

## **Analisis Penerapan Metode Rapid Prototyping Dalam Pembuatan Prototipe Dan Optimization Perubahan Diameter Pulley Pada Mesin Maker Di PT. XYZ**

Dana Mekaroma<sup>1</sup>, Ayu Setyaning Sayekti Poesoko<sup>2</sup>, dan Hery Irawan<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya<sup>1,2,3</sup>  
e-mail: [danameka07@gmail.com](mailto:danameka07@gmail.com)

### **ABSTRACT – Font 11**

Prototyping in the manufacturing industry is growing very rapidly, starting with conventional manufacture and then using machine tools that form surface contours by cutting the workpiece. Then today's prototyping is growing very rapidly and is commonly called Rapid Prototyping. In the field of Manufacturing, rapid prototyping has the advantage that it prints a product quickly and precisely even on complex products. In this study, the application of the rapid prototyping in the manufacture of a pulley prototype with an enlarged diameter will be studied to optimize the production of the machine maker. The study was conducted using a rapid prototyping device of the fused deposition modeling type, namely 3D printing. The filament material used is polymer polylactic acid (PLA). The resulting specimen will then be analyzed for its advantages and disadvantages. After analysis and calculations, the production value of the maker machine increased by 13% from the previous one which produced 7,225 cigarettes/minute to 8,308.6 cigarettes/minute by changing the diameter of the motor pulley from the previous 20 cm to 23 cm. In addition, there needs to be improvements and changes in terms of scheduling machine maintenance and understanding of production targets for workers because the OEE value is below the ideal value of 85%.

**Keyword:** Rapid Prototyping, 3D Printing, Overall Equipment Effectiveness. (OEE)

### **ABSTRAK – Font 11**

Pembuatan prototipe pada industri manufaktur berkembang dengan sangat pesat, berawal dari pembuatan secara konvensional kemudian dilakukan dengan menggunakan mesin-mesin perkakas yang membentuk kontur permukaan dengan melakukan pemotongan pada benda kerja. Lalu pembuatan prototipe jaman sekarang berkembang sangat pesat dan biasa disebut Rapid Prototyping. Dibidang manufaktur rapid prototyping mempunyai keunggulan yaitu mencetak suatu produk dengan cepat dan tepat walaupun pada produk yang kompleks sekalipun. Pada penelitian ini akan dikaji penerapan rapid prototyping dalam pembuatan prototipe pulley yang diameternya diperbesar untuk mengoptimalkan produksi dari mesin maker. Penelitian dilakukan memakai perangkat rapid prototyping tipe Fused Deposition Modelling (FDM) yakni 3D Printing. Bahan filament yang digunakan yaitu jenis polymer Polylactic Acid (PLA). Spesimen yang dihasilkan selanjutnya akan dianalisa kelebihan dan kekurangannya. Setelah dilakukan analisis dan perhitungan, diperoleh nilai produksi mesin maker bertambah 13% dari yang sebelumnya menghasilkan 7.225 cigarette/menit menjadi 8.308,6 cigarette/menit dengan mengubah diameter pulley motor dari yang sebelumnya 20 cm menjadi 23 cm. Selain itu juga perlu ada perbaikan dan perubahan dalam hal penjadwalan maintenance mesin dan pemahaman mengenai target produksi pada pekerja dikarenakan nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) berada dibawah nilai idealnya yaitu 85%.

**Kata kunci:** Rapid Prototyping, 3D Printing, Fused Deposition Modelling, Polylactic Acid, Overall Equipment Effectiveness.

### **PENDAHULUAN**

Pada tatanan ekonomi global sudah terjadi 4 kali revolusi industri. Yang pertama terjadi abad ke-18 di Inggris yang ditandai dengan penggunaan mesin uap berbahan bakar kayu atau batu bara. Yang kedua terjadi abad ke-19 di Amerika dan Jerman yang ditandai dengan penggunaan mesin bermotor berbahan

bakar bensin atau listrik. Yang ketiga terjadi abad ke-20 di Amerika dan Uni Soviet yang ditandai dengan penggunaan teknik kimia-hayati berbahan bakar atom atau nuklir. Yang keempat terjadi pada tahun 1990-2000 di Jerman yang ditandai dengan munculnya internet (cyber), super komputer, robot pintar dll.

