

RANCANG BANGUN MESIN DISTRIBUSI COR INSULASI PERLIT PADA MODULAR PERTASHOP

Bagus Brillian Putra Kharisma ^{1*}, Tri Andi Setiawan ², Fais Hamzah ³

Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*, 2, 3}

Email: bbrillian5@gmail.com¹

Abstract – State-owned oil and gas companies cooperate with manufacturing companies that have been recommended to make Pertashop modular. PT. INKA Multi Solusi is one of the fabricators that produces Pertashop modular. In 2022 PT. INKA Multi Solusi plans to produce 1000 units the demand for Pertashop needs throughout Indonesia. Pertashop fabrication process at PT. INKA Multi Solusi there are stages of the perlite insulation process on the side between the inner tank and outer tank which is carried out by 6 workers manually, by lifting the results of the cast mixer with a reservoir and then pouring it into the modular. The average time required for perlite insulation is 1 hour 15 minutes, so it is necessary to have an auxiliary machine for the distribution process of perlite insulation concrete to increase production effectiveness. The process of making machines using the Ulrich method starts from identifying consumer needs, determining design concepts, selecting design concepts, carrying out the fabrication process and testing machines. In testing this machine is able to distribute perlite concrete material as far as 2 meters vertically and 2 meters horizontally with an output capacity of 4 kg/minute with a total budget of Rp. 11.849.000,-

Keyword: Design and Manufacture of Machine, Ulrich Method, Perlite Insulation, Concrete Distribution, Manufacturing Process

Nomenclature

L'	= Panjang <i>belt</i> (mm)
C'	= Jarak sumbu poros (mm)
D_p	= Diameter besar (mm)
d_p	= Diameter kecil (mm)
V	= Kecepatan linier <i>belt</i> (m/s)
T	= Momen puntir atau torsi (Nmm)
P	= Daya motor (Watt)
π	= Phi
W	= Beban equivalent (N)
K_s	= <i>Service factor</i>
W_R	= Beban radial (N)
W_A	= Beban aksial (N)
σ_s	= Tegangan statis <i>Belt</i> (N)
Ca	= Faktor koreksi sudut (°)
P_d	= Daya rencana (kW)
Q	= Jumlah <i>belt</i>
M	= Berat <i>belt</i> linier (kg/m)
V	= Volume beban (m ³)
L_H	= Umur <i>bearing</i> (jam)
n	= Jumlah putaran (rpm)
g	= Percepatan gravitasi (m/s ²)
τ_a	= Tegangan geser (kg/mm ²)
σ_b	= Kekuatan tarik (kg/mm ²)
S_f	= Faktor keamanan
K_m	= faktor koreksi keadaan momen lentur
K_t	= faktor koreksi keadaan momen puntir
σ_{ijin}	= Tegangan ijin (MPa)
σ_y	= Tegangan yield (250 MPa)
m	= Massa komponen (kg)

1. PENDAHULUAN

Tingginya permintaan BBM mendorong BUMN bidang minyak dan gas menciptakan terobosan dalam pendistribusian BBM ke seluruh wilayah Indonesia

