

PEMBUATAN MESIN PELELEH COKLAT DENGAN MEMODIFIKASI PRODUK AKEBONNO MODEL: 9818 MENGGUNAKAN REVERSE ENGINEERING & ENGINEERING DESIGN (VDI 2221)

Sariputra Wongso¹⁾, Frans Jusuf Daywin²⁾, Lina Gozali³⁾

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara

e-mail: ¹⁾sariputra.545160047@stu.untar.ac.id, ²⁾fransjusuf42@gmail.com, ³⁾linag@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu produsen utama coklat di dunia. Indonesia mampu menghasilkan produk primer dan sekunder dari pengolahan coklat. Produk primer yang dihasilkan berupa biji kakao, sedangkan produk sekunder berupa nata dan bahan baku kompos. Seiring berkembangnya area penanaman coklat di Indonesia, kegiatan produksi coklat di Indonesia juga harus dikembangkan untuk mengoptimalkan proses produksi di Indonesia. Salah satu dari mesin yang digunakan dalam pengolahan produk primer coklat adalah mesin peleleh coklat. Mesin peleleh coklat digunakan untuk mengatur suhu adonan coklat agar kristal lemak dalam coklat tercampur dengan baik dalam coklat, menjaga suhu coklat tetap hangat agar lemak coklat menyusut dengan baik, dan mengatur suhu coklat agar dapat dituang ke dalam cetakan. Produk akebonno model: 9818 merupakan produk yang mampu mengatur suhu adonan coklat agar berada pada titik lebur lemak dalam coklat. Produk ini juga mampu menjaga suhu coklat dalam proses penyusutan lemak pada adonan coklat. Dengan menerapkan reverse engineering, penelitian dapat menentukan fungsi dari setiap komponen yang ada dalam mesin, dan mengembangkan produk agar mampu memudahkan proses produksi.

Kata kunci: perancangan dan pengembangan produk, benchmark, modifikasi, reverse engineering

ABSTRACT

Indonesia is one of the top chocolate producers in the world. Indonesia is capable of producing primary and secondary products of processed chocolate. The primary product of processed chocolate is cacao seeds, while the secondary products as nata and raw material for composts. Along with the growth of Indonesia's chocolate planting area, Indonesia's production activities need to develop as well to optimize Indonesia's process production. One of the machines that is used on processing primary product of chocolate is chocolate melting machine. Chocolate melting machine function to regulate chocolate paste temperature, that mixed fat in chocolate optimally. Chocolate melting machine also needs to keep temperature down for chocolate's fat shrinkage, and to regulate chocolate's temperature for pouring into mold. Akebonno model: 9818 is a product that able to keeps temperature on chocolate paste to mix fat and chocolate. This product can also keep chocolate's temperature for chocolate's fat shrinkage. With reverse engineering applied, this research can describe the function of each component on the machine, and develop a product that will further easier production process.

Keywords: design and development of product, benchmark, modification, reverse engineering

PENDAHULUAN

Makanan dapat dikatakan sebagai penyokong utama makhluk hidup. Makanan merupakan sumber energi yang sangat penting untuk memastikan keberlangsungan makhluk hidup. Makanan yang dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup berbeda dengan makhluk hidup lainnya. Sebagai contoh tanaman memerlukan air, mineral, dan cahaya matahari untuk menjadi sumber energi bagi pertumbuhan tanaman.

Coklat merupakan salah satu tanaman yang dapat dikonsumsi oleh manusia. Tanaman cocoa merupakan tanaman yang memerlukan lingkungan dengan suhu relative tinggi, sekitar 30-32 derajat celcius suhu maksimal tahunan dan 18-21 derajat celcius suhu minimal, disertai dengan tingkat kelembaban yang tinggi, yaitu 100% pada siang hari, dan 70-80% pada malam hari. Permintaan terhadap produk coklat organic terus meningkat, dikarenakan kekhawatiran konsumen terhadap makanan yang aman diproduksi dan isu

lingkungan lainnya yang terus meningkat. Namun, persentase pasar cocoa organic masih sangat kecil dibandingkan dengan total pasar cocoa, yang diperkirakan hanya sebesar 0,5% dari total produksi [1].