Dengan berkembangnya teknologi maka pembuatan prototipe produk lebih mudah dan cepat. Metode *removalrate* yang menghilangkan sebagian material dari bahan baku yang digunakan menjadi metode yang awal digunakan. lalu pembuatan prototipe berkembang menjadi 3 fase, yaitu fase manual prototyping (kerajinan dan padat karya), fase kedua prototyping lunak (aplikasi CAD) dan fase rapid prototyping.

Teknologi rapid prototyping dapat menghemat waktu dan bisa mengikuti bentuk model yang kompleks sekalipun. Proses rapid prototyping dimulai dengan mengerjakan desain produk 3D menggunakan CAD lalu melakukan proses pencetakan sehingga menghasilkan model yang solid. Akhirnya rapid prototyping mereduksi waktu proses produksi, meningkatkan kualitas produk dan mengurangi biaya perawatan mesin. Sedangkan untuk teknologi 3D Printing merupakan mesin printing khusus yang bisa mencetak hasil yang berbentuk 3D. 3D Printing merupakan teknologi yang pertama kali diciptakan tahun 1980-an oleh Chuck Hull dari 3D System Corp. Sejak saat itu 3D Printing terus berkembang dan digunakan secara luas.

Di industri bidang perakitan mesin rokok juga tidak lepas dari kemajuan teknologi, untuk itu PT. XYZ perusahaan yang bergerak dalam bidang perakitan dan rekondisi mesin rokok perlu meningkatkan kinerja mesin. Dalam hal itu maka akan dibuat perubahan diameter pulley motor induksi untuk mesin Hauni Protos 80ER yang awalnya 20 cm menjadi 23 cm, sehingga menghasilkan putaran mesin yang sebelumnya 3612,5 rpm menjadi 4154,3 rpm dan menambah hasil produksi sebanyak 13%. Akan tetapi peningkatan kinerja mesin juga tidak boleh membuat biaya perakitan dan rekondisi mesin rokok menjadi tambah mahal.

Berdasarkan uraian diatas, maka dalam penelitian ujian akhir ini akan dilakukan “Analisis Penerapan Metode Rapid Prototyping Dalam Pembuatan Prototipe Dan Optimization Perubahan Diameter Pulley Pada Mesin Maker Di PT. XYZ”. Kajian ini berkaitan dengan modifikasi diameter pulley motor dan mesin yang akan diperbesar.

## TINJAUAN PUSTAKA

Rapid Prototyping bisa disebut sebagai metode yang dipakai untuk membuat model berskala (prototipe) dari mulai bagian suatu produk (part) maupun produk rakitan (assembly) dengan cepat menggunakan data Computer Aided Design (CAD) 3D. bahkan rapid prototyping memungkinkan visualisasi suatu gambar 3D menjadi benda 3D yang asli dan memiliki volume.

Penerapan teknologi rapid prototyping dalam proses produksi telah terbukti mampu secara cepat membantu memberikan feedback pada konsep desain dan mengeliminasi inkonsistensi suatu konsep desain sebelum masuk proses pabrikasi. Pada akhirnya secara signifikan akan mereduksi cycle time dalam produksi, meningkatkan kualitas produk dan mereduksi biaya perawatan mesin (Tseng dan Tanaka, 2000). Pada tahun 1986 di California, USA metode rapid prototyping yang pertama ditemukan yaitu metode Stereolithography. Setelah itu metode lainnya mulai dikembangkan, sehingga memungkinkan kecepatan dalam membuat prototipe lebih baik dari metode yang pertama. Adapun beberapa alasan metode rapid prototyping sangat bermanfaat serta dibutuhkan dalam dunia industri, yaitu :

1. Efektifitas komunikasi dengan konsumen atau dilingkungan industri akan meningkat.
2. Meningkatnya biaya produksi akibat kesalahan produksi akan menurun.
3. Mengurangi waktu pengembangan produk.
4. Meminimalisasi perubahan-perubahan mendasar.
5. Memperpanjang jangka pakai produk misalnya dengan menambah atau mengurangi fitur-fitur yang tidak diperlukan.

