.FSL + Td.Cs$$

Di mana:

nd = Jumlah kejadian berhenti.

F_{SL} = Biaya tetap saat mesin berhenti.

T_d = Jumlah waktu gagal unit dalam menit.

C_s = Peluang kerugian saat pemberhentian.

Jumlah kejadian mesin berhenti didapatkan dari pergantian *spare part* kritis pada stasiun gilingan, kemudian biaya tetap saat mesin berhenti tidak ada karena tidak ada catatan biaya tetap saat mesin berhenti dari perusahaan, jumlah waktu gagal unit dalam menit didapatkan dari total pergantian *spare part* kritis dalam hitungan menit, peluang kerugian saat mesin berhenti diperoleh dari total margin yang didapatkan dari penjualan 1 kilogram gula dikali dengan jumlah produksi perkilo dan biaya permenit. Perhitungan peluang kerugian saat mesin berhenti dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Peluang Kerugian Saat Pemberhentian per menit

Produksi kg/menit	Margin/kg (Rp)	Total (Rp)
126.747	1,288	163,228

Pada Tabel 4.4 Peluang Kerugian Saat Pemberhentian per menit didapatkan dari produksi perusahaan sebesar 126.747 dalam kilogram per menit dikali margin yang didapatkan setiap penjualan satu kilogram gula sebesar Rp 1,288.00. Sehingga didapatkan total sebesar Rp 163,228.00. Kemudian dilanjutkan dalam perhitungan *stoppage loss* di perusahaan PT Madubaru PG Madukismo. Perhitungan *stoppage loss* dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 *Stoppage Loss*

CSL	Jumlah kejadian berhenti	Biaya tetap saat mesin berhenti (Rp)	Jumlah waktu gagal unit (menit)	Peluang kerugian saat pemberhentian (Rp)	Total (Rp)
Jumlah	20	0	1010	163,228	164,860,386

Pada Tabel 4.5 *Stoppage Loss* menjelaskan mengenai strategi *breakdown* yang digunakan perusahaan maka akan muncul biaya-biaya yang terjadi ketika mesin mengalami kerusakan. Biaya tersebut meliputi jumlah kejadian saat mesin berhenti sebanyak 20 kali. Di mana baut blok suri atas mengalami kerusakan atau pergantian sebanyak 13 kali dengan total waktu 650 menit, kemudian pisau tebu 5 kali dengan total waktu 295 menit, dan *stang hammer* sebanyak 2 kali dengan total waktu 65 menit jadi total waktu gagal sebanyak 1010. Jumlah waktu gagal dikali peluang kerugian saat pemberhentian mesin sebesar Rp 163,228.00. Sehingga pada strategi yang digunakan saat ini perusahaan akan mengalami kerugian pada saat mesin berhenti sebesar Rp 164,860,386.00.

4.1.3 Biaya Total *Purchasing and Inventory*

Biaya *purchasing and inventory* adalah biaya yang digunakan untuk setiap kali pengadaan barang, penyimpanan serta perawatan yang dilakukan di bagian pergudangan. Biaya-biaya yang termasuk dalam *purchasing and inventory* ialah biaya tetap operasi *purchasing and inventory* dan biaya *inventory* digundang selama part belum digunakan. Berikut adalah rumusan dari biaya *purchasing and inventory*:

$$C_{PI} = F_i + (n_p \cdot C_p) + (n_c \cdot C_i) + ((n_i + n_c / 184) \cdot C_{inv})$$

Di mana:

F_i = Biaya tetap *purchasing and inventory*.

N_p = Banyaknya Pembelian.

C_p = Biaya pembelian.

N_i = Jumlah *inventory* awal.

N_c = Jumlah komponen akan dibeli.

C_i = Biaya komponen akan dibeli.

C_{inv} = Biaya *inventory*.

Biaya tetap didapat dari penggunaan telepon dan internet setiap harinya, banyaknya pembelian, biaya pembelian, jumlah *inventory* awal, jumlah komponen yang akan di beli, dan biaya komponen yang akan di beli didapatkan dari buku realisasi anggaran pada tahun 2016 dan 2017, kemudian biaya *inventory* didapat dari komponen-komponen yang ada digudang *spare part*. Berikut laporan biaya *inventory* di PT Madubaru PG Madukismo dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Biaya *Inventory*

Biaya	Kuantum	Biaya/bulan (Rp)	Bulan	Total (Rp)
Karyawan Tetap	7	1,900,000	6	11,400,000
Karyawan Harian	7	1,300,000	6	7,800,000
Kipas Angin	5	91,260	6	547,560
AC	1	129,792	6	778,752
Lampu	33	240,926	6	1,445,558
Komputer	2	973,44	6	584,064
Biaya Total				22,555,934