Dengan berkembangnya terus menerus industri coklat, produsen juga perlu dilengkapi dengan teknologi yang sesuai untuk menyeimbangi produksi coklat siap diolah. Salah satu cara untuk meningkatkan produksi adalah dengan menggunakan mesin yang membantu proses produksi. Dalam perancangan dan pengembangan mesin, perlu adanya metode-metode yang diterapkan agar mesin yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan pasar.

Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dengan elemen yang saling berhubungan dalam suatu sistem. Ergonomi berasal dari kata *ergon* yang berarti kerja dan *nomos* yang berarti aturan. Ergonomi didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, teknik, manajemen, dan desain/perancangan [2].

Benchmarking adalah proses membandingkan suatu hal untuk mempelajari bagaimana cara untuk mengembangkan proses [3]. Metode penelitian *benchmarking* merupakan metode pengukuran yang banyak digunakan oleh perusahaan untuk meningkatkan berbagai bidang kegiatan termasuk sistem informasi, manajemen mutu, proses pelanggan, supplier manajemen, dan pembelian [4].

Benchmarking alat produksi merupakan suatu proses membandingkan kualitas dan mengukur kegiatan produksi sebagai inspirasi untuk meningkatkan kinerja. *Benchmarking* pada produk dapat dilakukan dengan menentukan produk dengan fungsi serupa dari beberapa pasar. Produk dengan fungsi serupa tersebut akan menentukan harga material, desain, target pasar, dan berbagai spesifikasi produk lainnya yang dapat membantu perencanaan dan pengembangan produk.

Reverse engineering adalah sebuah proses mengekstrak pengetahuan atau mendesain perancangan dari apapun yang dibuat oleh manusia. Konsep ini telah ada sebelum computer dan teknologi modern. *Reverse engineering* dimulai pada awal revolusi industri. Proses *reverse engineering* dilakukan dengan cara membedah perangkat lunak yang sudah ada. Hasil keluaran analisa dari proses ini berupa *requirement* dan desain dari perangkat lunak itu sendiri. Data yang dihasilkan dari analisa tersebut menjadi dasar pembuatan dokumen perangkat lunak [5,6].

Penelitian yang dilakukan oleh Eric J. Bryne, dilakukan studi kasus penggunaan metode *reverse engineering* untuk menghasilkan dokumen desain sebuah perangkat lunak, berbasis bahasa pemrograman Fortran ke bahasa lainnya, dalam kasus ini adalah bahasa pemrograman Ada. Proses utama yang dilakukan adalah menghasilkan informasi desain yang dihasilkan oleh ekstraksi *source code* perangkat lunak dengan bahasa Fortran dan diubah menjadi dokumen desain perangkat lunak tersebut. Kesimpulan yang diambil dari penelitian ini adalah beberapa masalah yang terdapat pada saat melakukan proses *reverse engineering*, seperti pemilahan perbedaan informasi yang didapat dan kapan sebuah perangkat lunak membutuhkan proses *reverse engineering* [6].