Ada beberapa jenis teknologi dari rapid prototyping yang sering digunakan :

1. 3D Printing

2. Laser cutting dan Engraving
3. CNC

3D Printing merupakan sebuah printer yang bisa mencetak benda 3D, bukan tulisan ataupun gambar diatas kertas. Kelebihan 3D Printing itu dalam membuat berbagai bentuk pola rumit sangat memungkinkan. Hal ini disebabkan keleluasan gerakan printing pada ruang lingkup 3D. oleh karena itu dalam bidang manufaktur 3D Printing sangat penting.

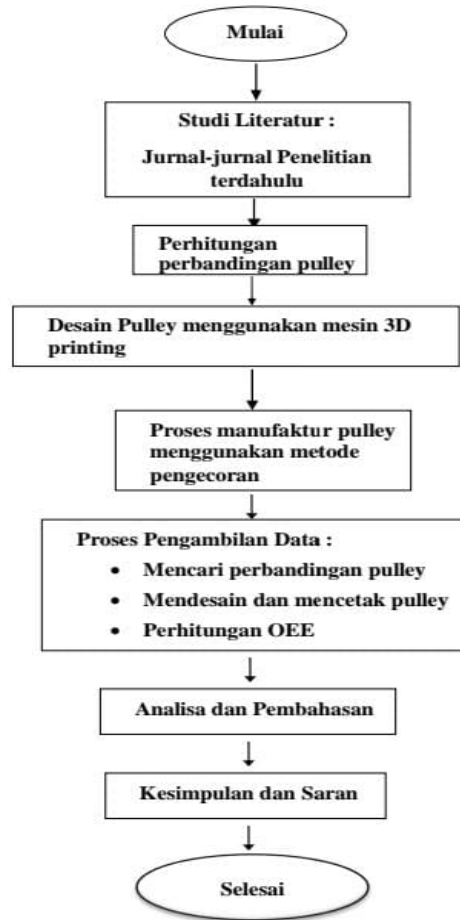
Adapun salah satu metode yang sering dipakai dalam teknologi 3D Printing adalah Fused Deposition Modelling (FDM), dikarenakan metode ini murah dan paling mudah digunakan. Didalam proses pengerjaan 3D Printing dengan metode FDM, dimensi, geometri dan kekasaran permukaan menjadi faktor penting karena kualitas hasil cetakan mesin 3D Printing dipengaruhi 3 hal tersebut. Kekasaran permukaan yang tinggi pada hasil cetakan menimbulkan celah ketika komponen akan digabungkan dengan komponen lain.



Gambar 1. Mesin 3D Printing tipe Voron 2.4 350mm

## **METODE**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode OEE eksperimen atau perencanaan pulley. Penelitian ini memodifikasi diameter pulley untuk mendapatkan hasil produksi yang lebih banyak dengan waktu yang lebih efektif. Sehingga mesin maker jenis ini dapat menjadi pilihan alternatif bagi konsumen yang menginginkan peningkatan dalam segi efektifitas waktu dan segi kuantitas produk.

