

**ANALISIS KEBIJAKAN UNTUK MENYEDIAKAN CADANGAN PART PADA MESIN KRITIS
MENGUNAKAN *LIFE CYCLE COSTING*
(STUDI KASUS: PT. MADUBARU PG MADUKISMO)**

Winda Nur Cahyo, Riza Said Isyak Raben

Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia

Jalan Kaliurang Km 14.5 Sleman, DIY 55184

Email: 14522416@students.uii.ac.id

Abstrak

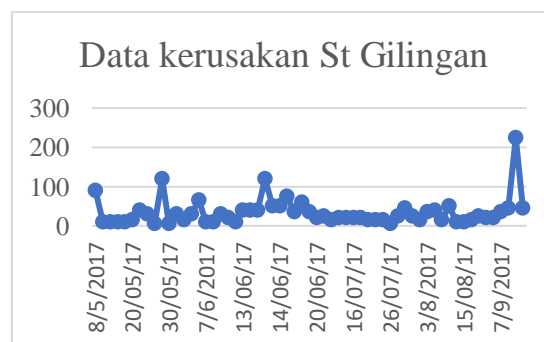
Life Cycle Cost (LCC) adalah suatu metode yang digunakan untuk memperhitungkan seluruh biaya selama masa pakai yang dilihat dari aspek ekonomi untuk menentukan alternatif desainnya. Metode ini juga digunakan untuk membantu dalam mengambil sebuah keputusan. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang strategi untuk membantu perusahaan dalam mengambil keputusan dalam purchasing dan inventory part mesin kritis berdasarkan biaya terendah. Hasil dari penelitian ini adalah strategi yang digunakan perusahaan saat ini yaitu breakdown maintenance mengeluarkan biaya sebesar Rp 508,574,008.40 selama satu tahun produksi. Sedangkan hasil dari strategi usulan yaitu preventive maintenance dengan alat bantu simulasi Monte Carlo untuk memprediksi jumlah persediaan part dan kapan mesin mengalami pergantian part. Strategi usulan mengeluarkan biaya sebesar Rp 786,968,691.40 selama tiga tahun produksi. Jadi dapat disimpulkan dengan menggunakan perhitungan LCC dengan alat bantu simulasi Monte Carlo dapat meminimalisir biaya yang dikeluarkan untuk jangka panjang.

Keyword: Inventory, Part Kritis, Life Cycle Cost, Monte Carlo.

1. Pendahuluan

Produktivitas merupakan suatu target atau tujuan yang ingin dicapai oleh perusahaan manapun. Banyak perusahaan yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas agar dapat memenuhi kebutuhan konsumen sehingga perusahaan tersebut mendapat profit yang lebih dan dapat meminimalisir biaya yang dikeluarkan dalam produksi. Pengukuran produktivitas dapat dilihat dari efisiensi dan efektivitas produksi di sebuah perusahaan. PT Madubaru PG Madukismo adalah perusahaan yang memanfaatkan bahan baku pertanian tebu kemudian diolah menjadi gula jadi. PT Madubaru PG Madukismo terletak di Desa Padokan, Tirtonirmolo, Kasihan, Bantul, DIY. Target produksi di perusahaan ini mencapai rata-rata kurang lebih 3,500 ton per hari, PG madukismo memulai produksinya ketika panen tebu di mulai yaitu dari bulan mei sampai dengan bulan oktober.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hadian (2017) terdapat pembahasan yang belum dijelaskan secara mendetail mengenai kebijakan untuk menyediakan cadangan part mesin kritis jika terjadi kerusakan atau masalah pada mesin produksi. Oleh sebab itu perusahaan belum bisa menentukan pengambilan keputusan yang tepat dengan cara pengadaan part mesin kritis dan *inventory part* mesin kritis atau selalu tersedia part untuk mesin kritis dan menentukan kapan penggantian untuk *spare part* yang sudah lama digunakan dan sudah usang sebelum terjadi kerusakan mesin pada masa yang akan datang. Kebijakan seperti itu yang akan membuat perusahaan menghitung berapa besar perbandingan biaya yang akan dikeluarkan jika perusahaan membeli part secara optimal dan selalu dilakukan pengecekan rutin atau hanya memperbaiki ketika mesin hanya rusak. Menurut Prawahandaru (2018) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa *spare part* kritis pada stasiun gilingan yang banyak mengalami pergantian dalam beberapa tahun terakhir adalah baut suri blok atas, *stang hammer*, dan pisau tebu. Jika terjadi kerusakan mesin pada masa produksi maka perusahaan akan mengalami kerugian yang besar. Pada tahun 2017 jumlah kerusakan yang terjadi pada stasiun giling mencapai 59, di mana perbaikan yang dilakukan untuk memperbaiki kerusakan mencapai 2000 menit. Berikut adalah kerusakan pada tahun 2017 dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Data Kerusakan Stasiun Gilingan