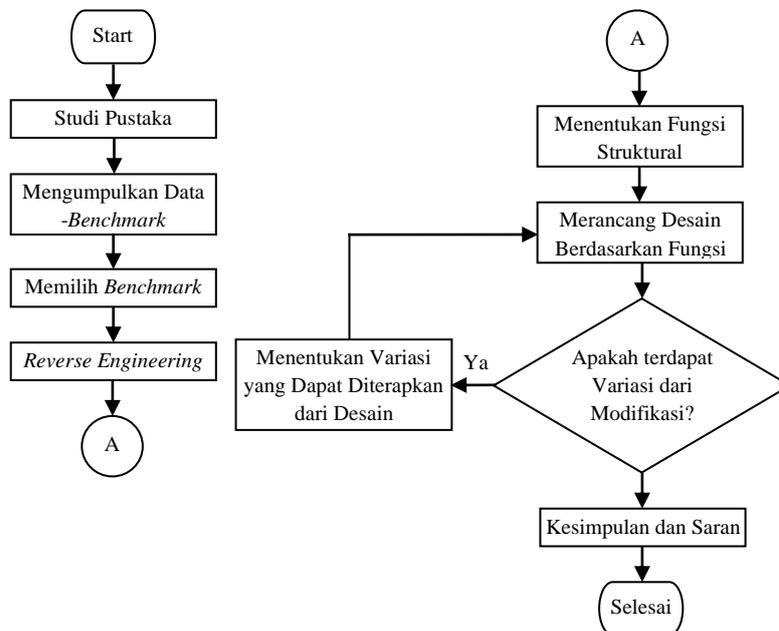
Dengan menerapkan teori *reverse engineering*, maka penelitian ini dapat menentukan kriteria-kriteria komponen yang dibutuhkan untuk membuat mesin peleleh coklat. Setiap komponen yang diperoleh dari *reverse engineering* mempunyai fungsi struktural yang ketika digabungkan menjadi satu produk, dapat menjalankan fungsi yang diinginkan oleh konsumen. Penerapan *reverse engineering* juga dapat melihat adanya kelebihan dan kekurangan dari pemilihan komponen yang digunakan untuk memenuhi permintaan konsumen.

Metode yang digunakan untuk mendesain dari komponen adalah VDI 2221. VDI 2221 didefinisikan sebagai suatu pendekatan dan metode individu untuk konsep desain

produk, sehingga metode ini cocok untuk mengembangkan produk baru. Pendekatan VDI 2221 mengusulkan pendekatan secara umum terhadap system dan produk, dengan penekanan pada bagian mekanik, presisi, kendali, perangkat lunak, dan proses *engineering* [7].

METODE PENELITIAN

Diagram alir metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Penjelasan dari diagram alir metode penelitian adalah sebagai berikut:

1. Studi pustaka
Mengumpulkan teori-teori dasar yang diperlukan dalam perancangan dan pengembangan produk agar dapat menghasilkan produk yang mampu memenuhi kebutuhan di pasar.
2. Mengumpulkan data
Mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian lebih lanjut. Penggunaan *benchmark* dilakukan untuk mengetahui gambaran dari produk saat ini yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pasar.
3. Memilih *benchmark*
Mempertimbangkan *benchmark* yang sesuai dengan tujuan penelitian sebagai bahan untuk *reverse engineering*.
4. *Reverse engineering*
Memisahkan satu komponen dari komponen-komponen lainnya pada *benchmark*.
5. Menentukan fungsi struktural
Mendeskripsikan fungsi-fungsi dari komponen-komponen *benchmark*. Dengan menentukan fungsi struktural, peneliti dapat mengetahui mekanisme yang menghasilkan mesin untuk memenuhi kebutuhan konsumen
6. Merancang desain berdasarkan fungsi
Dari komponen-komponen yang ada ditentukan karakteristik dari setiap fungsi komponen, dan ditentukan komponen yang dapat dimodifikasi untuk menghasilkan karakteristik yang berbeda. Karakteristik tersebut dapat berupa penambahan fungsi, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.
7. Menentukan variasi dari fungsi
Menentukan variasi dari komponen-komponen lainnya yang dapat digunakan untuk memenuhi fungsi struktural dan fungsi tambahan.

