

Perancangan Mesin Daur Ulang Limbah Masker Tiga Lapis dengan Kapasitas 2,5 kg/Proses

Syafiq Ade Priyatama¹, Undiana Bambang², Devi Eka Septiyani Arifin³

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

E-mail : syafiq.ade.tpk17@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

E-mail : undianabambang@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

E-mail : devi.eka@polban.ac.id

ABSTRAK

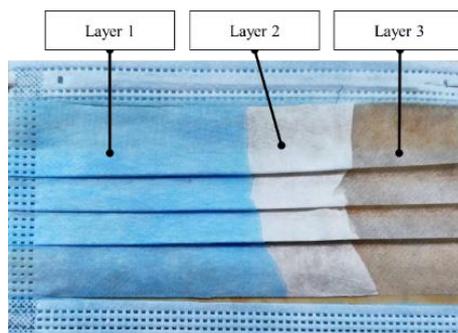
Masker bedah/masker tiga lapis adalah salah satu dari tiga rekomendasi masker dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia yang baik digunakan pada saat pandemi Covid-19. Masker tiga lapis pada bagian filter terbuat dari bahan plastik polipropilena. Apabila limbah masker tiga lapis tidak bijak dalam penggunaannya maka dapat berdampak serius bagi lingkungan karena plastik membutuhkan waktu yang cukup lama untuk terurai oleh alam. Perancangan mesin daur ulang limbah masker tiga lapis diharapkan dapat memberikan solusi agar dapat mengurangi limbah masker tiga lapis. Pada perancangan mesin ini menggunakan metode perancangan dari G. Pahl dan W. Beitz mulai dari tahap perencanaan, tahap konsep perancangan, tahap detail perancangan dan tahap dokumentasi. Hasil dari perancangan ini adalah data perancangan mesin daur ulang limbah masker tiga lapis dengan kapasitas 2,5 kg/proses. Mesin ini menggunakan proses peleburan, pemisahan dan pembentukan. Dimensi dari mesin yang dirancang adalah 890,25x676x1483,5 mm dengan daya yang dibutuhkan untuk menjalankan mesin ini sebesar ± 2 kW. Pada proses pembentukan, mesin ini menggunakan sistem ekstrusi dengan menggunakan *screw conveyor* untuk mengiring dan mengepres lelehan plastik. Kecepatan *screw conveyor* yang digunakan adalah 15 rpm dengan daya motor yang digunakan sebesar 0,5 hp. Hasil dari mesin ini berupa biji plastik berukuran $\varnothing 10 \times 50$ mm.

Kata Kunci

Masker Tiga Lapis, Perancangan, Daur Ulang, Peleburan

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini penyakit Covid-19 dari virus *SARS-COV-2* yang berasal dari Cina sedang mewabah diseluruh penjuru Indonesia. Hal ini sangat berdampak pada aktivitas masyarakat Indonesia. Hingga saat ini tanggal 13 Juni 2021 jumlah terinfeksi yang terkonfirmasi adalah 1.901.490 jiwa [1]. Walaupun sudah ada program vaksinasi, masyarakat Indonesia masih tetap wajib mengikuti protokol kesehatan. Salah satu dari protokol kesehatan adalah masyarakat wajib menggunakan masker pada saat beraktivitas diluar rumah terutama untuk orang yang teridentifikasi memiliki penyakit Covid-19. Masker bedah/masker tiga lapis merupakan salah satu masker yang dianjurkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia [2].



Gambar 1. Bagian-Bagian Masker Tiga lapis

Masker tiga lapis seperti pada Gambar 1. terbuat dari kain *Non-Woven*. Kain tersebut berasal dari serat-serat yang biasanya berbahan dasar dari plastik polipropilena. Pada bagian layer 2 terbuat dari kain hasil proses *melt-blown* karena memiliki kerapatan yang lebih rapat dan pada layer 1 dan layer 3 terbuat dari kain hasil proses *spunbond* [3].