Dilihat dari tabel 1.1 Data Kerusakan Stasiun Gilingan bahwa kerusakan yang terjadi pada stasiun gilingan, sehingga dari kerusakan yang terjadi dapat kita estimasi berapa besar kerugian yang disebabkan oleh rusaknya mesin. Pada penelitian tersebut peneliti memberikan usulan strategi untuk perusahaan akan tetapi strategi tersebut belum terbukti secara *financial* apakah lebih baik dari strategi yang digunakan perusahaan. Sehingga perusahaan belum bisa menentukan strategi yang terbaik.

Pengambilan keputusan adalah sebuah hasil yang didapatkan terhadap pemilihan dua alternatif atau lebih dengan mempertimbangkan kriteria tertentu. Pengambilan keputusan yang bijak memberikan pengaruh besar bagi perusahaan dalam berbagai hal, mulai dari efisiensi dan efektivitas dalam hal produksi sampai profit yang akan dihasilkan oleh perusahaan. Oleh sebab itu dalam pengambilan keputusan terdapat beberapa metode yang dapat dipilih. *Life cycle cost* (LCC) merupakan suatu analisa yang digunakan untuk membantu dalam pengambilan keputusan dilihat dari ukuran nilai ekonominya. Menurut Dell'Isola & Krik (2003) *Life Cycle Cost* (LCC) merupakan metode yang berguna untuk memperhitungkan seluruh biaya selama masa pakai yang dilihat dari aspek ekonomi untuk menentukan alternatif desainnya. Tujuan LCC berguna untuk mengelola proses yang dilakukan secara berulang mulai dari perencanaan awal hingga penggantian aset.

Sehingga pada penelitian ini peneliti akan melanjutkan penelitian terdahulu yang dilakukan di PT Madubaru PG Madukismo dengan merancang strategi untuk membantu perusahaan dalam pengambilan keputusan dengan melihat hasil dari perhitungan LCC untuk menyediakan cadangan *part* mesin kritis berdasarkan biaya terendah.

2. Kajian Literatur

Terdapat beberapa penelitian yang ditelaah menjelaskan mengenai LCC dan alat bantu metode yang digunakan untuk menentukan jumlah persediaan. Penelitian yang dilakukan Firsani & Utomo (2012) penelitian ini membahas mengenai Analisa *Life Cycle Costing* pada *Green Building Diamond Building* Malaysia. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan total biaya siklus hidup pada sebuah bangunan dengan konsep ramah lingkungan selama periode yang ditetapkan. Metode alat bantu yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Present Worth* dengan mengukur variabel-variabel yang termasuk dalam perhitungan LCC meliputi *initial cost* (biaya awal), *operational-maintenance operational* (biaya operasional dan perawatan), *replacement cost* (biaya pengganti), *energy cost* (biaya energi), dan umur siklus. Analisa menggunakan *Present Worth* selama 10 tahun membuahkan hasil dengan memasukkan nilai sisa pada perhitungan LCC maka akan mereduksi biaya yang dikeluarkan untuk pembangunan dengan konsep *green building*.

Penelitian Bengtssonab & Kurdvebc (2016) mengenai aspek penyusunan model *life cycle cost* (LCC) dengan biaya pemeliharaan dinamis. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui LLC atau biaya total kepemilikan yang telah digunakan pada peralatan manufaktur di perusahaan swedia. Metode yang digunakan dalam penelitian meliputi *life cycle cost* dan *life cycle profit* (LCP). Dari hasil penelitian mengungkapkan aspek yang digunakan dalam mendesain atau merancang peralatan menggunakan LCC adalah operasi *man-time*, penggunaan energi, biaya perawatan dan perbaikan, biaya *downtime*, cairan proses dan bahan kimia, beberapa di antaranya meningkat seiring usia peralatan, Seharusnya dipertimbangkan. Ini memberikan implikasi pada desain peralatan agar mudah dirawat, mudah dibersihkan dan mudah dioperasikan.