8. Kesimpulan dan saran

Menjawab tujuan dari penelitian yang dilakukan, sekaligus menambahkan hal-hal yang dapat menjadi gagasan untuk penelitian berikutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Benchmark adalah proses membandingkan proses bisnis satu atau lebih perusahaan dengan perusahaan lainnya. *Benchmarking* terdiri dari 5 langkah kerja [8]:

- a. Merencanakan performa dari kerja yang ada saat ini
- b. Mencari produk yang mempunyai potensi keuntungan jika digunakan sebagai referensi dalam menerapkan *benchmarking*
- c. Mengumpulkan informasi berupa faktor-faktor yang membuat keuntungan dari produk
- d. Menganalisa informasi mengenai data yang telah dikumpulkan

Coklat dapat dipanaskan dengan menggunakan alat masak pada umumnya, namun jika proses pemanasan tidak dilakukan dengan tepat, coklat dapat menjadi gosong. Coklat yang gosong akan kehilangan aroma dan rasa khas dari coklat. Solusi untuk permasalahan ini adalah dengan menggunakan mesin. Pada saat ini mesin untuk memanaskan coklat yang terdapat di pasaran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Benchmarking*

No	Aspek	Nama Produk		
		Akebonno Chocolate Melter	Chocolatiere	Chocolatiere Double Pan
1	Model			
2	Harga	Rp. 389.000	Rp. 199.580	Rp. 380.000
3	Kapasitas coklat	1000 gram	250 gram	600 gram
4	Dimensi	Tinggi: 13cm	Tinggi: 5 cm	Tinggi: 8,5 cm
		Diameter panci: 15,5 cm	Diameter panci: 8.5 cm	Diameter panci: 10 cm
5	Daya	70 W	20 W	15 W

Dari *benchmark* yang ada, mesin Akebonno Chocolate Melter Model: 9818 digunakan sebagai mesin yang akan dimodifikasi. Penggunaan mesin Akebonno dikarenakan mesin mempunyai kapasitas yang lebih besar, sehingga produk lebih umum digunakan oleh konsumen ataupun pengolah coklat.

Proses modifikasi mesin dimulai dengan melakukan *reverse engineering* [8]. Komponen dari mesin akebonno yang diperoleh dari menggunakan *reverse engineering* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen Mesin Akebonno

Nama	Gambar	Keterangan
1. Sirkuit listrik		Listrik dari stop kontak diarahkan untuk menyalakan lampu dan pemanas. Dua lampu sebagai indikator mode mesin yang menyala. Dua pemanas yang digunakan sebagai pengatur suhu pada wadah coklat. Panjang kabel di luar mesin 80 cm, panjang kabel di dalam mesin hingga pengatur suhu 20 cm. Panjang kabel lampu 15 cm.

Lanjutan Tabel 2. Komponen Mesin Akebonno

Nama	Gambar	Keterangan
2. Tempat pemasangan lampu		<p>Komponen ditempatkan pada bagian luar dan dalam mesin. Komponen disambungkan dengan mesin menggunakan sekrup 10 mm. Tempat pemasangan lampu memiliki 2 lubang kecil untuk meletakkan lampu dari bagian dalam dan mengeluarkan cahaya di bagian luar mesin.</p>
3. Tombol putar		<p>Tombol putar digunakan untuk mengatur temperatur yang dikeluarkan oleh mesin. Mesin dapat menyala dalam 2 mode. Mode pertama adalah mode <i>heat</i> atau memanaskan yang dapat mencapai suhu 57.9 derajat celsius. Mode kedua adalah mode <i>warm</i> yang digunakan untuk menjaga temperatur coklat pada kondisi leleh. Mode <i>warm</i> menjaga coklat pada suhu 44.2 derajat celsius. Diameter tombol adalah 18 mm.</p>
4. Wadah pemanas		<p>Wadah pemanas merupakan wadah yang menempel dengan alat pemanas di bagian dalam mesin. <i>Heater</i> ditempelkan dengan menggunakan lem dan ditahan dengan menggunakan lempengan besi agar tetap melekat. Diameter wadah pemanas adalah 162 mm.</p>
5. Penyangga <i>heater</i>		<p>Penyangga berupa lempengan besi digunakan untuk menjaga posisi <i>heater</i> agar tetap berada di bawah wadah pemanas. Panjang 20 mm dan lebar 32mm.</p>
6. Penyangga utama		<p>Penyangga utama digunakan untuk menyangga wadah pemanas beserta dengan <i>heater</i> agar tidak longgar dan tetap berada pada bagian atas mesin. Panjang penyangga adalah 75 mm lebar 185 mm. Penyangga disambungkan dengan penghubung menggunakan sekrup 15mm</p>
7. Penghubung		<p>Penghubung digunakan untuk menghubungkan penyangga dengan mesin. Penghubung memastikan agar lokasi penyangga tidak berubah dan tidak langsung bersentuhan dengan badan mesin. Penghubung disambungkan dengan badan mesin menggunakan sekrup 10 mm.</p>