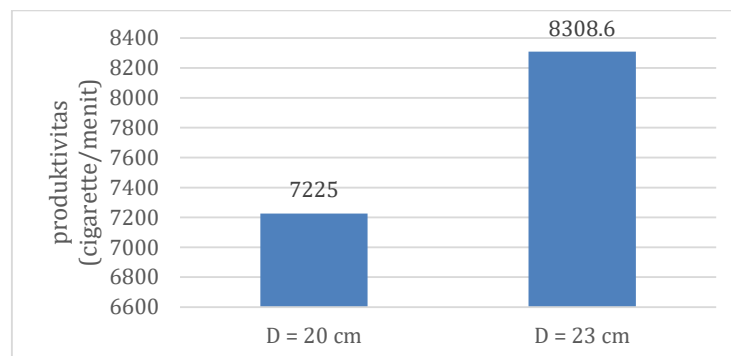


Gambar 2. Diagram Alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

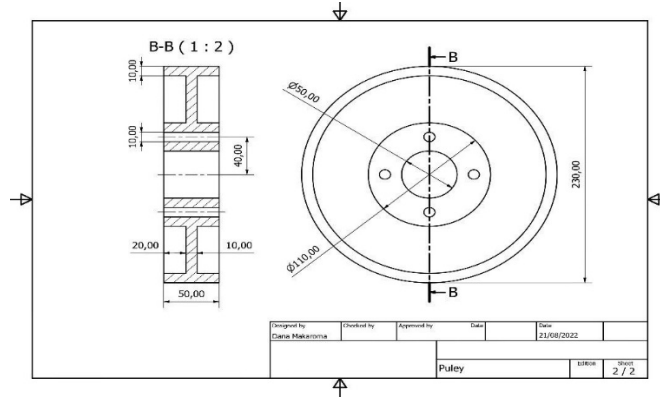
### a. Perhitungan produktivitas mesin Hauni Protos 80ER dengan pulley baru

Dalam 1 putaran pulley menghasilkan 2 batang rokok, maka  $4154,3 \times 2 = 8308,6$  cigarette/menit. Berarti dengan perbandingan nilai diameter pulley yang baru berhasil meningkatkan produktivitas mesin Hauni Protos 80ER sebanyak 13%.



Gambar 3. Grafik perbandingan produktivitas antara pulley lama dengan pulley baru

**Desain dan hasil cetakan pulley motor induksi yang baru (23 cm)**



Gambar 4. Desain pulley motor induksi diameter 23 cm



Gambar 5. Prototipe pulley motor induksi diameter 23 cm

**b. Menghitung nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

Tabel 1. Tabel data produksi mesin Hauni Protos 80ER

<i>Mesin Hauni Protos 80ER dengan pulley lama</i>			
Keterangan	Shift 1 (07.00-15.00)	Shift 2 (15.00-23.00)	Shift 3 (23.00-07.00)
Total Produksi	1.631.000	2.050.000	1.928.000
Total Limbah	6.172	10.442	9.839
Durasi Shift	426 menit	480 menit	480 menit
Planned Downtime	90 menit	68 menit	-
Unplanned Downtime	61 menit	74 menit	185 menit

<i>Mesin Hauni Protos 80ER dengan pulley baru</i>			
Keterangan	Shift 1 (07.00-15.00)	Shift 2 (15.00-23.00)	Shift 3 (23.00-07.00)
Total Produksi	2.160.000	2.372.000	2.492.000
Total Limbah	28.764	20.296	22.215
Durasi Shift	480 menit	480 menit	480 menit
Planned Downtime	91 menit	40 menit	64 menit
Unplanned Downtime	48 menit	62 menit	27 menit

**c. Perhitungan Availability**

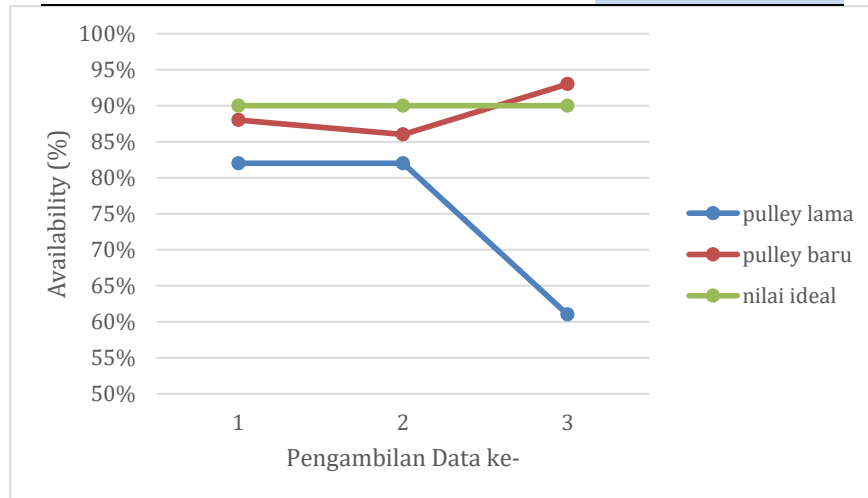
Availability adalah rate yang menunjukkan penggunaan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan yang dinyatakan dalam persentase. Hasil perhitungan availability beserta contoh perhitungan pada shift ke-1 untuk pulley lama menghasilkan availability sebesar 82% sedangkan untuk pulley lama sebesar 88%