Selanjutnya penelitian Morales et al (2016) mengenai *life cycle cost* (LCC) teknologi fotovoltaik di bangunan komersial di Baja California, Meksiko. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi orientasi geometrik yang memberikan LCC terbaik untuk modul fotovoltaik multi-kristal, untuk memasok energi listrik untuk bangunan komersial di tiga lokasi di Baja California, Meksiko. Metode yang digunakan LCC dengan perhitungan konsumsi energi listrik, penilaian sumber daya matahari, Penilaian produksi energi dari array fotovoltaik, dan anggaran modal. penelitian ini membuahkan hasil bahwa sel fotovoltaik silikon multi-kristal merupakan pilihan investasi yang layak ketika dipasang di bangunan komersial dengan faktor biaya-manfaat tertinggi (3,17) dan pengembalian investasi terpendek (13,02 tahun).

Penelitian yang dilakukan Bieda (2014) penerapan pendekatan stokastik berdasarkan simulasi Monte Carlo (MC) untuk persediaan siklus hidup (LCI) ke rantai proses baja. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyajikan hasil penerapan pendekatan stokastik berdasarkan Monte Carlo (MC) simulasi untuk *life cycle inventory* (LCI) data kompleks Mittal Steel Poland (MSP) di Kraków, Polandia. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi MC dari model LCI untuk menggambarkan sifat acak dari semua produk utama yang digunakan dalam penelitian ini, distribusi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah dsitribusi normal. Penelitian ini membuahkan hasil menggunakan MC dapat digunakan sebagai langkah pertama dalam melakukan analisis LCA penuh dalam industri baja. Pendekatan stokastik adalah metode yang kuat untuk mengukur ketidakpastian parameter dalam studi LCA / LCI dan dapat diterapkan pada industri baja apa pun. Hasil tersebut dapat digunakan untuk membantu praktisi dan pengambil keputusan dalam manajemen produksi baja.

Selanjutnya penelitian Mansera et al (2017) mengenai implementasi dan aplikasi model Monte Carlo untuk sistem termografi dengan perhitungan mikro *in vivo*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model Monte Carlo (MC) dari scanner *micro computed tomography* (μ CT) untuk mencari karakterisasi radiasi pencar di pesawat detektor. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerangka EGS ++ dengan kode MC EGSnrc digunakan untuk mensimulasikan transportasi partikel melalui komponen utama XtremeCT

(SCANCO Medical AG, Swiss). Hasil penelitian ini Model MC diimplementasikan dan divalidasi berdasarkan beberapa perbandingan independen antara nilai transmisi terukur dan simulasi. Hasil validasi menunjukkan bahwa model MC dapat digunakan untuk menyelidiki perilaku radiasi pencar dari proses pembangkitan citra untuk menganalisis karakteristik radiasi pencar untuk μ CT scanner.

Sehingga pada penelitian ini pendekatan *life cycle cost* digunakan untuk menghitung biaya yang dikeluarkan pada strategi yang akan digunakan untuk membantu perusahaan dalam mengambil sebuah keputusan berdasarkan biaya terendah dan simulasi MC digunakan untuk membantu memprediksi *part* kritis pada stasiun gilingan berapa jumlah yang disediakan dan kapan mesin akan mengalami pergantian *spare part*.

3. Metode Penelitian

3.1. Life cycle cost

Menurut Dell'Isola & Krik (2003) *Life Cycle Cost* (LCC) merupakan metode yang berguna untuk memperhitungkan seluruh biaya selama masa pakai yang dilihat dari aspek ekonomi untuk menentukan alternatif desainnya. Tujuan LCC berguna untuk mengelola proses yang dilakukan secara berulang mulai dari perencanaan awal hingga penggantian aset. Adapun perhitungan yang digunakan dalam LLC. Menurut Cahyo (2016) Rumus LCC yaitu:

$$TC_t = CA_{,t} + Fo_{,t} + Co_{,t} + CM_{,t} + CSL_{,t} + CHR_{,t} + CPI_{,t} - CS_{,t}$$

.....Eq. 4-10

- Di mana $CA_{,t}$ = Biaya perolehan pada waktu t.
- $Fo_{,t}$ = Biaya operasi tetap pada waktu t.
- $Co_{,t}$ = Biaya operasi tahunan pada waktu t.
- $CM_{,t}$ = Biaya pemeliharaan pada waktu t.
- $CSL_{,t}$ = Kurugian saat pemberhentian pada waktu t.
- $CHR_{,t}$ = Biaya penyediaan sumber daya manusia pada waktu t.
- $CPI_{,t}$ = Biaya pembelian dan persediaan pada waktu t.
- $CS_{,t}$ = Nilai sisa pada waktu t.

Biaya-biaya ini adalah sebagian dari biaya yang akan dihitung menggunakan LCC untuk membantu perusahaan dalam mengambil keputusan yang baik. Akan tetapi pada penelitian ini perhitungan LCC hanya difokuskan pada biaya pemeliharaan, *stoppage loss*, dan biaya total *purchasing and inventory* karena pada LCC baru biaya diatas diringkas menyesuaikan keadaan lingkungan pada perusahaan.