Tabel 4.6 Biaya *inventory* gudang terdiri dari karyawan tetap sebanyak 7 orang dan karyawan harian sebanyak 7 orang, kemudian dalam aktivitas sehari-hari di gudang terdapat alat-alat pendukung seperti kipas angin sebanyak 5 buah dengan total keluaran biaya selama masa produksi Rp 91,260.00 didapat dari pemakaian selama 10 jam dengan kekuatan 45 Watt sehingga selama masa produksi sebesar 810 KWh dikalikan dengan biaya per KWh Rp 1,352.00, dibagian kantor ada AC sebanyak 1 unit dengan pemakaian selama 8 jam dengan kekuatan 400 Watt dalam masa produksi sebesar 1152 KWh biaya per KWh Rp 1,352.00 jadi total Rp 778,752.00, lampu untuk penerangan gudang ada 33 buah dengan kekuatan 15 Watt sehingga selama masa produksi sebesar 2138,4 KWh

dikalikan dengan biaya per KWh Rp 1,352.00 jadi total biaya Rp 1,445,558.00, dan komputer di bagian kantor ada 2 buah dengan pemakaian selama 8 jam dengan kekuatan 150 Watt selama masa produksi sebesar 864 KWh sehingga total biaya sebesar Rp 584,064.00. Maka total semua komponen yang ada di gudang yaitu sebesar RP 22,555,934.00. Pada biaya *inventory* 1 jenis *part* memakan biaya sebesar Rp 5639. Di mana biaya tersebut didapat dari satu jenis komponen di bagi total seluruh komponen yaitu 4000 jenis kemudian dikali dengan biaya total *inventory* sebesar Rp 22,555,934.00. Kemudian dilanjutkan ke perhitungan biaya tetap *purchasing and inventory*. Berikut laporan perhitungan biaya tetap *purchasing and inventory* pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Biaya Tetap *purchasing and inventory*

Biaya tetap	Total/bulan (Rp)	7 devisi diperusahaan (Rp)	5 devisi kantor (Rp)	Setiap Pemesanan (Rp)
Biaya telepon	5,354,249	764892.7143	152978.5429	5,099.28
Biaya internet	659,950	94278.57143	18855.71429	628.524
		Jumlah		5,727.81

Pada Tabel 4.7 Biaya Tetap *purchasing and inventory* terdiri dari penjumlahan antara biaya telepon setiap bulan sebesar Rp 5,354,249.00 dan biaya internet setiap harinya Rp 659,950.00. Di mana biaya telepon setiap bulanya dibagi dengan 7 devisi yang ada di perusahaan kemudian di bagi lagi di bagian kantor terdapat 5 devisi. Sehingga didapatkan biaya telepon untuk setiap *purchasing* sebesar Rp 5,099.28 dan biaya internet untuk setiap *purchasing* sebesar Rp 628.524. Sehingga total biaya yang dikeluarkan untuk setiap *purchasing and inventory* adalah sebesar Rp 5,728.00. Kemudian dilanjutkan ke perhitungan total biaya *purchasing and inventory* pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Biaya Total *Purchasing and Inventory*

CPI	Biaya tetap purchasing and inventory (Rp)	Banyaknya Pembelian (unit)	Biaya pembelian (Rp)	Jumlah inventory awal (unit)	Jumlah komponen akan dibeli (Unit)	Biaya komponen akan dibeli (Rp)	Biaya inventory pertahun (Rp)	Total (Rp)
Pisau tebu	5,728	0	1,250,000	0	42	1,250,000	5,639	52,507,015
Stang Hammer	5,728	56	1,052,386	0	56	1,052,386	5,639	117,874,676
Baut Suri blok atas	5,728	15	4,783,574	6	15	4,783,574	5,639	143,513,591.4
			Jumlah					313,895,282.4

Perhitungan pada Tabel 4.7 Biaya Total *purchasing and inventory* didapat dari penjumlahan biaya tetap *purchasing and inventory* sebesar Rp 5,728.00 untuk setiap jenis *part* ditambah dengan biaya pembelian setiap *part* jenis baut suri blok atas sebesar Rp 4,783,574.00, pisau tebu Rp 1,250,000.00, dan *stang hammer* Rp 1,052,386.00 dikali banyaknya pembelian baut blok suri atas sebanyak 15, pisau tebu 0, dan *stang hammer* 56 ditambah jumlah komponen yang akan dibeli baut suri blok atas sebanyak 15, pisau tebu 42, dan *stang hammer* 56 dikali biaya komponen yang akan dibeli baut suri blok atas sebesar Rp 4,783,574.00, pisau tebu Rp 1,250,000.00, dan *stang hammer* Rp 1,052,386.00 ditambah jumlah *inventory* awal untuk pisau tebu sebanyak 0, *stang hammer* 0, dan baut suri blok atas 6 ditambah komponen yang akan di beli baut blok suri atas sebanyak 15, pisau tebu 42, dan *stang hammer* 56 dibagi hari kerja yaitu 184 hari lalu di kali dengan biaya *inventory* untuk setiap jenis *part* sebesar Rp 5,639.00. Sehingga di dapatkan total biaya *purchasing and inventory* sebesar Rp 313,895,282.40.

4.1.4 Total Cost

Total biaya pada perhitungan menggunakan strategi yang dipakai oleh PT Madubaru PG Madukismo terdiri dari biaya pemeliharaan, *stoppage loss*, dan biaya total *purchasing and inventory*. Berikut adalah rumusan untuk perhitungan biaya total:

$$TC = C_M + C_{SL} + C_{PI}$$

Di mana:

C_M = Biaya Pemeliharaan.

C_{SL} = Stoppage Loss.

C_{PI} = Biaya Total Purchasing and Inventory.