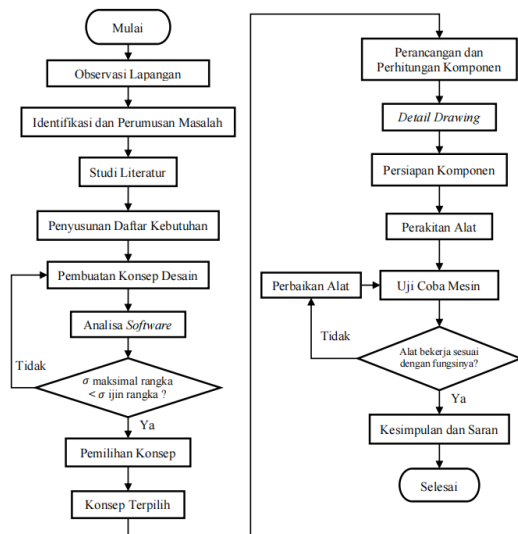
dengan memproduksi modular Pertashop. PT. INKA Multi Solusi merupakan salah satu fabrikator modular Pertashop yang mendapat rekomendasi dari perusahaan BUMN minyak dan gas bumi dengan target produksi sebanyak 1000 unit Pertashop. Proses fabrikasi modular Pertashop di PT. INKA Multi Solusi terdapat proses insulasi perlit yang dilakukan secara manual dengan menuang hasil *mixer* cor dengan bak tampung ke dalam modular Pertashop setinggi 2 meter oleh 2 orang dengan 15-18 kali repetisi, 3 orang meratakan ke dalam modular, dan 1 orang sebagai operator mesin *mixer* dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk insulasi perlit 1 modular adalah 1 jam 15 menit, hal ini dirasa kurang efektif dan adanya pemborosan waktu. Berdasarkan permasalahan di atas, pada penelitian ini mengajukan rancang bangun mesin distribusi cor insulasi perlit menggunakan sistem *screw conveyor* dengan cara kerja mendorong hasil *mixer* cor ke dalam modular Pertashop. Harapannya dengan adanya mesin ini dapat mempercepat proses insulasi perlit dan mereduksi tenaga kerja pada bagian insulasi perlit modular pertashop.

2. METODOLOGI.

2.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan menggunakan metode Ulrich, dimana metode ini dilakukan penyusunan daftar kebutuhan, membuat konsep rencana desain, penyaringan konsep desain, pemilihan konsep, hingga perwujudan desain menjadi produk jadi [6].

2.2 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kajian Produk Existing

Produk existing yang digunakan sebagai referensi adalah produk dari penelitian terdahulu yang digunakan untuk proses distribusi cor beton dengan spesifikasi sebagai berikut [4] :

Tabel 1: Kajian Produk Existing

Aspek	Spesifikasi Produk Existing
Operasional	a) Jangkauan vertikal 4 meter b) Daya tampung 115 liter c) Bobot alat 162 kg
Fungsional	a) Kecepatan output sebesar 0,97 m/menit b) Dimensi mesin 3150 mm x 739 mm x 780 mm
Manufaktur	Proses manufaktur mudah
Biaya	Rp 29.840.500
Perawatan	Perawatan Mudah

3.2 Penyusunan Daftar Kebutuhan

Penyusunan daftar kebutuhan berdasarkan hasil identifikasi studi lapangan dan kebutuhan industri dari proses wawancara dengan pekerja dan karyawan pada PT. INKA Multi Solusi. Daftar kebutuhan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2: Daftar Kebutuhan

Aspek	S / H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
Dimensi	H	Memiliki dimensi yang ringkas (tidak lebih dari area yang tersedia di perusahaan) 3 x 2 meter	Tim Desain
Manufaktur	S	Proses manufaktur mudah	Tim Manufaktur
	H	Mudah dirakit	Tim Manufaktur
Operasional	S	Pengoperasian alat sederhana	Tim Desain
	H	Jangkauan vertikal	Semua Tim

		min. 2,5 m	
Fungsional	H	Mesin mampu mendistribusikan cor perlit ≤ 30 menit	Semua Tim
	H	Daya tampung 50 liter	Semua Tim
Ergonomi	S	Mudah digunakan	Tim Desain
	S	Nyaman dan aman dioperasikan	Tim Desain

Berdasarkan daftar kebutuhan diatas dapat digunakan sebagai acuan dalam pembuatan konsep rancangan desain mesin distribusi cor perlit.

3.3 Pembuatan Konsep Desain

Konsep desain yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada susunan daftar kebutuhan. Penelitian ini direncanakan menggunakan 3 konsep desain. Dari 3 konsep desain tersebut akan dipilih 1 desain terbaik melalui tahapan analisis kriteria pemilihan yaitu, dimensi, manufaktur, operasional, fungsional dan ergonomi dari ketiga konsep desain tersebut.