3.3.1 Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan adalah biaya yang dikeluarkan untuk menjaga sistem agar bekerja dengan maksimal baik. Berikut rumusan pada perhitungan biaya pemeliharaan (Cahyo, 2015):

$$CM = \sum_{r=1} (FSM_{,r} + CSM_{,r}) + \sum_{s=1} (FUM_{,s} + CUM_{,s})$$

- 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.

3.3.2 Stoppage Loss

Stoppage Loss adalah biaya yang dikeluarkan ketika mesin yang sedang beroperasi berhenti. Berikut rumusan pada perhitungan *stoppage loss* (Cahyo, 2015):

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

- Di mana nd = Jumlah kejadian berhenti.
- FSL = Biaya tetap saat mesin berhenti.
- Td = Jumlah waktu gagal unit dalam menit.
- CS = Peluang kerugian saat pemberhentian.

3.3.3 Biaya Total Purchasing and Inventory

Biaya total *purchasing and inventory* adalah biaya yang dikeluarkan untuk setiap pemesanan part dan biaya yang dikeluarkan untuk persediaan dalam periode tertentu. Berikut rumusan biaya total *purchasing and inventory* (Cahyo, 2015):

$$CPI = Fi + (np.Cp) + (nc.Ci) + ((ni + nc/365).Cinv)$$

- Di mana Fi = Biaya tetap purchasing and inventory.

- Np = Banyaknya pembelian.
- Cp = Biaya pembelian.
- Ni = Jumlah inventory awal.
- Nc = Jumlah komponen akan dibeli.
- Ci = Biaya komponen akan dibeli.
- Cinv = Biaya inventory.

3.2. Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo merupakan simulasi yang digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah dengan memberikan solusi berdasarkan proses randomisasi. Proses random pada simulasi ini melibatkan suatu distribusi probabilitas berdasarkan data masa lalu maupun distribusi probabilitas teoritis. Distribusi probabilitas pada penelitian ini ialah menggunakan distribusi Weibull dan Eksponensial.

3.2.1 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull adalah distribusi yang sering dipergunakan dalam teori keandalan. Distribusi ini banyak digunakan untuk menghitung umur komponen dilihat dari data kerusakan yang terjadi. Distribusi ini sangat cocok digunakan untuk laju kerusakan yang tidak bisa di tentukan baik itu laju kerusakan yang meningkat maupun laju kerusakan yang menurun. Sehingga untuk menghitung jumlah acak umur hidup suatu mesin. Jumlah disini memiliki arti suatu mesin akan mengalami kerusakan pada hari ke- berapa serta jumlah selama masa hidup memiliki kerusakan berapa banyak. Menurut Cahyo (2015) untuk menghitung jumlah acak umur hidup suatu mesin digunakan rumusan sebagai berikut:

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

- Di mana t = Jumlah acak umur hidup distribusi *weibull*
- ln = $e \approx 2.7182$.
- Pf(t) = Probabilitas waktu kerusakan pada saat ke t.
- λ = Masa hidup mesin (hari).
- β = Parameter bentuk (shape parameter).

3.2.2 Distribusi Eksponensial

Distribusi Eksponensial merupakan salah satu distribusi yang menggunakan data kerusakan dalam perhitungan dalam teknik keandalan. Distribusi ini digunakan untuk mencari selisih waktu dalam sebuah peluang. Distribusi ini memiliki sifat acak di mana laju kerusakan konstan terhadap kerusakan dan waktu. sehingga untuk menghitung acak umur hidup suatu mesin didapatkan rumus 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.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengolahan data menggunakan pendekatan LCC meliputi perhitungan biaya pemeliharaan, *stoppage loss*, dan biaya total *purchasing and inventory* untuk strategi perusahaan. Untuk strategi usulan perhitungan menggunakan pendekatan LCC akan dibantu dengan simulasi Monte Carlo.