Dari rumusan diatas maka akan dihitung total biaya yang dikeluarkan perusahaan PT Madubaru PG Madukismo dengan menggunakan strategi yang diterapkan oleh perusahaan saat ini. Berikut adalah perhitungan total biaya pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 *Total Cost* Strategi Perusahaan

Total Cost	Biaya Pemeliharaan (Rp)	Stoppage Loss (Rp)	Biaya Tetap Purchasing and Inventory (Rp)	Total (Rp)
Jumlah	29,818,340	164,860,386	313,895,282.40	508,574,008.4

Biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk strategi saat ini dapat dilihat pada Tabel 4.9 *Total Cost* Strategi Perusahaan didapat untuk biaya pemeliharaan sebesar Rp 29,818,340.00 di tambah *Stoppage Loss* yaitu biaya yang keluar jika terjadi *downtime* maka akan kehilangan profit yaitu sebesar Rp 164,860,386.00 kemudian ditambah dengan biaya tetap *purchasing and inventory* sebesar Rp 313,895,282.40. Sehingga didapatkan biaya total yang dikeluarkan perusahaan untuk strategi yang digunakan saat ini adalah sebesar Rp 508,574,008.40.

4.2 Strategi Usulan

Strategi usulan yang dilakukan oleh peneliti yaitu strategi *preventive maintenance*, di mana strategi usulan ini merencanakan kapan akan dilakukan pergantian *part* pada mesin kritis dan jumlah *part* yang harus disediakan. Sehingga perencanaan tersebut menggunakan alat bantu simulasi Monte Carlo dapat memprediksi kapan kerusakan atau pergantian *part* akan terjadi pada mesin kritis selama 3 kali masa produksi atau selama 3 tahun dan berapa *part* yang harus disediakan. Setelah hasil simulasi Monte Carlo didapat dilanjutkan perhitungan total biaya strategi usulan meliputi biaya pemeliharaan, *stoppage*

loss, dan biaya total *purchasing and inventory*. Strategi usulan ini meminimalisir biaya total *purchasing and inventory*.

4.2.1 Prediksi Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo merupakan *tools* yang digunakan untuk memprediksi sebuah kerusakan pada mesin di stasiun gilingan serta untuk mengetahui berapa banyak jumlah part mesin kritis yang harus disediakan selama kurang lebih 3 kali masa produksi. Pada simulasi Monte Carlo ini data yang digunakan yaitu berdasarkan proses randomisasi. Proses random pada simulasi Monte Carlo melibatkan suatu distribusi probabilitas teoritis yang telah dikumpulkan. Data distribusi probabilitas teoritis meliputi baut suri blok atas, pisau tebu, dan *stang hammer*. Menurut Prawahandaru (2018) dalam perhitungan keandalan sebuah mesin dengan *Reability Centered Maintenance* (RCM) menggunakan distribusi probabilitas teoritis untuk menentukan interval perawatan didapatkan untuk part jenis baut blok suri atas memiliki jenis distribusi Weibull, untuk pisau tebu dan *stang hammer* memiliki jenis distribusi Eksponensial. Jenis distribusi ini akan digunakan untuk menghitung umur hidup acak suatu mesin sehingga dapat diprediksi kapan suatu mesin akan dilakukan perbaikan atau pergantian part jenis baut suri blok atas, pisau tebu, dan *stang hammer* dan berapa banyak yang harus disediakan.

4.2.1.1 Baut Suri Blok Atas

Dalam prediksi menggunakan simulasi Monte Carlo pada baut suri blok atas digunakan perhitungan menggunakan jenis Distribusi Weibull. Di mana jenis distribusi ini cocok digunakan untuk perhitungan laju kerusakan yang tidak bisa ditentukan baik itu laju kerusakan yang meningkat maupun laju kerusakan yang menurun. Pada perhitungan ini jenis distribusi Weibull akan digunakan untuk menghitung umur hidup secara acak suatu mesin. Rumusan yang digunakan untuk menghitung prediksi umur hidup secara acak suatu mesin adalah sebagai berikut:

$$t = \lambda(-\ln(1 - Pf(t)))^{1/\beta}$$

Di mana:

t = Jumlah acak umur hidup suatu mesin

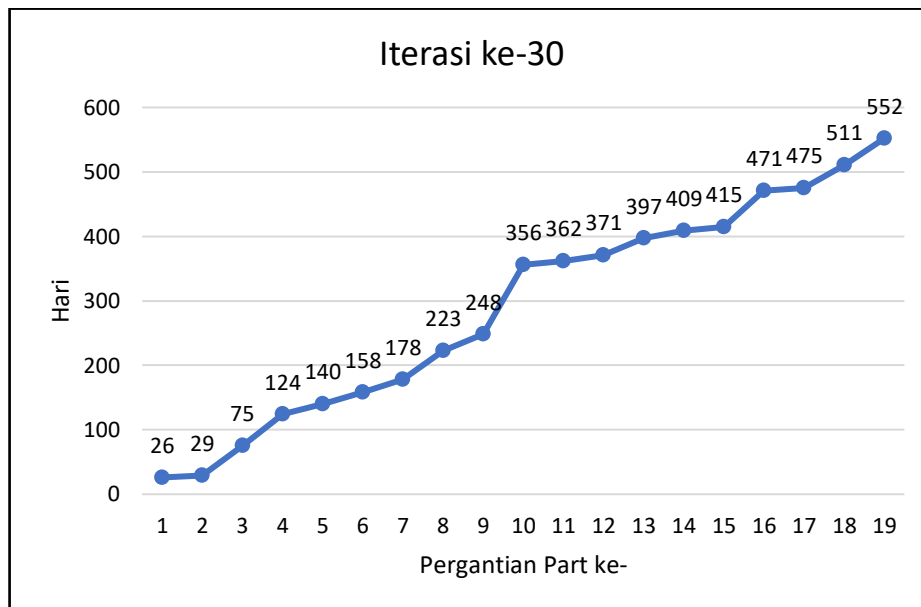
$$\ln \approx 2.7182.$$

$P_f(t)$ = Probabilitas waktu kerusakan pada saat ke t.

λ = Masa hidup mesin (hari).

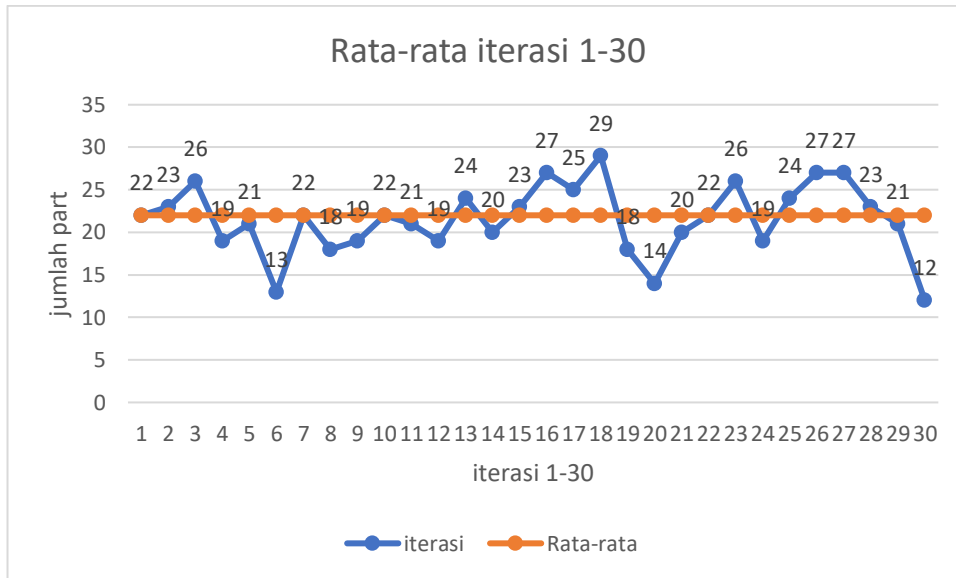
β = Parameter bentuk(shape parameter).

Sehingga didapatkan perhitungan prediksi menggunakan simulasi Monte Carlo pada jenis *part* mesin baut blok suri atas sebanyak 30 kali iterasi dengan iterasi ke 30 dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Iterasi ke-30 Baut Suri Blok Atas

Pada Gambar 4.1 Iterasi ke-30 Baut Suri Blok Atas dengan simulasi Monte Carlo untuk baut suri blok atas didapatkan hasil prediksi pada iterasi ke 30 yaitu sebesar 19 pergantian *part* selama 3 kali masa produksi atau 3 tahun produksi, di mana pergantian kemungkinan akan terjadi pada hari ke 26 kemudian kemungkinan mesin akan kembali mengalami pergantian *part* pada hari ke 29 dan seterusnya. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan rata-rata pembelian atau pergantian serta pergantian part selama 3 kali masa produksi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Rata-rata Pembelian Iterasi 1 sampai 30

Dilihat pada Gambar 4.2 Rata-rata Pembelian iterasi 1 sampai 30 setelah dilakukan iterasi sebanyak 30 kali menggunakan simulasi Monte Carlo maka didapat rata-rata pembelian selama 3 kali masa produksi atau 3 tahun *part* jenis baut suri blok atas mencapai 22 unit.

4.2.1.2 Pisau Tebu

Perhitungan simulasi Monte Carlo untuk prediksi pada part jenis pisau tebu dan *stang hammer* akan menggunakan jenis Distribusi Eksponensial. Distribusi Eksponensial memiliki sifat acak di mana laju kerusakan konstan terhadap kerusakan dan waktu. Rumusan yang digunakan untuk menghitung prediksi umur hidup secara acak suatu mesin menggunakan Distribusi Eksponensial sebagai berikut:

$$t = (-\ln(1 - F(t)))/\lambda$$

Di mana:

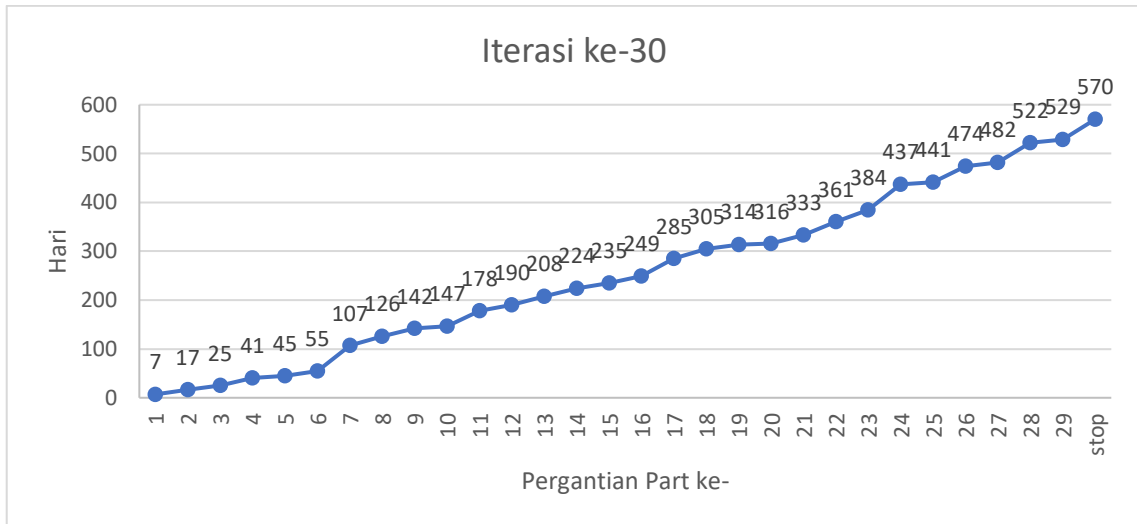
t = Jumlah acak umur hidup distribusi eksponensial

\ln = $e \approx 2.7182$.

$F(t)$ = Probabilitas kerusakan mesin.

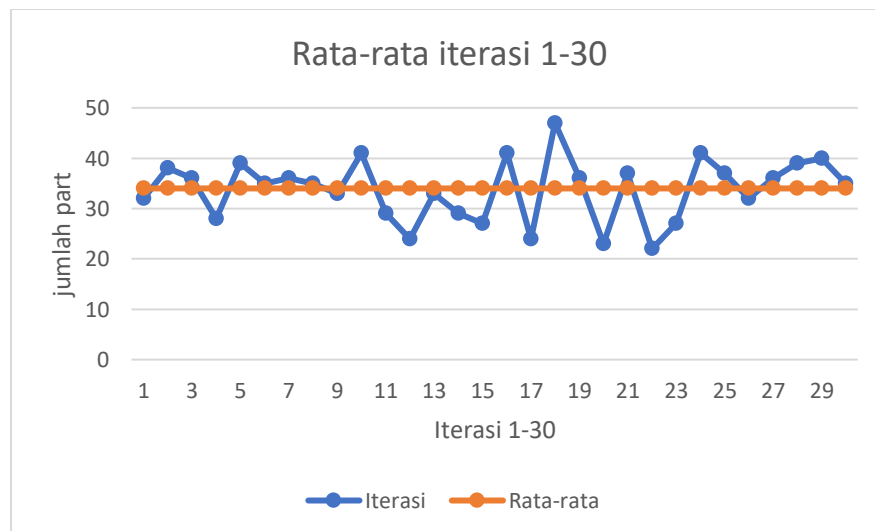
λ = Tingkat kegagalan per jam atau siklus.

Sehingga perhitungan menggunakan simulasi Monte Carlo untuk memprediksi *part* mesin pisau tebu yang berdistribusi eksponensial. Dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Iterasi ke-30 Pisau Tebu

Pada Gambar 4.3 Iterasi ke-30 Pisau Tebu Kemudian simulasi Monte Carlo untuk memprediksi *part* jenis pisau tebu didapatkan pada iterasi ke-30 selama 3 kali masa produksi adalah 29 kali pergantian, di mana kemungkinan pergantian pada hari ke-7 selanjutnya kemungkinan akan mengalami pergantian kembali pada hari ke-17 dan seterusnya. Selanjutnya dari perhitungan iterasi sebanyak 30 kali dilakukan maka akan didapatkan rata-rata pembelian selama 3 kali masa produksi atau selama 3 tahun dilihat pada Gamabr 4.4.

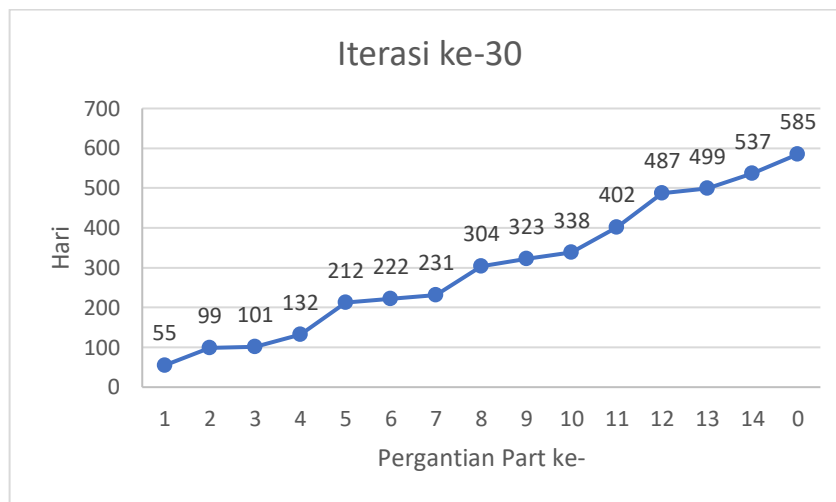


Gambar 4.4 Rata-rata Pembelian Iterasi 1 sampai 30

Pada Gambar 4.4 Rata-rata Pembelian iterasi 1 sampai 30 setelah dilakukan iterasi sebanyak 30 kali maka didapat pembelian rata-rata untuk 3 kali masa produksi atau selama 3 tahun produksi sebesar 34 unit.