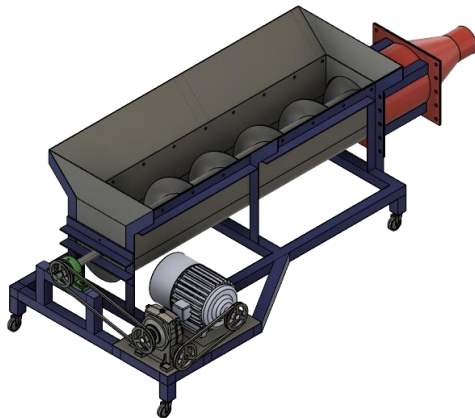
3.4 Penetapan Konsep Desain Terpilih

Penetapan konsep terpilih menggunakan pemilihan konsep dengan model matriks keputusan dengan tahapan penilaian konsep. Dikarenakan hanya ada 3 konsep desain maka tidak diperlukan adanya penyaringan desain. Dari 3 konsep desain yang sudah dibuat dilakukan pemilihan konsep desain yang terbaik.

Tabel 3: Matriks Pemilihan Konsep

		Matriks Penilaian Konsep							
Kriteria Seleksi	Bobot	Konsep Produk dan Existing							
		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Existing	
		R a t e	S k o r	R a t e	S k o r	R a t e	S k o r	R a t e	S k o r
Dimensi	20%	4	0,8	4	0,8	3	0,6	3	0,6
Manufaktur	15%	3	0,45	4	0,6	3	0,45	3	0,45
Operasional	20%	4	0,8	3	0,6	3	0,6	3	0,6
Fungsional	30%	4	1,2	4	1,2	3	0,9	3	0,9
Ergonomi	15%	3	0,45	4	0,6	4	0,6	3	0,45
Nilai Absolut		18	3,7	19	3,8	16	3,2	15	3
Nilai Relatif (%)		26,5	27	27,9	27,7	23,5	23,4	22,1	21,9
Ranking		2		1		3		4	

Berdasarkan dari pemilihan konsep pada Tabel 3.3, dimana konsep desain 2 memiliki nilai tertinggi sehingga konsep desain 2 menjadi acuan dalam proses fabrikasi. Konsep desain 2 dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 2. Konsep Desain Terpilih

3.5 Perhitungan Elemen Mesin

3.5.1 Perhitungan Daya Motor

Daya motor pada mesin ini digunakan untuk memutar *screw conveyor*. Berikut adalah data yang diperlukan untuk perhitungan daya motor.

Diketahui : $T = 42,149 \text{ Nm}$
 $N = 75 \text{ rpm}$

Untuk menghitung daya motor menggunakan persamaan berikut :

$$P = \frac{T \times 2 \times \pi \times N}{60}$$

$$= \frac{42,149 \text{ Nm} \times 2 \times 3,14 \times 75 \text{ rpm}}{60}$$

$$= 334,031 \text{ Watt}$$

Perencanaan daya motor dan faktor koreksi menggunakan persamaan berikut:

$$Pd = Fc \times P$$

$$= 1,5 \times 334,031 \text{ Watt}$$

$$= 501,045 \text{ watt} = 0,501 \text{ Kw}$$

$$= 0,671 \text{ HP} \approx 1 \text{ HP}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka penggerak utama pada mesin ini menggunakan motor listrik 1 phase dengan yang ada dipasaran dengan tenaga sebesar 1 HP dengan putaran motor sebesar 1500 rpm.