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 yang dikeluarkan untuk pemeliharaan pada strategi perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Biaya Pemeliharaan

CM	biaya tetap untuk maintenance terjadwal (Rp)	biaya variabel total saat dilakukan (Rp)	biaya tetap untuk maintenance tak terjadwal (Rp)	biaya variabel total saat dilakukan (Rp)	Total (Rp)
----	--	--	--	--	------------

Jumlah	0	0	0	29818340	29818340
--------	---	---	---	----------	----------

Pada Tabel 4.1. total biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan sebesar Rp 29,827,680.00 untuk 1 (satu) periode. di mana biaya tersebut terdiri dari biaya perbaikan saat terjadi kerusakan sebesar Rp 943,340.00 dan biaya pendukung untuk perbaikan sebesar Rp 27,187,500. Biaya yang dikeluarkan pada biaya pemeliharaan termasuk pada kategori sedikit karena perusahaan ini bekerja selama 24 jam dan memiliki kapasitas penggilangan hingga 3500ton perhari. Serta pemeliharaan hanya akan dilakukan jika terjadi kerusakan saja tetapi dampak dari terjadinya kerusakan yang tidak diketahui mengakibatkan *stoppage loss* dan biaya *purchasing* naik karena banyaknya waktu yang digunakan untuk memperbaiki kerusakan serta persediaan yang tidak diketahui berapa banyaknya. Jadi untuk strategi yang digunakan perusahaan saat ini sudah bagus untuk meminimaisir biaya yang dikeluarkan untuk perawatan mesin selama masa produksi

4.1.2 Stoppage Loss

Biaya *stoppage loss* pada strategi perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Stoppage Loss

CSL	jumlah kejadian berhenti	biaya tetap saat mesin berhenti (RP)	jumlah waktu gagal unit (menit)	peluang kerugian saat pemeberhentian (Rp)	Total (Rp)
Jumlah	20	0	1010	163228	164860280

Pada Tabel 4.2. biaya *stoppage loss* yang dikeluarkan sebesar Rp 164,860,280.00. di mana biaya tersebut terdiri dari *opportunity loss* per menit sebesar Rp 163,228.00 dikali dengan jumlah waktu gagal sebesar 1010. Biaya ini disebabkan oleh banyaknya jumlah mesin berhenti atau part yang sudah usang tidak diganti sehingga mengakibatkan kerusakan yang tidak dapat ditentukan, sehingga pada saat perbaikan memakan waktu yang lama untuk memperbaikinya karena karyawan tidak tahu seberapa parah kerusakan yang disebabkan oleh ketiga *part* seperti baut suri blok atas, pisau tebu, dan *stang hammer*. Serta ketika mengalami *downtime* per menit perusahaan akan rugi sebesar Rp 163,228.00. Karena besar produksi perusahaan selama satu hari dan margin yang didapatkan dari penjualan setiap satu kilogram gula.

4.1.3 Biaya Total Purchasing and Inventory

Biaya total *purchasing and inventory* yang dikeluarkan pada strategi perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Biaya Total Purchasing and Inventory

CPI	biaya tetap purchasing and inventory (Rp)	banyaknya Pembelian(unit)	biaya pembelian(Rp)	jumlah inventori awal (unit)	jumlah komponen akan dibeli (Unit)	biaya komponen akan dibeli (Rp)	biaya inventory pertahun(Rp)	Total (Rp)
Pisau tebu	5728	0	1,250,000	0	42	1,250,000	5639	52507014.97
Stang Hammer	5728	56	1,052,386	0	56	1,052,386	5639	11787467.6
Baut Suri ²	5728	15	4,783,574	6	15	4,783,574	5639	14351359.14
Jumlah								31389528.24

Pada Tabel 4.3. biaya total yang di kelurakan untuk *purchasing and inventory* sebesar Rp 313,895,282.40 untuk 1 (satu) periode. Biaya tersebut terdiri dari biaya tetap purchasing and inventory untuk setiap *part* sebesar Rp 5,728.00 dan biaya inventory sebesar Rp 22,555,934.00 untuk setiap part sebesar Rp 5,639.00. karena didalam gudang terdapat 4000 jenis *part*. biaya tersebut sangat besar untuk total biaya *purchasing and inventory* karena pada strategi ini pembelian dan *inventory* yang dilakukan selama 2 tahun berturut-turut pada tahun 2016-2017 selalu sama karena tidak ada nya perhitungan untuk persediaan yang dibutuhkan untuk *part* kritis seperti baut suri blok atas, pisau tebu dan *stang hammer*, sehingga biaya penyimpanan untuk *part* yang bernilai jual tinggi mempengaruhi aliran perhitungan biaya total *purchasing and inventory* perusahaan.

4.1.4 Total Cost

Tabel 4.4 Total Cost

Total Cost	Biaya Pemeliharaan (Rp)	Stoppage Loss (Rp)	Biaya Tetap Purchasing and Inventory (Rp)	Total (Rp)
Jumlah	29827680	164860280	313895282.40	508574008.4

Dilihat pada Tabel 4.4 Total Cost yang di keluarkan strategi perusahaan sebesar Rp 508,574,008.40 untuk 1 (satu) periode terdiri dari biaya pemeliharaan sebesar Rp 29,827,680.00, stoppage loss sebesar Rp 164,860,280.00 dan biaya total purchasing and inventory sebesar Rp 313,895,282.40.