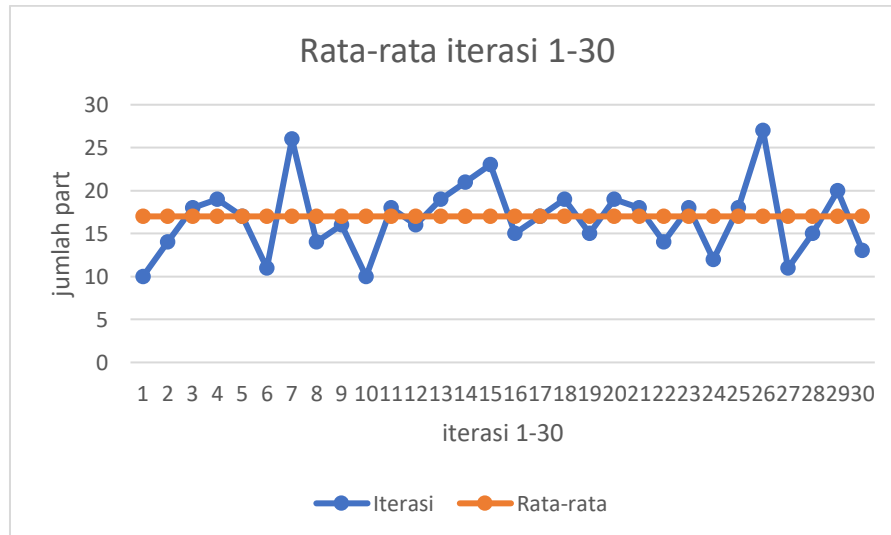
4.2.1.3 *Stang Hammer*

Terakhir adalah *part* jenis *stang hammer*, di mana *part* ini merupakan *part* kritis di stasiun gilingan serta memiliki distribusi yang sama dengan pisau tebu yaitu distribusi eksponensial. Perhitungan menggunakan simulasi Monte Carlo untuk memprediksi banyaknya *part* yang akan dibeli untuk 3 kali masa produksi. Perhitungan simulasi Monte Carlo pada iterasi ke-30 dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Iterasi ke-30 *Stang Hammer*

Pada Gambar 4.5 Iterasi ke-30 *Stang Hammer* Perhitungan menggunakan simulasi Monte Carlo selama 3 kali masa produksi atau selama 3 tahun menghasilkan kemungkinan melakukan pergantian pada *part* ini adalah sebesar 14 kali pergantian *part*, di mana pergantian akan dilakukan pada hari ke 55 kemudian kemungkinan akan kembali mengalami pergantian *part* pada hari ke 99. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan rata-rata untuk Iterasi yang dilakukan dari 1 hingga 30 sehingga menghasilkan rata-rata pembelian *part* selama 3 kali masa produksi atau 3 tahun dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Rata-rata Pembelian Iterasi 1 sampai 30

Pada Gambar 4.5 Rata-rata Pembelian iterasi 1 sampai 30 setelah dilakukan iterasi sebanyak 30 kali menggunakan simulasi Monte Carlo didapat pembelian rata-rata untuk 3 kali masa produksi atau selama 3 tahun produksi sebesar 17 unit.

4.2.2 Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan pada strategi usulan dihitung selama 3 kali masa produksi atau selama 3 tahun. Biaya pemeliharaan terdiri dari biaya tetap untuk pemeliharaan terjadwal dan variabel total saat dilakukan perbaikan terjadwal kemudian biaya pemeliharaan tak terjadwal dan variabel total saat dilakukan pemeliharaan tak terjadwal. Untuk biaya variabel saat dilakukan perbaikan terdapat 2 variabel dalam perhitungan yaitu biaya tenaga kerja saat perbaikan dan biaya pendukung perbaikan. Berikut adalah rincian biaya pemeliharaan pada strategi usulan terdapat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Biaya Tenaga Kerja Saat Pergantian *Part*

Tingkatan	Biaya/menit (Rp)	Menit	Biaya saat kerusakan(Rp)	Orang	Total (Rp)
tingkatan 2	132	3257	429,941.16	6	2,579,646.96
tingkatan 3	142	3257	462,512.46	1	462,512.46
Jumlah Total					3,042,159.42

Pada Tabel 4.10 Biaya Tenaga Kerja Saat Pergantian *Part* dilakukan oleh 7 orang ketika terjadi kerusakan atau pergantian. Di mana biaya yang dikeluarkan untuk setiap

menit kerusakan adalah Rp 132.00 untuk karyawan tingkatan 2 dan Rp 142.00 untuk karyawan tingkatan 3. Untuk menit kerusakan memakan waktu sebanyak 3257 menit di mana total waktu tersebut didapat dari total waktu kerusakan atau pergantian *part* untuk baut blok suri atas memakan waktu 18.72 menit dikalikan 22 pergantian, kemudian untuk pergantian pisau tebu memakan waktu 53,33 menit dikali 34 pergantian, dan untuk *stang hammer* 60,71 menit untuk 17 kali pergantian sehingga total waktu yang gagal unit ialah 3257 menit selama 3 kali masa produksi. Kemudian biaya saat kerusakan didapat dari perkalian biaya per menit dengan total waktu kerusakan. Jadi total biaya yang dikeluarkan untuk memperbaiki kerusakan sebesar Rp 3,042,159.42. Kemudian terdapat biaya pendukung saat pergantian *part* selama 3 kali masa produksi dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Biaya Pendukung selama 3 kali masa produksi