Lanjutan Tabel 2. Komponen Mesin Akebonno

Nama	Gambar	Keterangan
8. Badan mesin bagian bawah		Badan mesin bagian bawah digunakan untuk menutup komponen-komponen mesin agar tidak berhubungan langsung dengan lingkungan kerja. Badan mesin bagian bawah juga dihubungkan dengan pengunci kabel agar posisi kabel tidak banyak bergerak ketika mesin digerakkan. Diameter badan mesin bagian bawah adalah 201 mm.
9. Sekrup 18 mm		Sekrup 18 mm digunakan untuk mengunci bagian bawah badan mesin dengan bagian atas badan mesin
10. Badan mesin bagian atas		Badan mesin bagian atas adalah bagian utama yang akan dirakit dengan komponen-komponen lainnya. Diameter badan mesin bagian atas adalah 201 mm
11. Kaki mesin portable		Mesin peleleh coklat memiliki 2 jenis kaki mesin. Jenis pertama merupakan kaki permanen yang melekat pada bagian bawah mesin. Kaki mesin berikut dapat disesuaikan untuk mengatur ketinggian bagian depan mesin, sehingga mesin tetap dapat digunakan pada permukaan tempat kerja yang tidak rata.
12. Wadah coklat		Wadah coklat merupakan tempat untuk meletakkan coklat yang akan dipanaskan. Diameter wadah coklat adalah 155 mm dengan kedalaman 75 mm. Panjang pegangan adalah 110 mm dari wadah dengan lebar pegangan 30 mm

Metode *engineering design* (VDI 2221) dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Mengklarifikasi tugas
- b. Mengidentifikasi konsep desain dan pembentukan desain
- c. Membuat desain detail
- d. Memilih material yang akan digunakan pada desain yang dipilih
- e. Menyesuaikan spesifikasi desain pada *prototype*
- f. Membuat *prototype* dan model 3 dimensi [9]

VDI 2221 digunakan untuk membantu menentukan konsep desain modifikasi mesin terbaik. Dengan menggunakan VDI 2221, maka desain yang diperoleh akan sesuai dengan ekspektasi. Kegiatan menilai kelebihan yang akan dijalankan oleh mesin merupakan kegiatan yang penting untuk menghasilkan mesin terbaik. Kelebihan-kelebihan yang perlu dimiliki oleh desain baru adalah sebagai berikut.

1. Mesin dapat dioperasikan dengan mudah
2. Mesin dapat memroses coklat tanpa menyebabkan cacat
3. Material produksi mudah diperoleh dan aman untuk makanan
4. Mesin mudah untuk dirakit ulang.
5. Mesin aman ketika sedang digunakan
6. Mesin dapat dioperasikan oleh satu orang
7. Mesin tidak memerlukan keahlian khusus dari operator

Dari daftar kelebihan tersebut, dapat dibuat daftar harapan dari produk yang dirancang. Parameter dari daftar harapan akan diklasifikasikan menjadi 2 pilihan, yaitu *demand* (permintaan) dan *wishes* (harapan). Daftar harapan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Daftar Harapan

Parameter	Spesifikasi	D/W
Fungsi	Mampu melelehkan kristal lemak pada coklat	D
	Mampu menjaga suhu sampai suhu pembentukan lemak coklat	W
Geometri	Berat produk kurang dari 3 kilogram	D
	Kapasitas produksi mencapai 2 kilogram	W
Kinematik	Daya yang digunakan mesin 50W	W
	Mesin mudah dirakit ulang	W
Material	Bagian yang dipegang oleh operator tidak menghantarkan listrik	D
	Bagian yang dipegang oleh operator tidak menghantarkan panas	D
	Material pembuatan produk mudah didapatkan	W
Assembly	Komponen yang digunakan dalam pembuatan produk mudah didapat	W
	Pemasangan produk mudah dilakukan	D
	Component produk mudah untuk dipahami	W
Operasi	Produk mudah dioperasikan	D
	Produk aman ketika dioperasikan	D
	Produk hanya dioperasikan oleh 1 operator	D
	Produk tidak memerlukan keahlian atau pengetahuan khusus	D
Perawatan	Perawatan produk mudah dan murah	D
	Produk mudah diperbaiki jika rusak	W
Harga	Harga produk dapat dijangkau oleh usaha kecil menengah	W

Dengan memerhatikan daftar harapan, maka dapat dipertimbangkan konsep-konsep alternatif sesuai dengan daftar harapan. Konsep-konsep alternatif dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Konsep Alternatif

No	Komponen	Informasi	1	2	3
1	Sirkuit listrik	Buy			
2	Tempat pemasangan lampu	Buy		Kaca	Plastik
3	Tombol putar	Buy	Putar	Tekann	
4	Wadah pemanas	Made	1 kg	2 kg	
5	Penyangga heater	Made	Besi	Stainless	
6	Penyangga utama	Made	Besi	Stainless	
7	Penghubung	Made	Besi	Stainless	
8	Badan mesin bagian bawah	Made	Besi	Stainless	Plastik
9	Sekrup 18 mm	Buy			
10	Badan mesin bagian atas	Made	Besi	Stainless	Plastik
11	Kaki mesin portable	Made	Besi	Stainless	Plastik
12	Wadah coklat	Made	Gagang satu	Gagang dua	

Dari Tabel 4, dapat ditentukan variasi konsep alterantif yang ada sebagai berikut:

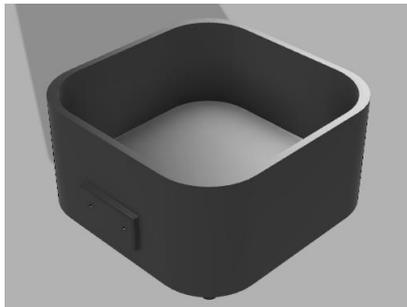
1. Varian pertama : 2.3 - 3.1 - 4.1 - 5.1 - 6.1 - 7.1 - 8.1 - 10.1 - 11.1 - 12.1
2. Varian kedua : 2.3 - 3.2 - 4.1 - 5.1 - 6.1 - 7.1 - 8.3 - 10.3 - 11.3 - 12.2
3. Varian ketiga : 2.2 - 3.1 - 4.2 - 5.1 - 6.1 - 7.1 - 8.1 - 10.3 - 11.2 - 12.1

Dari ketiga varian di atas, dilakukan seleksi dengan menggunakan diagram seleksi. Penggunaan diagram seleksi akan membantu dalam pemilihan varian dengan desain terbaik. Diagram seleksi pada varian dapat dilihat pada Tabel 5 [11].

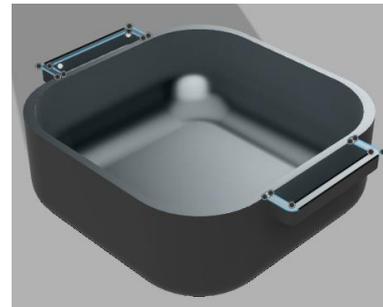
Tabel 5. Diagram Seleksi

Kriteria Seleksi	Pengambilan keputusan dari hasil seleksi									
	+ Solusi dapat dijalankan									
+ Yes	- Solusi tidak dapat dijalankan									
- No	? Perlu mencari informasi lebih lanjut									
? Kurang informasi	! Perlu melihat spesifikasi									
! Cek spesifikasi										
Solution Variant	kompatibilitas terjamin									
	Dapat memenuhi daftar harapan									
	Dapat direalisasikan									
	Biaya masih dalam batasan anggaran									
	Menjamin keamanan kerja									
	Sesuai dengan yang diajukan oleh desainer perusahaan									
	Memiliki informasi yang jelas									
	Pendapat dan alasan				Keputusan					
	V1	+	-	+	+	-	+	+	Badan mesin dari besi, mampu menghantarkan panas, dapat melukai operator	-
	V2	+	+	+	+	+	+	+		+
V3	+	-	+	+	+	-	+	Produk terlalu berat dan memberi kesan tidak nyaman digunakan	-	

Dari diagram seleksi pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa varian kedua merupakan konsep desain terbaik yang dapat digunakan sebagai desain baru. Pembuatan desain produk baru dilakukan dengan menggunakan aplikasi Autocad 360 Fusion. Gambar mesin peleleh dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mesin Peleleh Coklat Alternatif



Gambar 3. Wadah Coklat Alternatif

KESIMPULAN

Dari penelitian dapat dilihat bahwa mengimplementasikan *reverse engineering* terhadap suatu produk dapat menghasilkan sebuah fungsi tambahan dari produk yang dapat memenuhi keinginan konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk yang mampu memberikan hasil produksi yang lebih optimal dan efisien. Desain dari produk akhir merupakan produk yang dapat memudahkan proses penuangan coklat. Penelitian menghasilkan produk dengan kapasitas yang lebih besar dengan ukuran yang serupa, tetapi memiliki luas permukaan yang lebih besar, sehingga dapat memengaruhi harga produksi. Bentuk persegi untuk mesin peleleh juga diasumsikan dapat mengganggu kegiatan pengadukan selama melelehkan coklat. Penelitian ke depannya diharapkan dapat meningkatkan kapasitas dari wadah dan tidak mengganggu kegiatan pengadukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M.T. Montagna, Chocolate, “Food of the Gods”: History, Science, and Human Health, *Int J Environ Res Public Health*, 2019.

- [2]. E. Nurmianto, *Ergonomi, Konsep Dasarnya, dan Aplikasinya*, Jakarta: Guna Widya, 1998.
- [3]. Global, U., & Practice, B., *Strategic Benchmarking Reloaded with Six Sigma*, In *Strategic Benchmarking Reloaded with Six Sigma*, 2012.
- [4]. D. Emulti, “The Perceived Impact of the Benchmarking Process on Organisational Effectiveness,” *Production and Inventory Management Journal*, 3rd Quarter, 39, 1998.
- [5]. C.J. Atmadja, F.J. Daywin, L. Gozali, C.O. Doaly, and A.P. Irawan, “Improving the Capacity of Espresso Machine Using Reverse Engineering Method and VDI 2221 Method,” *IEOM Society International*, 2021.
- [6]. E.J. Byne, *Software Reverse Engineering: A Case Study*, 1991.
- [7]. G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, K.H. Grote, *Engineering Design A Systematic Approach*, Springer, Third Edition, 2007.
- [8]. C. Gunawan, I.W. Sukania, F.J. Daywin, L. Gozali, and W. Kosasih, “Redesign of Smart Trash Bin with Reverse Engineering and VDI 2221 Methods,” *IEOM Society International*, 2021.
- [9]. K.N. Santoso, F.J. Daywin, Adianto, L. Gozali, C.O. Doaly, and A.P. Irawan, “Modification Design of Melanger Machine with Reverse Engineering Method and VDI 2221,” *IEOM Society International*, 2021.
- [10]. V. Michael, A. Halim, and A.P. Irawan, “Design of pick and place and color sorting system using VDI 2221,” *IOP Publishing*, 2020.
- [11]. A.P. Irawan, D.W. Utama, E. Affandi, Michael, and H. Suteja, “Product design of chairless chair based on local components to provide support for active workers,” *IOP Publishing*, 2018.