Tabel 2. Perhitungan Availability

Menggunakan puli lama diameter 20 cm			
Shift	Loading Time (menit)	Operation Time (menit)	Availability (%)
1	336	275	82 %
2	412	338	82 %
3	480	295	61 %

Menggunakan puli baru diameter 23 cm			
Shift	Loading Time (menit)	Operation Time (menit)	Availability (%)
1	389	341	88 %
2	440	378	86 %
3	416	389	93 %



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai Availability antara mesin Hauni Protos 80ER dengan pulley lama dan pulley baru

Dari grafik diatas mencerminkan bahwa seberapa besar loading time yang tersedia dibandingkan downtime, maka hal itu lebih baik karena nilai availability nya semakin tinggi.

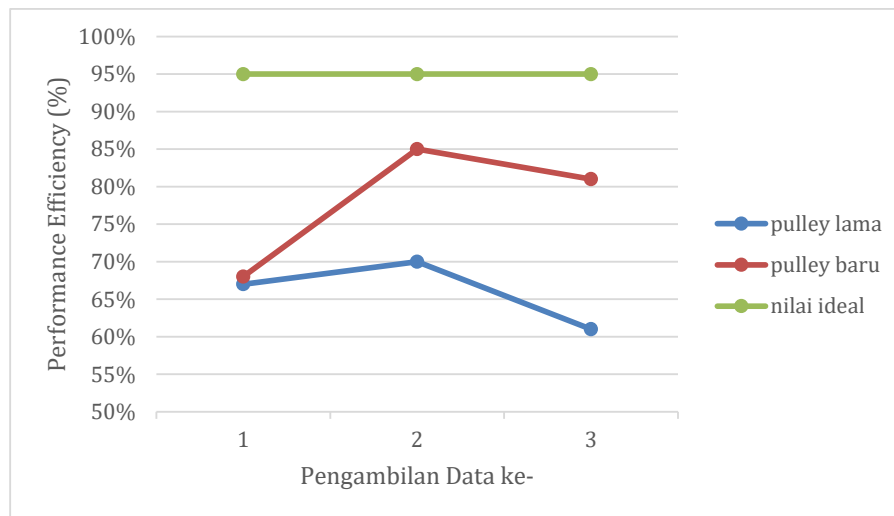
**d. Perhitungan Performance Efficiency**

Performance efficiency adalah rate yang menunjukkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang dinyatakan dalam persentase. Berikut perhitungan performance efficiency beserta cobtoh perhitungan shift ke-1 dengan pulley lama sebesar 67% sedangkan pulley baru sebesar 68%

Tabel 3. Perhitungan Performance Efficiency

<b>Menggunakan puli lama diameter 20 cm</b>				
Shift	Processed amount (pcs)	Operation time (menit)	Ideal cycle time (menit)	Performance Efficiency (%)
1	1.613.000	275	0,000113	67 %
2	2.050.000	338	0,000116	70 %
3	1.928.000	295	0,000094	61 %

<b>Menggunakan puli baru diameter 23 cm</b>				
Shift	Processed amount (pcs)	Operation time (menit)	Ideal cycle time (menit)	Performance efficiency (%)
1	2.160.000	341	0,000108	68 %
2	2.372.000	378	0,000136	85 %
3	2.492.000	389	0,000127	93 %



Gambar 7. Grafik perbandingan nilai Performance Efficiency antara mesin Hauni Protos 80ER dengan pulley lama dengan pulley baru

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa penggunaan mesin tidak efisien dikarenakan jumlah produksi tidak sesuai dengan kapasitas mesin yang seharusnya.