Biaya Pendukung	Kuantum	Harga (Rp)	Total (Rp)
Biaya oli saat produksi	600	35,000	21,000,000
Biaya pelumas saat produksi	75	25,000	1,875,000
Biaya sapu lidi saat produksi	1000	4,000	4,000,000
Biaya masker saat produksi	2000	1,000	2,000,000
Jumlah Total			28,875,000
3 kali masa produksi			86,625,000

Pada Tabel 4.11 Biaya pendukung selama 3 kali masa produksi didapatkan dari perkalian jumlah total biaya pendukung dikali 3 kali masa produksi, sehingga didapat total biaya pendukung selama 3 kali masa produksi sebesar Rp 86,625,000.00 dengan asumsi bahwa setiap tahunnya biaya yang dikeluarkan untuk biaya pendukung sama. Sehingga didapatkan total biaya pemeliharaan strategi usulan dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Biaya Pemeliharaan Strategi Usulan

CM	Biaya tetap untuk pemeliharaan terjadwal(Rp)	Biaya variabel total saat dilakukan(Rp)	Biaya tetap untuk pemeliharaan tak terjadwal(Rp)	Biaya variabel total saat dilakukan(Rp)	Total(Rp)
Jumlah	0	89,667,159.42	0	0	89,667,159.42

Pada Tabel 4.12. Biaya Pemeliharaan Strategi Usulan diperoleh hasil total biaya tenaga kerja saat mesin mengalami kerusakan ditambah total biaya tambahan tenaga kerja dan biaya pendukung. Maka strategi usulan mengeluarkan biaya sebesar Rp 89,667,159.42. Di mana biaya tersebut terdiri dari biaya tetap untuk pemeliharaan terjadwal sebesar Rp 0 kemudian di tambah biaya variabel total saat dilakukan pemeliharaan terjadwal sebesar Rp 89,667,159.42.

4.2.3 *Stoppage Loss*

Biaya *stoppage loss* pada strategi usulan dihitung selama 3 kali masa produksi atau 3 tahun produksi, di mana biaya ini dihitung karena ada waktu untuk pergantian *part* atau perbaikan jika ada kerusakan pada mesin selama 3 kali masa produksi. Pada strategi usulan ini biaya *stoppage loss* meliputi biaya peluang kerugian saat mesin berhenti, jumlah waktu gagal unit dalam menit, biaya tetap saat mesin berhenti, dan jumlah kejadian saat mesin berhenti. Berikut adalah rincian biaya *stoppage loss* dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Peluang Kerugian saat Mesin Berhenti per Menit

Produksi kg/menit	Margin/kg(Rp)	Total(Rp)
126.747	1,288	163,228

Pada Tabel 4.13 Peluang Kerugian saat Mesin Berhenti per Menit didapatkan dari produksi perusahaan sebesar 126.747 dalam kilogram per menit dikali margin yang didapatkan setiap penjualan satu kilogram gula sebesar Rp 1,288.00. Sehingga didapatkan total sebesar Rp 163,228.00. Kemudian dilanjutkan dalam perhitungan *stoppage loss* di perusahaan PT Madubaru PG Madukismo. Perhitungan *stoppage loss* dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Biaya *Stoppage Loss* Strategi Usulan

CSL	Jumlah kejadian berhenti	Biaya tetap saat mesin berhenti	Jumlah waktu gagal unit(menit)	Peluang kerugian saat pemeberhentian (Rp)	Total (Rp)
Jumlah	73	0	3257.13	163,228	531,655,158

Pada Tabel 4.14 Biaya *stoppage loss* Strategi Usulan didapat dari perkalian jumlah kejadian saat berhenti dengan biaya tetap saat mesin berhenti kemudian ditambah jumlah waktu gagal dalam menit dikali peluang kerugian saat pemberhentian. Di mana jumlah kejadian berhenti didapat dari total penggantian *part* untuk *part* jenis baut blok suri atas memakan waktu 18.72 menit dikalikan 22 pergantian, kemudian untuk pergantian pisau tebu memakan waktu 53,33 menit dikali 34 pergantian, dan untuk *stang hammer* 60,71 menit untuk 17 kali pergantian sehingga total waktu yang gagal unit ialah 3257.13 menit selama 3 kali masa produksi. Kemudian peluang kerugian saat berhenti didapatkan dari perkalian antara produksi kg/menit dikali dengan margin penjualan. Sehingga didapatkan biaya *stoppage loss* sebesar Rp 531,655,158.00.