4.2. Strategi Usulan

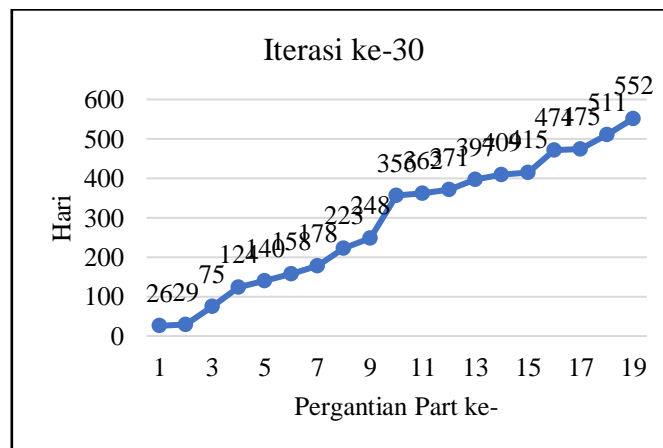
Strategi usulan yang dilakukan oleh peneliti yaitu strategi *preventive maintenance*, di mana strategi usulan ini merencanakan kapan akan dilakukan pergantian *part* pada mesin kritis dan jumlah *part* yang harus disediakan. Sehingga perencanaan tersebut menggunakan alat bantu simulasi Monte Carlo. Selanjutnya perhitungan total biaya strategi usulan meliputi biaya pemeliharaan, *stoppage loss*, dan biaya total *purchasing and inventory*.

4.2.1 Simulasi Monte Carlo

Simulasi ini digunakan untuk memprediksi kapan kerusakan atau pergatian *part* akan terjadi pada mesin kritis selama 3 (tiga) kali masa produksi dan berapa *part* yang harus disediakan dengan menggunakan distribusi sebagai bahan untuk prediksi umur hidup acak suatu *part*. *Part* kritis pada stasiun gilingan meliputi baut blok suri atas, pisau tebu dan *stang hammer*.

4.2.1.1 Baut Blok Suri Atas

Pada perhitungan simulasi part baut blok suri atas menggunakan disribusi Weibull dapat dilihat pada Gambar 4.1.

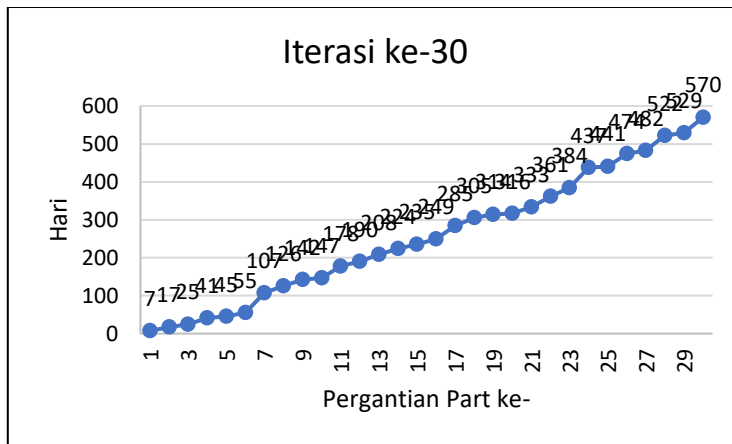


Gambar 4.1 Iterasi ke-30 Baut Blok Suri Atas

Dilihat pada Gambar 4.1. Iterasi ke-30 Baut Blok Suri Atas pergantian kemungkinan akan terjadi pada hari ke 26 kemudian kemungkinan mesin akan kembali mengalami pergantian *part* pada hari ke 29 dan seterusnya. Setelah dilakukan iterasi 1 sampai 30 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

Pada perhitungan simulasi part pisau tebu menggunakan disribusi Eksponensial dapat dilihat pada Gambar 4.2.