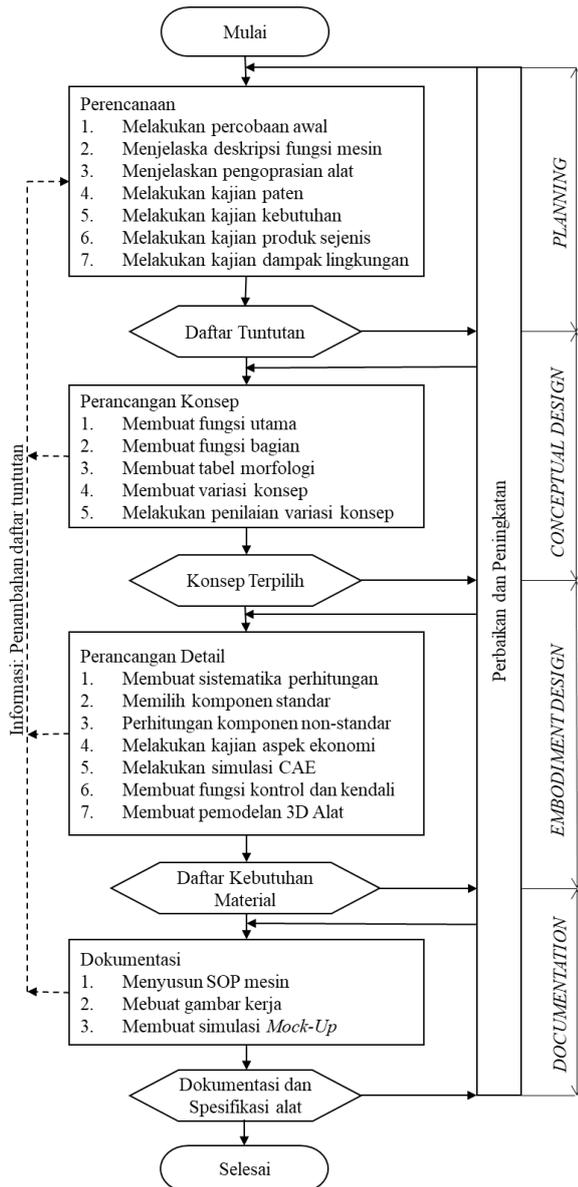
Pada saat ini masker tiga lapis lebih banyak digunakan dikarenakan memiliki kemampuan memfilter partikel hingga 0,1 mikron sehingga banyak disarankan oleh dokter [4]. Jika pengolahan limbah masker tiga lapis tidak ditangani dengan baik maka dapat berakibat buruk bagi lingkungan karena plastik membutuhkan waktu yang cukup lama untuk terurai oleh alam dan dapat berakibat buruk juga bagi manusia karena limbah masker tiga lapis tersebut menjadi sarang penyakit.

Salah satu upaya untuk menangani limbah masker tiga lapis adalah dengan dibuatkan sebuah mesin yang dapat mengolah limbah masker tiga lapis. Melalui penelitian ini dibuatkan rancangan mesin daur ulang limbah masker tiga lapis dengan kapasitas 5 kg/jam. Proses dari mesin tersebut terdapat proses peleburan, proses penyaringan, dan proses pembentukan. Hasil dari mesin

ini adalah sebuah produk seperti biji plastik yang nantinya dapat dijual kembali.

2. METODOLOGI

Proses penyelesaian masalah ini menggunakan metode yang telah dikemukakan oleh Pahl and Beitz [5]. Metode ini memiliki 4 tahap utama yaitu tahap perencanaan, tahap perancangan konsep, tahap perancangan detail dan tahap dokumentasi. Metode ini selanjutnya disesuaikan sehingga dihasilkan metode seperti pada Gambar 2



Gambar 2. Metodologi Perancangan

3. PROSES DAN HASIL PERANCANGAN

3.1 Tahap Perencanaan

Masalah yang dihadapi pada penelitian ini adalah meningkatnya jumlah limbah masker tiga lapis karena masih tingginya penyebaran virus korona sehingga dibutuhkan sebuah alat/mesin yang dapat menurunkan

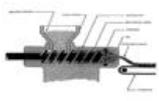
jumlah limbah masker tiga lapis. Pada tahap pertama, dilakukan percobaan melelehkan masker tiga lapis pada suhu 180°C. Hasil dari pengujian tersebut menunjukkan bahwa bagian pelindung hidung dan mulut/filter meleleh sehingga menunjukkan pada bagian tersebut terbuat dari bahan plastik polipropilena sementara untuk bagian tali penyangga telinga tidak meleleh. Limbah masker tiga lapis yang digunakan adalah limbah masker tiga lapis yang belum tercampur dengan limbah lainnya. Setelah itu dilanjutkan dengan melakukan kegiatan sesuai tahapan perencanaan pada metodologi seperti melakukan pembuatan deskripsi fungsi mesin, pengoprasian alat, dan kajian-kajian yang dilakukan untuk menunjang penelitian ini. Hasil dari tahap ini adalah berupa daftar tuntutan. Adapun hasil daftar tuntutan tersebut sebagai berikut