4.2.4 Biaya Total *Purchasing and Inventory*

Biaya total *purchasing and inventory* merupakan biaya yang digunakan untuk setiap pengadaan suatu barang dan biaya untuk menyimpan cadangan *spare part*. Strategi yang diusulkan oleh peneliti pada biaya *purchasing and inventory* selama 3 kali masa produksi dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Biaya Tetap *Purchasing and Inventory*

Biaya tetap	Total/bulan(Rp)	7 devisi perusahaan(Rp)	5 devisi kantor(Rp)	Setiap Pemesanan (Rp)
Biaya telepon	5,354,249	764,892.7143	152,978.5429	5,099.28
Biaya internet	659,950	94,278.57143	18,855.71429	628.524
		Jumlah		5,727.81

Pada Tabel 4.15 Biaya Tetap *purchasing and inventory* dilakukan perhitung selama 3 kali masa produksi atau selama 3 tahun produksi, di mana biaya tersebut terdiri dari biaya tetap telepon dan biaya tetap internet sehingga tidak setiap tahunnya mengeluarkan biaya untuk *purchasing and inventory*, melainkan hanya sekali selama 3 kali masa

produski yaitu sebesar Rp 5,727.81. Selanjutnya dilakukan perhitungan biaya *inventory* pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Biaya *Inventory*

Biaya	Kuantum	Biaya/bulan (Rp)	Setahun	Total(Rp)
Karyawan Tetap	7	1,900,000	6	11,400,000
Karyawan Harian	7	1,300,000	6	7,800,000
Kipas Angin	5	91,260	6	547,560
AC	1	129,792	6	778,752
Lampu	33	240,926	6	1,445,558
Komputer	2	97,344	6	584,064
Biaya Total				22,555,934

Pada Tabel 4.16 Biaya *inventory* disini dihitung berdasarkan pada peralatan yang digunakan serta karywan yang bertugas di bagian pergudangan. Biaya diatas meliputi total semua kompen yang ada di gudang yaitu sebesar RP 22,555,934.00. Pada biaya *inventory* 1 jenis part memakan biaya sebesar Rp 5,631.00. Di mana biaya tersebut didapat dari satu jenis komponen di bagi total seluruh komponen yaitu 4000 jenis kemudian dikali dengan biaya total *inventory* sebesar Rp 22,555,934.00. jadi jika perhitungan untuk 3 kali masa produksi maka biaya *inventory* 1 jenis part yaitu sebesar Rp 5,631.00 dikali dengan 3 kali masa produksi sehingga didapatkan hasil Rp 16,893.00. Selanjutnya dilakukan perhitungan biaya total *purchasing and inventory* pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Biaya Total *Purchasing and Inventory* Strategi Usulan

CPI	Biaya tetap purchasing and inventory(Rp)	Banyaknya Pembelian(Rp)	Biaya pembelian(Rp)	Jumlah inventory awal (unit)	Jumlah komponen akan dibeli (Rp)	Biaya komponen akan dibeli (Rp)	Biaya inventory pertahun(Rp)	Total (Rp)
Pisau tebu	5,728	34	1,250,000	0	0	1,250,000	16,893	42,505,728
Stang Hammer	5,728	17	1,052,386	0	0	1,052,386	16,893	17,896,290
Baut Blok Suri Atas	5,728	22	4,783,574	0	0	4,783,574	16,893	105,244,356
Jumlah								165,646,374

Dilihat pada Tabel 4.17 Biaya Total *Purchasing and Inventory* pada strategi usulan yang dilakukan selama 3 kali masa produksi didapat dari penjumlahan biaya tetap *purchasing and inventory* dengan banyaknya pembelian selama 3 kali masa produksi dikali dengan harga setiap partnya kemudian di tambah biaya inventory untuk setiap jenis part selama 3 kali masa produksi, pada perhitungan biaya *purchasing and inventory* tidak memasukan inventory awal, komponen yang akan dibeli, dan biaya komponen yang akan dibeli karena pada strategi ini biaya total *purchasing and inventory* dilakukan selama 3 kali masa produksi, jadi biaya *purchasing* sudah termasuk pada awal pembelian tahun pertama. Sehingga total dari biaya *purchasing and inventory* selama 3 kali masa produksi adalah sebesar Rp 165,646,374.00.

4.2.5 Total Cost

Biaya total yang dikeluarkan untuk strategi yang diusulkan oleh peneliti yang dilakukan selama 3 kali masa produksi terdiri dari biaya pemeliharaan, *stoppage loss*, dan biaya total *purchasing and inventory*. Berikut adalah total biaya yang dikeluarkan selama 3 kali masa produksi dengan strategi yang diusulkan oleh peneliti dapat dilihat 4.18.

Tabel 4.18 *Total Cost* Strategi Usulan

Total Cost	Biaya Pemeliharaan (Rp)	Stoppage Loss(Rp)	Biaya Total Purchasing and inventory(Rp)	Total(Rp)
Jumlah	89,667,159.42	531,655,158	165,646,374	786,968,691.4

Dilihat pada Tabel 4.18 *Total Cost* Strategi Usulan yang dihitung selama 3 kali masa produksi atau 3 tahun masa produksi adalah sebesar Rp 786,968,691.40. Di mana biaya paling besar disumbang oleh biaya *stoppage loss* sebesar Rp 531,655,158.00. Kemudian yang kedua biaya total *purchasing and inventory* sebesar Rp 165,646,374.00. Terakhir ada biaya pemeliharaan sebesar Rp 89,667,159.42.