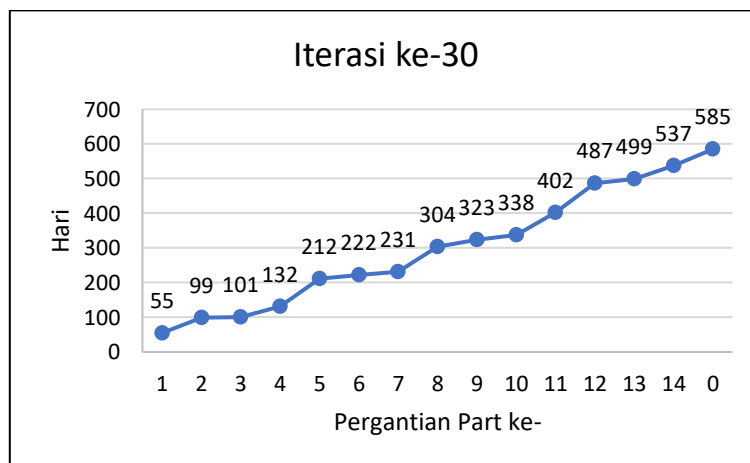


Gambar 4. 2 Iterasi ke-30 Pisau Tebu

Dilihat pada Gambar 4.2. Iterasi ke-30 Pisau Tebu kemungkinan pergantian akan terjadi pada hari ke-7 selanjutnya kemungkinan akan mengalami kerusakan kembali pada hari ke-17 dan seterusnya. 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

Pada perhitungan simulasi part *stang hammer* menggunakan distribusi Eksponensial dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Iterasi ke-30 Stang Hammer

Dilihat pada Gambar 4.3. Iterasi ke-30 *stang hammer* pergantian kemungkinan akan dilakukan pada hari ke-55 kemudian kemungkinan akan kembali mengalami kerusakan atau pergantian part pada hari ke-99. 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 yang dikeluarkan untuk pemeliharaan pada strategi usulan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Biaya Pemeliharaan

CM	biaya tetap untuk maintenance terjadwal (Rp)	biaya variabel total saat dilakukan (Rp)	biaya tetap untuk maintenance tak terjadwal (Rp)	biaya variabel total saat dilakukan (Rp)	Total (Rp)
Jumlah	0	89667159.42	0	0	89667159.42

Pada Tabel 4.5. Total biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan sebesar Rp 89,667,159.42. untuk 3 (tiga) periode di mana biaya tersebut terdiri dari biaya perbaikan saat terjadi kerusakan sebesar Rp 3,042,159.42 dan biaya pendukung untuk perbaikan sebesar Rp 86,625,000.00. Biaya yang dikeluarkan untuk strategi usulan hampir

sama dengan strategi yang digunakan perusahaan saat ini karena strategi usulan disini untuk merencanakan pergantian *part* akan tetapi waktu yang digunakan dalam pergantian memakan waktu yang cukup lama. Menurut Prawahandaru (2018) Untuk waktu yang dibutuhkan dalam penggantian *part* baut blok suri atas memakan waktu 18.72 menit, kemudian untuk pergantian pisau tebu memakan waktu 53,33 menit, dan untuk *stang hammer* 60,71 menit. Meskipun peneliti dapat memprediksi kapan mesin akan mengalami pergantian *part* jenis baut suri blok atas, pisau tebu, dan *stang hammer* akan tetapi waktu yang digunakan untuk perbaikan hampir sama dengan yang tidak diprediksi pada tahun 2017. Sehingga total biaya untuk melakukan perbaikan tidak jauh berbeda menggunakan strategi perusahaan dengan strategi usulan.

4.2.3 Stoppage Loss

Biaya *stoppage loss* pada strategi usulan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Stoppage Loss

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	163228	531655158

Dilihat pada Tabel 4.6. Biaya *stoppage loss* yang dikeluarkan sebesar Rp 531,655,158.00. di mana biaya tersebut terdiri dari *opportunity loss* per menit sebesar Rp 163,228.00 dikali dengan jumlah waktu gagal sebesar 3257. Meskipun pada strategi usulan ini peneliti dapat memprediksi banyaknya pergantian yang akan dilakukan selama 3 (tiga) kali masa produksi akan tetapi waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki atau melakukan perbaikan masih memakan banyak waktu. Untuk waktu yang dibutuhkan dalam penggantian *part* baut blok suri atas memakan waktu 18.72 menit, kemudian untuk pergantian pisau tebu memakan waktu 53,33 menit, dan untuk *stang hammer* 60,71 menit (Prawahandaru, 2018). Kemudian banyaknya pergantian yang akan dilakukan selama 3 kali masa produksi sebanyak 22 pergantian untuk baut suri blok atas, 34 pergantian pisau tebu, dan untuk 17 kali pergantian *stang hammer*.