3.5.2 Perhitungan Rasio Putaran dan Pulley

Rasio putaran yang dibutuhkan pada mesin ini adalah 75 rpm untuk poros *screw conveyor*. Putaran motor pada mesin ini terlalu tinggi sehingga perlu adanya pengurangan rpm dengan menggunakan *gearbox speed reducer*. Perhitungan penentuan rasio *gearbox* menggunakan persamaan berikut :

$$n_{\text{screw conveyor}} = n_2 \times \frac{1}{x}$$

$$75 \text{ rpm} = 1500 \text{ rpm} \times \frac{1}{x}$$

$$X = \frac{1500 \text{ rpm}}{75 \text{ rpm}}$$

$$= 20$$

Maka rasio *gearbox* yang digunakan pada mesin ini adalah 1 : 20. Karena besarnya output *gearbox* dengan besarnya rpm yang dibutuhkan untuk memutar poros *screw conveyor* maka diameter *pulley* pada *output gearbox* dengan diameter *pulley* pada poros *screw conveyor* besarnya sama.

3.5.3 Perhitungan V-Belt

V-belt pada mesin ini digunakan untuk mentransmisikan daya motor listrik dari motor-*gearbox* dan *gearbox*-poros *screw conveyor*.

a. V-belt 1 (motor - gearbox)

Diketahui :

$$\text{Diameter pulley motor (D1)} = 76,2 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter pulley input gearbox (D2)} = 76,2 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak rencana sumbu poros (a)} = 185 \text{ mm}$$

Dari data diatas dapat ditentukan panjang V-belt dengan menggunakan persamaan berikut :

$$L' = 2.a + \frac{\pi}{2}(D2 + D1) + \frac{(D2-D1)^2}{4.a}$$

$$L' = 2 \times 185 + 1,57(76,2 + 76,2) + \frac{(76,2-76,2)^2}{4 \times 185}$$

$$L' = 370 + 239,268$$

$$L' = 609,268 \text{ mm}$$

Maka V-belt yang digunakan sesuai katalog V-belt dengan tipe section SPA adalah V-belt dengan panjang L = 675 mm, sedangkan jarak sumbu poros yang sebenarnya didapatkan sebesar 217,9 mm.

b. V-belt 1 (gearbox - screw conveyor)

Diketahui :

$$\text{Diameter pulley output gearbox (D1)} = 76,2 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter pulley screw conveyor (D2)} = 76,2 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak rencana sumbu poros (a)} = 270 \text{ mm}$$

Dari data diatas dapat ditentukan panjang V-belt dengan menggunakan Persamaan 2.6 berikut :

$$L' = 2.a + \frac{\pi}{2}(D2 + D1) + \frac{(D2-D1)^2}{4.a}$$

$$L' = 2 \times 270 + 1,57(76,2 + 76,2) + \frac{(76,2-76,2)^2}{4 \times 270}$$

$$L' = 540 + 239,268$$

$$L' = 779,268 \text{ mm}$$

Maka V-belt yang digunakan sesuai katalog V-belt dengan tipe section SPA adalah V-belt dengan panjang L = 800 mm, sedangkan jarak sumbu poros yang sebenarnya didapatkan sebesar 280,4 mm.

3.5.4 Perhitungan Poros

Perhitungan poros pada mesin untuk menentukan diameter poros yang akan digunakan. Material poros

yang akan digunakan yaitu S45C, dan poros direncanakan daya yang ditransmisikan sebesar 1 HP (0.746 kW) dan kecepatan sebesar 1500 rpm. Berikut data yang dibutuhkan :

Dimana :

Daya Motor (Nps)	= 0,334 kW
Kecepatan (n)	= 75 rpm
Faktor Koreksi (Fc)	= 1,5
τ_a	= tegangan geser
σ_b	= 58 kg/mm ² (S45C)
Sf1	= 3
Sf2	= 1,5
Km	= 1,5
Kt	= 1

Langkah - langkah menghitung diameter poros *screw conveyor* sebagai berikut :

a. Menghitung daya rencana :

$$P_d = P \times f_c$$

$$= 0,334 \text{ kW} \times 1,5$$

$$= 0,501 \text{ kW}$$

b. Menghitung persamaan momen :