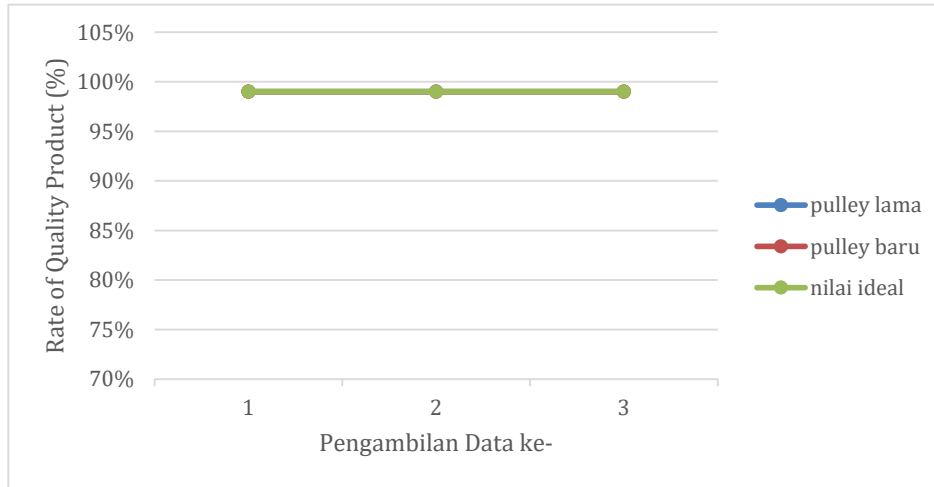
**e. Perhitungan Rate of Quality Product**

Rate of quality product adalah rasio yang menunjukkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar dinyatakan dalam persentase. Hasil perhitungan rate of quality produk pada shift ke-1 dengan pulley lama dan baru sebesar 99% . Berikut perhitungan Rate of Quality Product yang ditunjukkan pada table 4

Tabel 4. Perhitungan Rate of Quality Product

<b>Menggunakan puli lama diameter 20 cm</b>				
Shift	Processed amount (pcs)	Defect amount (pcs)	Good Product (pcs)	Rate of Quality Product
1	1.613.000	6.172	1.606.828	99 %
2	2.050.000	10.442	2.039.558	99 %
3	1.928.000	9.839	1.918.161	99 %

Menggunakan puli baru diameter 23 cm				
Shift	Processed amount (pcs)	Defect amount (pcs)	Good Product (pcs)	Rate of Quality Product
1	2.160.000	28.764	2.131.236	99 %
2	2.372.000	20.296	2.351.704	99 %
3	2.492.000	22.215	2.469.785	99 %



Gambar 8. Grafik perbandingan nilai Rate of Quality Product antara mesin Hauni Protos 80ER dengan pulley lama dengan pulley baru

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa semua data sudah memenuhi standar yang sudah ditentukan yaitu 99%.

**f. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEEE)**

Setelah nilai availability, performance efficiency dan rate of quality product didapatkan, maka selanjutnya adalah menghitung nilai OEE. Berikut hasil perhitungan OEE beserta contoh perhitungan pada shift ke-1 dengan pulley lama sebesar 54% sedangkan pulley baru sebesar 59%

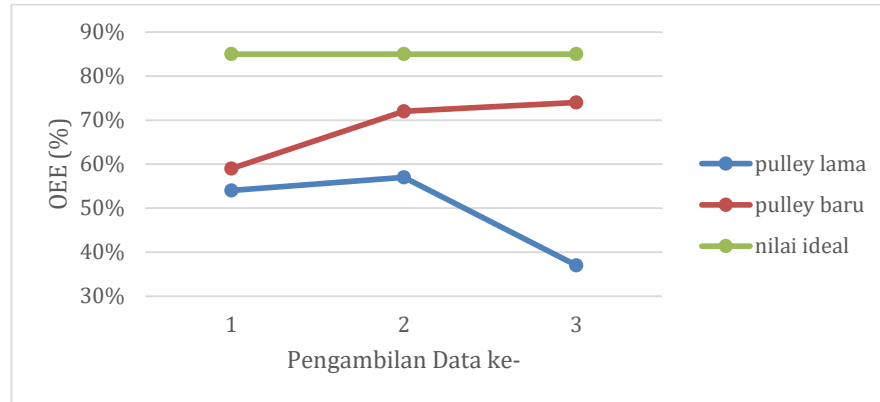
Tabel 5. Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Menggunakan puli lama diameter 20 cm				
Shift	Availability	Performance Efficiency	Rate of Quality Product	OEE (%)
1	0,82	0,67	0,99	54 %
2	0,82	0,70	0,99	57 %
3	0,61	0,61	0,99	37 %