4.2.4 Biaya Total Purchasing and Inventory

Biaya total *purchasing and inventory* yang dikeluarkan pada strategi usulan dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Biaya Total Purchasing and Inventory

CPI	biaya tetap purchasing and inventory(Rp)	banyaknya Pembelian(Rp)	biaya pembelian(Rp)	jumlah inventory awal(unit)	jumlah kompo nen akan dibeli(Rp)	biaya kompo nen akan dibeli(Rp)	biaya inventory pertahun(Rp)	Total
Pisau tebu	5,728	34	1,250,000	0	0	1,250,000	16,893	42,505,728
Stank Hammer	5,728	17	1,052,386	0	0	1,052,386	16,893	17,896,290
Baut Suri2	5,728	22	4,783,574	0	0	4,783,574	16,893	105,244,356
			Jumlah					165,646,374

Pada Tabel 4.7. biaya total yang di kelurakan untuk *purchasing and inventory* sebesar Rp 165,646,374.00 untuk 3 (tiga) periode. Biaya tersebut terdiri dari biaya tetap purchasing and inventory untuk setiap *part* sebesar Rp 5,728.00 dan biaya inventory sebesar Rp 22,555,934.00 untuk setiap part sebesar Rp 5,639.00. dikalikan 3 (tiga) sebesar Rp 16,893.00 karena didalam gudang terdapat 4000 jenis *part*. Dikarenakan pada strategi usulan peneliti dapat memprediksi kapan *part* mengalami perganti dan berapa banyak yang harus disediakan maka dengan prediksi ini biaya yang digunakan untuk *purchasing and inventory* akan berkurang karena perusahaan dapat menentukan jumlah yang harus disediakan selama 3 kali masa produksi. Pengurangan biaya terdapat pada bagian *inventory* karena tidak mengalami penumpukan *part* yang memiliki nilai harga yang tinggi sehingga dapat menghambat aliran dana perusahaan untuk *purching and inventory*.

4.2.5 Total Cost

Tabel 4.8 Total Cost

Total Cost	Biaya Maintenance(Rp)	Stoppage Loss(Rp)	Biaya Tetap Purchasing and Inventory(Rp)	Total(Rp)
Jumlah	89667159.42	531655158	165646374	786968691.4

Dilihat pada Tabel 4.8 Total Cost yang di keluarkan strategi usulan sebesar Rp 786,968,691.40 untuk 3 (tiga) periode terdiri dari biaya pemeliharaan sebesar Rp 89,667,159.42, *stoppage loss* sebesar Rp 531,655,158.00 dan biaya total *purchasing and inventory* sebesar Rp 165,646,374.00.

5. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pembahasan yang telah dijelaskan maka peneliti dapat menarik beberapa kesimpulan (1) Strategi perusahaan yang dihitung menggunakan perhitungan LCC mengeluarkan biaya total sebesar Rp 508,574,008.40. (2) Strategi yang diusulkan oleh peneliti menggunakan perhitungan LCC dengan alat bantu simulasi Monte Carlo mengeluarkan biaya total sebesar Rp 786,968,691.40 selama 3 (tiga) periode. Strategi yang diusulkan oleh peneliti dapat meminimalisir biaya yang dikeluarkan untuk jangka panjang. Saran yang diberikan untuk penelitian yang akan di lakukan di perusahaan PT Madubaru PG Madukismo selanjutnya diharapkan bisa menambahkan perhitungan *human resource cost* dalam perhitungan *life cycle cost* untuk mengetahui jumlah maksimum karyawan yang diperlukan jika menggunakan strategi usulan.

Daftar Pustaka

- Bieda, B. (2014). Application of stochastic approach based on Monte Carlo (MC) simulation for life cycle inventory (LCI) to the steel process chain : Case Study. *Science of the Total Environment*, 481.
- Cahyo, W. N. (2015). *A modelling approach for maintenance resource provisioning policies*. Australia: University of Wollongong.
- Cahyo, W. N. (2016). Asset Management Conceptual Model & Life Cycle Management. In W. N. Cahyo, *Asset Management* (p. 9). Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Dell'Isola, A., & Krik, S. J. (2003). *Life Cycle Cost For Facilities*. Wiley.
- Firsani, T., & Utomo, C. (2012). Analisa Life Cycle Costing pada Green Building Diamond Building Malaysia. *Teknik ITS SSN: 2301-9271*, Vol 1 No 1.
- Hadian, M. F. (2017). *Analisis dan Mitigasi resiko rantai pasok PT Madubaru dengan pendekatan house of risk*. Yogyakarta: UII.
- Morales, G. B., Granados, A. A., Lopez, A. J., Leon, A. L., & Trevizo, M. G. (2016). Life cycle cost of photovoltaic technologies in commercial buildings in Baja California, Mexico. *Renewable Energy*, 564-571.
- Prawahandaru, H. (2018). *perancangan jadwal pemeliharaan mesin produksi gula untuk meningkatkan realibilitas dengan reliabilitiy centered maintenance*. Yogyakarta: UII.