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n}$$

$$= 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,501}{75}$$

$$= 6506,32 \text{ kg.mm}$$

c. Menghitung poros dengan beban puntir :

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{Sf1 \times Sf2}$$

$$= \frac{58}{3 \times 1,5}$$

$$= 12,9 \text{ kg/mm}^2$$

d. Diameter poros aktual :

$$d_s = \left(\frac{5,1}{\tau_a} \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = \left(\frac{5,1}{12,9} \sqrt{(1,5 \times 54560)^2 + (1 \times 6506,32)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left(\frac{5,1}{12,9} \sqrt{6740117799,94} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 31,9 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan diameter poros diatas maka mesin ini dirancang menggunakan diameter poros 32 mm, ukuran tersebut sudah aman karena telah memenuhi syarat minimal ukuran diameter poros.

3.5.5 Perhitungan Pasak

Menurut (Sularso & K. Suga. 2004) ukuran pasak ditentukan berdasarkan tabel pemilihan poros [5] dan didapatkan ukuran pasak (b × h) adalah (10 × 8) mm dengan panjang pasak minimal 22 mm.

3.5.6 Perhitungan Bearing

Bearing yang digunakan pada mesin ini ada 2 jenis, *ball bearing* dan *tapered roller bearing*

1. Perhitungan *Bearing* 1

Bearing yang digunakan adalah *ball bearing type UCP 204* dengan spesifikasi berikut :

d (diameter dalam)	= 30 mm
A (lebar)	= 45 mm
L (panjang)	= 165 mm
C (kapasitas nominal dinamis)	= 19500 N
Co (kapasitas nominal statis)	= 11200 N
<i>Limiting speed</i>	= 5000 rpm
Beban <i>Equivalent</i> (W)	= 4754,8 N

Berdasarkan data di atas dapat dihitung umur *bearing* dengan persamaan berikut:

$$L_H = \left[\frac{c}{w} \right]^3 \times \frac{10^6}{60.n}$$

$$= \left[\frac{19500}{6541,45} \right]^3 \times \frac{10^6}{60 \times 75}$$

$$= 15328,3 \text{ jam}$$

Jika dalam 1 hari mesin digunakan selama 8 jam kerja, maka :

$$H = \frac{15328,3}{8}$$

$$= 1916,037 \text{ hari}$$

Jadi umur *ball bearing* pada mesin ini dapat bertahan selama 1916 hari

2. Perhitungan *Bearing* 2

Bearing yang digunakan adalah *tapered roller bearing* dengan spesifikasi berikut :

d (diameter dalam)	= 30 mm
D (diameter luar)	= 62 mm
C (kapasitas nominal dinamis)	= 50000 N
Co (kapasitas nominal statis)	= 44000 N
<i>Limiting speed</i>	= 11000 rpm
Beban <i>Equivalent</i> (W)	= 3713,8 N

Berdasarkan data di atas dapat dihitung umur *bearing* dengan persamaan berikut:

$$L_H = \left[\frac{c}{w} \right]^3 \times \frac{10^6}{60.n}$$

$$= \left[\frac{50000}{3713,8} \right]^3 \times \frac{10^6}{60 \times 75}$$

$$= 2662,6 \text{ jam}$$

Jika dalam 1 hari mesin digunakan selama 8 jam kerja, maka :

$$H = \frac{2662,6}{8}$$

$$= 332,825 \text{ hari}$$

Jadi umur *tapered roller bearing* pada mesin ini dapat bertahan selama 332,825 hari

3.6 Pembuatan *Detail Drawing*

Pembuatan *detail drawing* bertujuan untuk mempermudah pekerjaan tim manufaktur dalam proses fabrikasi dan perakitan mesin distribusi cor

perlit. Dalam *detail drawing* terdapat dimensi dan ukuran aktual komponen mesin [3],

3.7 Proses Fabrikasi

Proses fabrikasi dalam pembuatan mesin distribusi cor insulasi perlit ini meliputi proses nesting, bending, grinding, welding, drilling dan machining. Komponen mesin yang membutuhkan proses fabrikasi adalah sebagai berikut :

- 1) *Screw Conveyor*
- 2) Poros *Screw*
- 3) *Conveyor Trough*
- 4) *Hopper*
- 5) Rangka Mesin
- 6) *Extruder Trough*
- 7) *Trough End*

Tahapan selanjutnya setelah tahap fabrikasi selesai adalah proses perakitan dan *finishing* komponen. Tahap tersebut adalah tahap akhir dari proses pembangunan mesin distribusi cor insulasi perlit. Hasil pembuatan mesin dapat dilihat pada Gambar 3. berikut ini :



Gambar 3. Hasil Pembuatan Mesin

3.8 Uji Coba Mesin

Proses uji coba mesin dilakukan dengan cara menggantung selang spiral setinggi 2 meter dan dibentangkan secara *horizontal* sejauh 2 meter, *conveyor trough* mesin distribusi cor insulasi perlit dapat menampung 52 kg material cor perlit. Uji coba dilakukan sebanyak dua kali untuk mendapatkan hasil yang optimal. Hasil yang didapat dapat dilihat pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4 Hasil Uji Coba Mesin

Percobaan 1	Hasil	Waktu
1	10 kg	2 : 31
2	10 kg	2 : 35
Rata - rata		2 : 33

Dari hasil uji coba mesin di atas maka kapasitas luaran mesin distribusi cor perlit dapat dihitung menggunakan berikut :

$$Q = \frac{W}{t}$$

Dimana: Q = kapasitas

W = berat (kg)

t = waktu (menit)

$$Q = \frac{10}{2,5} = 4 \text{ kg/menit}$$

$$Q \text{ per jam} = 4 \times 60 = 240 \text{ kg/jam}$$

Berdasarkan perhitungan hasil uji coba luaran distribusi material cor perlit yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa mesin distribusi cor perlit dapat mendistribusikan secara vertikal sejauh 2 meter dan horizontal sejauh 2 meter dengan luaran 4 kg/menit atau 120 kg ≤ 30 menit.

Hasil analisa keseluruhan hasil uji coba mesin dapat dilihat pada Tabel 5 berikut :

Tabel 3. 5 Hasil Analisa Keseluruhan Uji Coba Mesin

No.	Target	Hasil Uji Coba	Capaian
1.	Distribusi cor vertikal dan horizontal min. 2 meter	Mesin mampu mendistribusikan cor secara vertikal dan horizontal sejauh 2 meter	Berhasil
2.	Kapasitas mesin 50 kg	Mesin mampu menampung material cor 52 kg	Berhasil
3.	Kapasitas luaran distribusi cor 150 kg ≤ 30 menit	Mesin mampu mendistribusikan material cor sebanyak 120 kg dalam 30 menit	Tidak Berhasil

Hasil analisa perbandingan target dan hasil uji coba mesin dapat diketahui bahwa mesin distribusi cor insulasi perlit tidak memenuhi target karena salah satu target tidak tercapai.

3.9 Penyusunan Anggaran Biaya

Anggaran biaya yang dikeluarkan untuk membangun mesin distribusi cor insulasi perlit merupakan anggaran keseluruhan dari total anggaran biaya pembelian bahan baku, biaya pembelian komponen penunjang, dan biaya fabrikasi. Rincian biaya dapat dilihat pada Tabel 6 berikut :

Tabel 6: Rincian Anggaran Biaya

Biaya Pembelian Bahan Baku	Rp. 3.130.000
Biaya Pembelian Komponen	Rp. 2.119.000
Biaya Fabrikasi	Rp. 6.600.000
Total	Rp. 11.849.000

Jadi biaya total yang perlu dikeluarkan untuk membangun mesin distribusi cor perlit sebesar Rp. 11.849.000