Menggunakan puli baru diameter 23 cm				
Shift	Availability	Performance Efficiency	Rate of Quality Product	OEE (%)
1	0,88	0,68	0,99	59 %
2	0,86	0,85	0,99	72 %
3	0,93	0,81	0,99	74 %



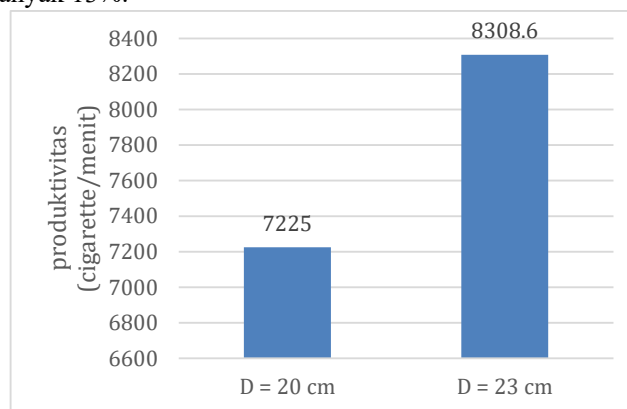


Gambar 9. Grafik perbandingan nilai OEE antara mesin Hauni Protos 80ER dengan pulley lama dengan pulley baru

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa tidak satupun data yang mencapai nilai idealnya. Yang menandakan bahwa produksi mesin membutuhkan improvisasi sesegera mungkin.

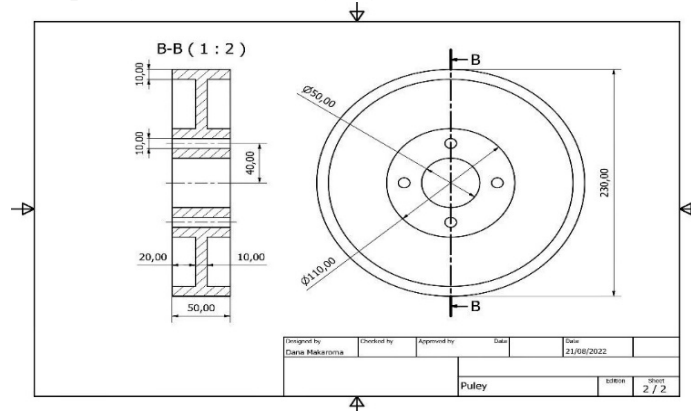
**g. Perhitungan produktivitas mesin Hauni Protos 80ER dengan pulley baru**

Karena dalam 1 putaran pulley menghasilkan 2 batang rokok, maka  $4154,3 \times 2 = 8308,6$  cigarette/menit. Berarti dengan perbandingan nilai diameter pulley yang baru berhasil meningkatkan produktivitas mesin Hauni Protos 80ER sebanyak 13%.