1. Kapasitas dari mesin mampu mendaur ulang limbah masker tiga lapis minimal 2,5 kg dalam satu hari
2. Proses pemisahan bagian kain tiga lapis dengan kawat hidung dan tali penyangga tidak menggunakan tenaga manusia demi menjaga kesehatan pekerja.
3. Limbah masker tiga lapis yang dimasukan kedalam mesin adalah limbah masker tiga lapis yang belum tercampur dengan limbah lainnya.
4. Mudah dirakit dan dibongkar untuk keperluan perbaikan.
5. Mudah untuk dioprasikan.
6. Memiliki fitur disinfektan.
7. Hasil daur ulang limbah masker tiga lapis dapat digunakan kembali.
8. Energi yang digunakan adalah listrik.

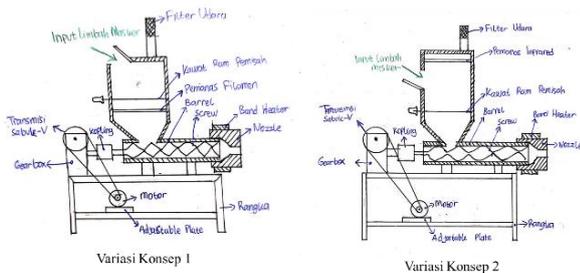
3.2 Tahap Perancangan Konsep

Pada tahap ini, hal pertama yang dilakukan adalah menentukan fungsi utama dari mesin daur ulang limbah masker tiga lapis setelah itu menentukan fungsi bagiannya. Fungsi bagian yang telah ditentukan dibuat alternatif fungsi bagian yang dibuat dalam tabel morfologi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Morfologi

Fungsi	Alternatif 1	Alternatif 2
A. Meleburkan	 1. Pemanas Filamen	 2. Pemanas Infrared
B. Memisahkan	 1. Kawat ram	
C. Membentuk	 1. ekstrusi	

Alternatif solusi dari setiap fungsi bagian digabungkan sehingga menghasilkan variasi konsep terpilih.



Gambar 3. Variasi konsep mesin daur ulang limbah masker tiga lapis

Penilaian dilakukan untuk menentukan variasi konsep yang terpilih dari variasi konsep yang telah dibuat dengan kriteria-kriteria yang telah ditentukan. Kriteria tersebut memperhatikan aspek *user criteria* dan *manufacture criteria* [6]. Selain itu, terdapat factor kriteria teknik vs kriteria ekonomi dalam menentukan variasi konsep terpilih. Hasil dari penilaian ini didapat bahwa variasi konsep 1 lebih unggul dibandingkan variasi konsep 2.

3.3 Tahap Perancangan Detail

Tahapan ini merupakan pemilihan dan perhitungan komponen standar, perhitungan gaya potong lehan polipropilen pada suhu 180 °C, perhitungan kekuatan rangka, dan analisis dari aspek keterbutaan, ekonomi, dan ergonomi.

3.3.1 Pemilihan komponen standar

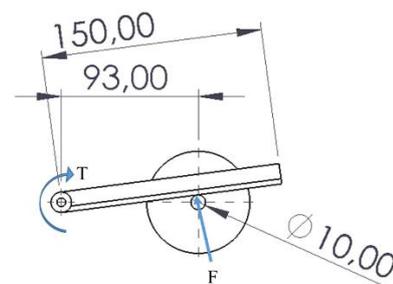
Tabel 2 meruakan komponen standar yang digunakan untuk membuat mesin daur ulang limbah masker tiga lapis.

Tabel 2. Komponen Standar

No	Nama komponen	kebutuhan
1	Elemen pemanas	Daya: 1,5 kW Arus: 220V Panjang elemen pemanas: 250 mm
2	Screw conveyor dan barrel [7].	Diameter screw conveyor: 45 mm Pitch screw convetor: 34 mm Diameter dalam barrel: 45 mm Diameter luar barrel: 55 mm
3	Motor ekstruder	Merek: AERO Daya: 0,5 hp/0,37 kW Tipe: Food mounted (B3) Kecepatan: 1500 rpm Voltase: 220/380 V
4	Gearbox	Merek: AERO Tipe: NVR-075-50 Rasio: 1:50
5	Sabuk-V dan puli [8].	Tipe: A No: 45 Jumlah sabuk: 2 unit Dia. Puli kecil: 65 mm Dia. Puli besar: 130 mm
6	Bearing [8].	SFK 6302
7	Band heater	Daya: 225 Watt Diameter dalam: 70 mm
8	Motor pemotong	Motor DC PG28 Voltasi: 6-24 V Daya: 3 Watt Torsi: 33 kgfcm
9	Filter udara	Tipe: SBJA1 Jenis: carbon aktif

3.3.2 Perhitungan dan pemodelan komponen non-standar

Pisau yang digunakan untuk memotong lehan polipropilen dibuat sendiri.



Gambar 4. FBD Pisau Pemotong

FBD dari pisau pemotong terdapat pada Gambar 4. Gaya potong yang terjadi jika diameter biji yaitu 10 mm dengan kondisi meleleh di suhu 180°C diasumsikan 10 N. Kecepatan putaran pisau dari motor adalah:

$$V_p = \frac{\pi \times d_{pisau} \times n}{60000} \quad (1)$$

$$V_p = \frac{\pi \times 300 \times 320}{60000}$$

$$V_p = 5,264 \times 10^{-4} \frac{m}{s}$$

Torsi motor untuk memutar pisau adalah:

$$T_p = F_p \times \frac{d_{pisau}}{2} \quad (2)$$

$$T_p = 10 \times \frac{300}{2}$$

$$T_p = 1,5 Nm$$

Daya yang dibutuhkan motor untuk memotong lelehan plastik adalah:

$$P_p = F_p \times V_p \quad (3)$$

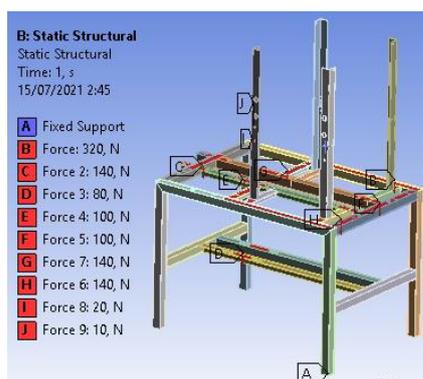
$$P_p = 10 \times 5,264 \times 10^{-4}$$

$$P_p = 5,264 \times 10^{-3} Watt$$

3.3.3 Simulasi Numerik CAE

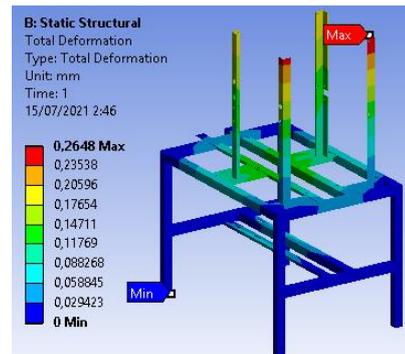
Analisis yang dilakukan hanya pada rangka. Rangka ini diberikan beban pada semua bagian yang menyangga komponen lain berdasarkan tata letak komponen yang membentuk mesin. Analisis dilakukan untuk menguji kekuatan besi kotak hollow dengan dimensi 30 x 30 x 2 mm dan besi L dengan ukuran 30 x 30 x 3 mm yang membuat rangka. Material yang digunakan dalam software ANSYS adalah structural steel. Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis rangka menggunakan software ANSYS.

Setelah itu, menentukan *fixed support* dan tata letak distribusi gaya yang terjadi pada komponen rangka seperti pada Gambar 5.

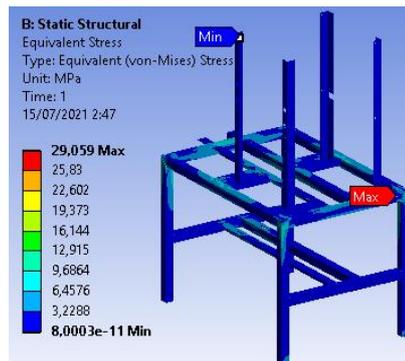


Gambar 5. Pembebanan dan *Support* Pada Rangka

Setelah dilakukan solve analisis pada solidworks. Hasil analisis didapat deformasi total sebesar 0,2648 mm dapat. Deformasi paling tinggi terdapat pada rangka paling atas seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Analisis Deformasi



Gambar 7. Hasil Analisis Ekuivalen

Hasil simulasi didapat nilai tegangan ekuivalen yang terjadi sebesar 29,059 Mpa pada rangka seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7. Perhitungan syarat kuat rangka berdasarkan tegangan ekuivalen yang sudah didapatkan.

Diketahui:

Tegangan ekuivalen (τ) = 29,059 MPa

Material rangka = Struktural stell

Kekuatan Tarik (σ_u) = 460 MPa

Faktor keamanan = 4

- Tegangan geser izin

$$\tau_a = \frac{\sigma_u}{Sf}$$

$$\tau_a = \frac{460}{4}$$

$$\tau_a = 115 MPa$$

- Syarat kuat

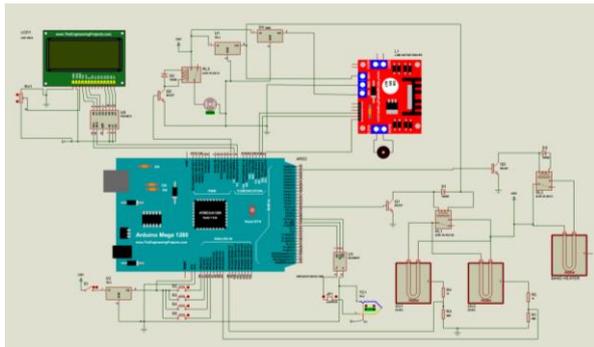
$$\tau \leq \tau_a$$

$$29,059 MPa \leq 115 MPa \text{ (aman)}$$

3.3.4 Kontrol dan Kendali

Kontrol yang digunakan untuk mesin daur ulang limbah masker tiga lapis ini berfungsi untuk menjalankan keseluruhan mesin mulai dari menghidupkan pemanas dan juga menjalankan motor. Cara kerjanya operator akan memutar tuas listrik untuk mengalirkan listrik ke komponen utama. Terdapat dua tombol *push button* hijau yang pertama untuk menghidupkan pemanas pada ruang pemanas dan pada *band heater* dan yang kedua untuk menjalankan motor dc pg28 dan motor ac 0,5hp.

Setiap tombol hijau dilengkapi dengan tombol *push button* merah yang berfungsi untuk menonaktifkan fungsi dari tombol *push button* hijau. Pada ruang pemanas terdapat termokople yang berfungsi untuk mengetahui suhu ruangan tersebut. Setiap informasi dapat ditampilkan pada layar LCD yang terdapat temperatur target pemanas, temperatur pada pemanas, motor aktif atau tidak. Pengaturan fungsi yang di input menggunakan program *coding* Arduino IDE. Gambar 8 merupakan skematik rangkaian sistem kontrol yang digunakan pada mesin daur ulang limbah masker tiga lapis.



Gambar 8. Skematik Rangkaian Kontrol.

3.3.5 Aspek keterbuatan

Aspek manufaktur menunjukkan bagaimana komponen-komponen dari mesin daur ulang limbah masker tiga lapis dibuat sehingga setiap komponen dapat digambarkan secara jelas sebelum menjadi gambar kerja. Perancangan pembuatan mesin dibagi menjadi dua tahap, yaitu *Design For Manufacture* (DFM) dan *Design For Assembly* (DFA). Proses manufaktur yang digunakan dalam pembuatan mesin daur ulang limbah masker tiga lapis adalah pemotongan, pengeboran, milling, pembubutan, tapping, pembengkokkan dan pengelasan. Jumlah komponen yang dibuat ada 27 komponen. Proses assembly dari mesin daur ulang limbah masker tiga lapis terdapat 28 langkah dengan estimasi waktu pengerjaan adalah 1,5 jam.

3.3.6 Aspek ekonomi

Aspek ekonomi ini menjelaskan perkiraan harga untuk membuat mesin daur ulang limbah masker tiga lapis. Biaya tersebut terdiri dari biaya material, biaya komponen standar, dan biaya sewa mesin/alat manufaktur. Harga ini belum ditambah dengan keuntungan apabila dijual di toko. **Error! Reference source not found.** Total harga yang dibutuhkan untuk membuat mesin daur ulang limbah masker tiga lapis adalah Rp. 12.580.200. Harga tersebut disesuaikan dengan harga komponen dan material pada tahun 2021.

3.3.7 Aspek ergonomi

Aspek ergonomi merupakan aspek kenyamanan dan keamanan untuk pengguna dalam menggunakan mesin daur ulang limbah masker tiga lapis. Terdapat dua metode terkenal dalam aspek ergonomi yaitu *Rapid*

Upper Limb Assesment (RULA) dan *Rapid Entire Body Assesment* (REBA). Kedua metode ini menilai risiko ergonomi yang dilakukan oleh operator. Posisi yang dianalisis adalah posisi operator pada saat menjalankan mesin dengan cara menekan tombol yang terdapat pada box panel dan pada saat menuangkan limbah masker tiga lapis kedalam ruang pemanas. Ketinggian dari operator di sesuaikan dengan tinggi rata-rata orang Indonesia yaitu 165 cm.

Hasil analisis RULA diperoleh nilai dengan angka 3 dan dari analisis REBA diperoleh nilai angka 5 untuk posisi operator menjalankan mesin dan hasil analisis RULA diperoleh nilai dengan angka 4 dan dari analisis REBA diperoleh nilai angka 5 untuk operator memasukkan limbah masker kedalam mesin. Hasil tersebut menunjukkan desain dari mesin daur ulang limbah masker tiga lapis memiliki nilai risiko sedang atau medium risk, perlu diinvestigasi lebih lanjut dan diubah jika diperlukan

3.4 Tahap Dokumentasi

1. Spesifikasi



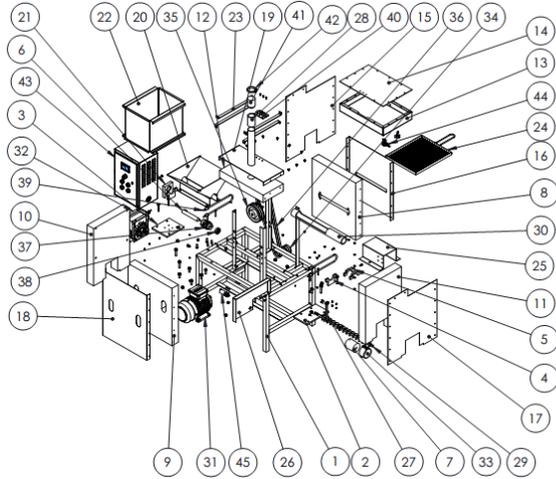
Gambar 9. Tampilan 3D Mesin Dari Berbagai Pandangan

Gambar 9 merupakan tampilan dari mesin yang telah dibuat 3D modelnya. Spesifikasi dari mesin yang dihasilkan mencakup beberapa informasi sebagai berikut.

- 1) Hasil dari mesin dapat menghasilkan biji plastik
- 2) Kapasitas mesin: 2,5 kg/proses
- 3) Dimensi mesin: 890,25 x 676 x 1483,5 mm
- 4) Dimesin biji plastik: Ø10 x 50 mm
- 5) Sistem kendali: semi-otomatis
- 6) Jenis kontrol: Mikrokontroler Arduino
- 7) Daya mesin : ± 2 kW
- 8) Berat mesin : ± 100 kg
- 9) Harga pokok produksi tahun 2021: Rp. 12.580.200

2. Bill Of Material

Gambar 10 merupakan gambar terurai dari mesin daur ulang limbah masker tiga lapis dan Tabel 3 merupakan *Bill of Material* dari mesin daur ulang limbah masker tiga lapis.



Gambar 10. Exploded View Mesin

Tabel 3. *Bill of Material*

No part	Nama part	Bahan	Jumlah	Ukuran (mm)
1	Rangka	ASTM A36	1	700 x 490 x 1000
2	Plat dudukan depan	ASTM A36	1	220 x 130 x 10
3	Plat dudukan belakang	ASTM A36	1	170 x 150 x 10
4	Mounting bawah	ASTM A36	1	100 x 62 x 10
5	Mounting atas	ASTM A36	2	100 x 35 x 10
6	Poros gearbox	ASTM A36	2	Ø 25 x 150
7	Nozzle biji plastik	Kuningan	1	Ø 70 x 80
8	BTA kiri	ASTM C27	1	436 x 65 x 500
9	BTA kanan	ASTM C27	1	436 x 65 x 500
10	BTA belakang	ASTM C27	1	360 x 65 x 500
11	BTA depan	ASTM C27	1	360 x 65 x 500
12	BTA atas	ASTM C27	1	436 x 200 x 65
13	Penutup	ASTM A36	1	436 x 290 x 64
14	Cover penutup	ASTM A36	1	436 x 290 x 1,5
15	Cover BTA belakang	ASTM A36	1	491,2 x 1,2 x 565
16	Cover BTA kiri	ASTM A36	1	441 x 30 x 500
17	Cover BTA depan	ASTM A36	1	491,2 x 1,2 x 565
18	Cover BTA kanan	ASTM A36	1	441 x 30 x 565
19	Cover BTA atas	ASTM A36	1	444,4 x 200 x 330
20	Hopper	AISI 1035	1	335 x 300 x 187
21	Dudukan bearing	ASTM A36	1	97 x 80 x 20
22	Ruang pemanas	AISI 1035	1	354 x 300 x 274
23	Dudukan pemisah	AISI 1035	1	20 x 354 x 20
24	Penyaring masker	ASTM A36	1	532 x 300 x 20
25	Cover band heater	ASTM A36	1	206 x 205 x 110
26	Dudukan motor	ASTM A36	1	348 x 200 x 93,5
27	Pisau pemotong	ASTM A36	1	157 x 14 x 15
28	Selang penyambung	Karet	2	Ø 54 x 80
29	Screw conveyor	Standar	1	Ø 54 x 80
30	Barrel	Standar	1	-
31	Motor listik 0,5 hp	Standar	1	-
32	Gearbox 1:60	Standar	1	-
33	Band Heater	Standar	1	-
34	Puli Ø65 mm	Standar	1	-
35	Puli Ø130 mm	Standar	1	-
36	Belt A26	Standar	2	-
37	Kopling	Standar	1	-
38	Bearing SKF 6302	Standar	1	-
39	Heated oven	Standar	2	-
40	Flat Hinge	Standar	1	-
41	Filter udara	Standar	1	-
42	Hose Clamp	Standar	1	-
43	Box panel	Standar	1	-
44	Pengunci toggle clamp GH-40323	Standar	1	-
45	Motor dc pg28	Standar	1	-
45	Baut Hexagonal M10 x 50 mm	Standar	2	-
46	Baut Hexagonal M6 x 16 mm	Standar	8	-
47	Baut Hexagonal M5 x 50 mm	Standar	5	-
48	Baut tanam (Cone Point) M6 x 8 mm	Standar	4	-
49	Baut tanam (Flat point) M4 x 12 mm	Standar	1	-
50	Mur M5	Standar	4	-
51	Mur M6	Standar	8	-
52	Mur M10	Standar	2	-
53	Baut plus M5 x 6 mm	Standar	26	-
54	Baut plus M5 x 10 mm	Standar	8	-
55	Baut plus M6 x 10 mm	Standar	11	-
56	Baut plus M5 x 30 mm	Standar	6	-
57	Baut plus M3 x 10 mm	Standar	2	-
58	Baut plus M4 x 25 mm	Standar	4	-
59	Pasak 8 x 7 x 22 mm	Standar	1	-
60	Ring M10	Standar	4	-
61	Ring M5	Standar	8	-
62	Arduino Mega1280	Standar	1	-
63	Relay	Standar	2	-
64	LCD Display	Standar	1	-
65	Button	Standar	4	-
66	Termokopel	Standar	1	-
67	Dioda	Standar	2	-
68	Resistor	Standar	4	-
69	Driver motor	Standar	1	-
70	Saklar putar	Standar	1	-
71	Distributor	Standar	1	-
72	Rivet	Standar	100	-
73	Kabel	Standar	10	-

4. PEMBAHASAN

Mesin daur ulang limbah masker tiga lapis memiliki fungsi sebagai alat yang dapat mengubah limbah masker tiga lapis menjadi biji plastik. Proses yang digunakan dalam mesin ini adalah proses peleburan, proses penyaringan, proses pembentukan. Kapasitas dari mesin yang dirancang adalah 2,5 kg/proses dimana dibutuhkan waktu untuk peleburan dan pembentukan selama 30 menit dan dibutuhkan waktu untuk pembersihan pada penyaring masker dari kawat hidung dan tali penyangga selama 5 menit, setelah itu mesin siap digunakan kembali. Hasil biji plastik memiliki ukuran Ø10 x 50 mm.

Limbah masker dimasukkan kedalam ruang pemanas yang memiliki ukuran 325x240x295 mm dengan perkiraan berat limbah masker adalah ±2,5 kg. Elemen pemanas akan melelehkan limbah masker tiga lapis pada suhu 180 °C dengan daya yang dibutuhkan adalah 1,288 kW. Bagian masker yang meleleh adalah bagian filter/kain plastik polipropilen sehingga lelehan tersebut dapat melewati penyaring masker hingga jatuh ke hopper. Bagian kawat hidung dan tali penyangga tertinggal dipenyaring masker karena masih memiliki ukuran yang masih panjang. Lelehan plastik dapat masuk kedalam barel karena bentuk hopper yang mengerucut mengarah ke barrel. Screw conveyor berputar mendorong/mengalirkan lelehan plastic ke ujung barrel dengan kecepatan 15 rpm yang didapat dari putaran output gearbox. Putaran gearbox didapat dari putaran motor yang memiliki daya sebesar 0,37 kW yang ditansmisikan menggunakan sabuk-V dan pulinya dengan perbandingan 1:2. Lelehan plastik dikumpulkan pada ujung barrel hingga penuh sehingga lelehan plastik keluar melewati cetakan yang disambungkan pada ujung barrel. Setelah keluar lelehan plastik tersebut dipotong menggunakan pisau pemotong sehingga terbentuk biji plastik dengan ukuran Ø10 x 50 mm. Pisau pemotong digerakkan menggunakan motor dc PG28.

Perkiraan harga pokok dari mesin daur ulang limbah masker tiga lapis ini adalah Rp. 12.580.200 yang terdiri dari biaya pembelian material, komponen standar, bahan pelengkap, biaya sewa alat, dan biaya perakitan pada tahun 2021. Mesin daur ulang limbah masker tiga lapis dikendalikan dengan kontrol berjenis mikrokontroler Arduino MEGA. Mikrokontroler ini mengendalikan elemen pemanas, motor ac 0,5hp, band heater, dan motor dc pg28 dan juga dapat menampilkan informasi pada layar LCD.

5. KESIMPULAN

Dari keseluruhan proses yang telah dilakukan dimulai dari tahap perencanaan, perancangan konsep, perancangan detail, hingga tahap dokumentasi serta tujuan yang telah dirancang, didapat kesimpulan:

1. Fungsi utama dari mesin daur ulang limbah masker tiga lapis yaitu mendaur ulang limbah masker tiga lapis menjadi produk yang dapat digunakan kembali. Kapasitas dari mesin yang dirancang adalah 2,5 kg/proses. Dalam satu kali proses dibutuhkan waktu 30 menit untuk proses melelehkan masker dan terdapat waktu sekitar 5 menit untuk membersihkan bagian pemisah masker.
2. Dimensi dari alat yang telah dirancang berukuran 890,25 x 676 x 1483,5 mm dengan sumber penggerak motor listrik dengan daya 0,5 hp. Estimasi biaya pembuatan satu buah mesin daur ulang limbah masker tiga lapis sebesar Rp. 12.580.200/tahun 2021.

6. SARAN

Berikut adalah saran yang dapat penulis berikan untuk pengembangan mesin daur ulang limbah masker tiga lapis adalah

1. Dibuatkan alat yang dapat memindahkan limbah masker tiga lapis kedalam mesin agar operator tidak terkena virus atau bakteri pada limbah masker.
2. Dibuatkan sistem pemisahan otomatis antara kain 3 lapis/filter pada masker dengan kawat hidung dan tali penyangga agar mempercepat proses daur ulang.
3. Penambahan kapasitas daur ulang limbah masker tiga lapis dapat dimungkinkan mengingat masih tingginya limbah masker tiga lapis di Indonesia.
4. Pengujian terhadap kualitas hasil biji plastik dari limbah masker tiga lapis.
5. Perbaikan sistem kontrol agar lebih efektif dan efisien agar dapat dijalankan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tim KawalCOVID19, "Informasi Terkini COVID-19 di Indonesia | KawalCOVID19." <https://kawalcovid19.id/> (accessed Jun. 13, 2021).
- [2] Kemenkes RI, "Kemenkes Sarankan 3 Jenis Masker untuk Dipakai - Sehat Negeriku," *Sehatnegeriku.Kemkes.Go.Id*, 2020. <http://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/rilis-media/20200921/2434977/kemenkes-sarankan-3-jenis-masker-dipakai/> (accessed Feb. 22, 2021).
- [3] M. H. Chua *et al.*, "Face Masks in the New COVID-19 Normal: Materials, Testing, and Perspectives," *Research*, vol. 2020, pp. 1–40, Aug. 2020, doi: 10.34133/2020/7286735.
- [4] D. Marhendri, "Fakta Masker Bedah, Lebih Efektif Dibanding Masker Kain dan Masker Buatan Halaman 3 |

merdeka.com,” 2020.
<https://www.merdeka.com/jateng/fakta-masker-bedah-lebih-efektif-dibanding-masker-kain-dan-masker-buatan.html?page=3> (accessed Mar. 10, 2021).

- [5] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, and K. H. Grote, *Engineering design: A systematic approach*, Third Edition. Springer London, 2007.
- [6] D. G. Ullman, *The mechanical design process*, Fourth. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2010.
- [7] *SCREW CONVEYOR COMPONENTSS & DESIGN*, 2.20. Conveyor Eng. & Mfg. Co., 2012.
- [8] Sularso and K. Suga, *DASAR PERENCANAAN DAN PEMILIHAN KOMPONEN ELEMEN MESIN*, Kesepuluh. Jakarta: Pradnya Paramita, 2002.