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Perancangan mesin dan desain mesin distribusi cor perlit ini dikerjakan dengan bantuan *software* Autodesk Fusion 360, Autodesk AutoCad, dan

- untuk simulasi RULA menggunakan bantuan *software* CATIA v5. Perancangan mesin distribusi cor perlit ini menggunakan metode *ulrich* dengan membuat 3 konsep desain yang masing - masing desain memiliki kelebihan dan kelemahan dengan mempertimbangkan kriteria yang ditetapkan, yaitu dimensi, manufaktur, operasional, fungsional, dan ergonomi. Konsep desain yang telah dibuat, didapatkan desain konsep 2 yang mendapat nilai tertinggi dan memenuhi kriteria kebutuhan sehingga digunakan untuk acuan dalam pembuatan mesin distribusi cor insulasi perlit.
2. Proses pembuatan mesin distribusi cor perlit ini dilakukan dengan tahap perhitungan komponen elemen mesin dari konsep terpilih yang dijadikan acuan dalam perhitungan, selanjutnya dilakukan proses fabrikasi meliputi *nesting*, *cutting*, bubut, *grinding*, *welding*, dan *assembly* sesuai dengan perencanaan yang telah ditentukan.
 3. Berdasarkan uji coba mesin distribusi cor perlit yang dilakukan didapatkan, bahwa mesin dapat mendistribusikan cor perlit secara vertikal sejauh 2 meter dan secara horizontal sejauh 2 meter dengan kapasitas luaran sebesar 4 kg/menit yang berarti kurang memenuhi target yaitu menghasilkan luaran $150 \text{ kg} \leq 30 \text{ menit}$ atau 5 kg/menit.
 4. Biaya produksi yang diperoleh dari perhitungan biaya bahan baku, biaya komponen penunjang, biaya fabrikasi. Rincian biaya pembuatan mesin distribusi cor insulasi perlit secara keseluruhan yaitu biaya bahan baku sebesar Rp. 3.130.000, biaya pembelian komponen penunjang sebesar Rp. 2.119.000, dan biaya jasa fabrikasi sebesar Rp. 6.600.000. Sehingga total biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan mesin ini sebesar Rp. 11.849.000.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Orang Tua penulis, yaitu Bapak Drs. Sunaryoso dan Ibu Wahyu Pujiastuti, S.Pd., M.Pd, serta kakak Elok Brillianti Puspita Patitis, S.T. dan Endri Kurniawan, S.Pt serta seluruh keluarga penulis yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, saran, serta mencukupi semua kebutuhan penulis. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc. Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal. Bapak Pranowo Sidi, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur. Bapak Rizal Indrawan, S.ST., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur. Bapak Tri Andi Setiawan, S.ST., M.T. dan Bapak Fais Hamzah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan dan nasihat. Seluruh Dosen dan Staf Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang memberikan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir.

Seluruh staf dan karyawan PT. INKA Multi Solusi yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat serta membantu pengambilan topik data untuk keperluan Tugas Akhir penulis. Seluruh teman mahasiswa Teknik Desain dan Manufaktur angkatan 2018 yang telah berjuang bersama - sama selama 4 tahun.

7. PUSTAKA

- [1] Batan, I. (2012). *Desain Produk*. Surabaya: Inti Karya Guna
- [2] Khurmi, dan Gupta. (2005). *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- [3] Nugraha, E.D. (2014). *Pengertian Gambar Teknik dan Alat Gambarnya*. Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- [4] Panjaitan, M. H. (2021). *Rancang Bangun Mini Concrete Pump dengan Sistem Screw Conveyor*. Tugas Akhir, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Teknik Desain dan Manufaktur, Surabaya.
- [5] Sularso dan Suga, K. (2004). *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Cetakan Ke. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [6] Ulrich, K., dan Eppinger, S. (2001). *Product Design and Development*. Mc Grawhill.