Gambar 10. Grafik perbandingan produktivitas antara pulley lama dengan pulley baru

**Desain dan hasil cetakan pulley motor induksi yang baru (23 cm)**



Gambar 11. Desain pulley motor induksi diameter 23 cm



Gambar 12. Prototipe pulley motor induksi diameter 23 cm

### Menghitung nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Tabel 7. Tabel data produksi mesin Hauni Protos 80ER

<i>Mesin Hauni Protos 80ER dengan pulley lama</i>			
<b>Keterangan</b>	<b>Shift 1 (07.00-15.00)</b>	<b>Shift 2 (15.00-23.00)</b>	<b>Shift 3 (23.00-07.00)</b>
Total Produksi	1.631.000	2.050.000	1.928.000
Total Limbah	6.172	10.442	9.839
Durasi Shift	426 menit	480 menit	480 menit
Planned Downtime	90 menit	68 menit	-
Unplanned Downtime	61 menit	74 menit	185 menit

<i>Mesin Hauni Protos 80ER dengan pulley baru</i>			
<b>Keterangan</b>	<b>Shift 1 (07.00-15.00)</b>	<b>Shift 2 (15.00-23.00)</b>	<b>Shift 3 (23.00-07.00)</b>
Total Produksi	2.160.000	2.372.000	2.492.000
Total Limbah	28.764	20.296	22.215
Durasi Shift	480 menit	480 menit	480 menit
Planned Downtime	91 menit	40 menit	64 menit
Unplanned Downtime	48 menit	62 menit	27 menit

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa lama waktu pembuatan prototipe pulley motor induksi dengan mesin 3D Printing tipe Voron 2.4 350 mm yaitu 39 jam 9 menit. Dengan menggunakan mesin tersebut serta material PLA, mampu menghasilkan prototipe pulley motor induksi, namun dikarenakan material dan kekuatan hasil pembuatan prototipe tersebut tidak dapat diujikan pada mesin Hauni Protos 80ER. Perubahan diameter pulley motor induksi mampu meningkatkan produktivitas mesin Hauni Protos 80ER sebanyak 13%. Serta kinerja mesin Hauni Protos 80ER belum bisa mencapai nilai ideal OEE yaitu dibawah 85% baik menggunakan pulley lama maupun pulley baru. Hal ini disebabkan karena nilai rata-rata dari 3 komponen perhitungan nilai OEE tidak mencapai nilai ideal. Akan tetapi dengan menggunakan pulley baru bisa meningkatkan nilai Availability dan Performance Efficiency mesin.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widyanto, S. A. Pengembangan Teknologi Rapid Prototyping untuk Pembuatan Produk Produk Multi Material. *Jurnal J@TI*, 2008; 2 (2): 10- 11.
- [2] Singh, M, & Narwal, M.S. 2014, Measurement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) of a Manufacturing Industry: An Effective Lean Tool. *International*
- [3] Prabowo, A.H., & Agustiani, M. 2017. Evaluasi Penerapan Total Productive Maintenance (Tpm) Melalui Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Untuk Meningkatkan Kinerja Mesin High Speed Wrapping Di Pt. Tes. *Jurnal PASTI*. Vol XII No. 1(1): 50 –62.
- [4] Wohlers TT (2014) Wohlers report 2014: additive manufacturing and 3D printing state of the industry: annual worldwide progress report. Fort Collins, Wohlers Associates.
- [5] Blanchard, S. Benjamin. (1997), An Enhanced Approach for Implementing Total Productive Maintenance in The Manufacturing Environment, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol 3.
- [6] Rupinder Singh, Sunpreet Singh, Iqwinder Preet Singh, Francesco Fabbrocino, Fernando Fraternali, 2017, Investigation for surface finish improvement of FDM parts by vapor smoothing process, *Journal Composites Part B*, 111, 228-234
- [7] Evaluasi Penerapan Total Productive Maintenance (Tpm) Melalui Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (Oee) Untuk Meningkatkan Kinerja Mesin High Speed Wrapping Di Pt. Tes Herry Agung Prabowo , Milla Agustiani, Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jl. Raya Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta 11650.
- [8] Analisis Overall Equipment Effectiveness (Oee) Dalam Meminimalisi Six Big Losses Pada Mesin Produksi Dual Filters Dd07 (Studi Kasus : Pt. Filtrona Indonesia, Surabaya, Jawa Timur) Dinda Hesti Triwardani1), Arif Rahman2), Ceria Fabela Mada Tantrika3) Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya
- [9] Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex Pristiansyah , Hasdiansah , Sugiyarto, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailia.