

RANCANG BANGUN MEKANISME PERGERAKAN CONVEYOR PADA MESIN SORTIR SAMPAH KALENG DAN BOTOL PLASTIK

Pujono¹⁾, Anton Setiawan¹⁾, Dian Prabowo¹⁾

*¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap
Jln. Dr Soetomo No 1, Sidakaya, Cilacap 53212
Email: poejono07@gmail.com*

ABSTRAK

Mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik adalah mesin yang dirancang untuk meminimalisir kesalahan para pemilah sampah dalam melakukan proses penyortiran sampah kaleng dan botol plastik. Mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik terdiri dari dua mekanisme, yaitu mekanisme pergerakan conveyor dan mekanisme pendorong. Proses perancangan mekanisme pergerakan conveyor menggunakan pendekatan metode VDI 2222, software gambar menggunakan solidworks 2017 dan gambar kerja menggunakan standar ISO. Proses produksi pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik dilakukan dengan beberapa proses yaitu : pemotongan, bubut, gurdi, las, perakitan dan finishing. Proses produksi tersebut bertujuan untuk mengetahui waktu proses produksi, biaya pembuatan serta untuk dilakukan analisa fungsi pada mesin tersebut. Rancang bangun menghasilkan conveyor dengan dimensi panjang 1530 mm, lebar 250 mm dan tinggi 130 mm. Hasil perhitungan elemen mesin menggunakan motor DC dengan torsi 15 kg.cm, diameter poros Ø10 mm dan diameter pasak 3 mm. Analisa fungsi dari mesin ini menggunakan tabel ya/tidak. Dalam proses produksi mekanisme pergerakan conveyor membutuhkan waktu proses bubut selama 3,304 jam; proses gurdi selama 3,391 jam; proses las selama 0,75 jam; proses finishing selama 2,616 jam. Mesin ini mampu mengalirkan sampah seberat 25 kg dan mampu memilah sampah kaleng dan botol plastik dengan waktu rata-rata 9 menit, dalam waktu 30 menit mesin ini dapat mensortir sampah kaleng dan botol plastik dengan jumlah rata-rata 277 buah.

Kata kunci: Mesin sortir, conveyor, perancangan, produksi.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sampah dan limbah telah menjadi permasalahan nasional. Masalah sampah sangat terkait dengan pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan perubahan pola konsumsi masyarakat (Badan Pusat Statistik, 2018). Kementerian lingkungan hidup dan kehutanan (KLHK) menyampaikan jumlah timbunan sampah secara nasional sebesar 175.000 ton per hari atau setara dengan 64 juta ton per tahun jika menggunakan asumsi sampah yang dihasilkan setiap orang per hari sebesar 0.7 kg. Timbunan sampah di Kabupaten Cilacap menurut data Sistem Informasi

Pengolahan Sampah Nasional sebesar 250,76 ton per hari dengan komposisi sampah diantaranya, sisa makanan (71,30 %), kertas (13,80 %), plastik (12,7 %), ranting daun (0,21 %), logam (0,19 %), kaca (0,17 %), tekstil (0,15 %), karet kulit (0,05%) dan lainnya (1,36 %) (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020).

Seiring dengan perkembangan zaman, banyak ditemukan produk minuman dalam kemasan yang beredar di masyarakat, baik itu kemasan kaleng maupun botol. Semakin banyak minuman dalam kemasan yang diproduksi maka akan semakin banyak sampah kaleng dan botol yang dihasilkan, sehingga diperlukan proses

daur ulang sampah untuk mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan. Agar memudahkan proses daur ulang hal pertama yang harus dilakukan adalah memisahkan sampah logam dalam bentuk kaleng dan sampah non logam dalam bentuk botol plastik. Proses daur ulang (*recycle*) dilakukan ditempat pembuangan sampah akhir, proses pemilahan sampah masih dilakukan secara manual sehingga masih membutuhkan banyak waktu, tenaga dan tidak efektif. Oleh sebab itu diperlukan sebuah solusi untuk mempercepat dan mempermudah dalam proses pemilahan sampah logam dalam bentuk kaleng dan sampah non logam dalam bentuk botol plastik.

Sampah kaleng dan botol plastik dibedakan berdasarkan jenis materialnya sehingga proses pemilahannya harus dapat membedakan kedua jenis material tersebut. Dalam pemilahan secara manual pasti masih terdapat kesalahan pemilahan karena masih menggunakan tenaga manusia, kondisi seperti ini memberikan ide untuk merancang mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik dengan menggunakan sensor proximity induktif untuk meminimalisir kesalahan dalam hal penyortiran.

Selain menggunakan sensor untuk membedakan material logam dan non logam tersebut, perlu juga sebuah mekanisme untuk mempercepat dalam proses pemilahan. Mekanisme yang digunakan berupa belt conveyor yang digerakan oleh motor DC (*Direct Current*). Dengan adanya mekanisme conveyor tersebut dapat mempercepat proses pemilahan sampah logam dan non logam.

Melihat permasalahan tersebut, maka diperoleh ide untuk menyusun penelitian dengan tema rancang bangun mekanisme pergerakan conveyor pada

mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik.

Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tujuan rancang bangun mekanisme pergerakan conveyor pada mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik adalah: 1) Membuat perancangan mekanisme pergerakan conveyor pada mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik. 2) Menghitung bagian-bagian elemen mesin, antara lain Diameter poros yang diperlukan. Torsi yang dibutuhkan. Diameter pasak yang diperlukan. 3) Menghitung waktu yang dibutuhkan untuk membuat bagian pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik. 4) Melakukan uji fungsi dan uji hasil terhadap mekanisme pergerakan conveyor pada mesin sortir sampah kaleng & botol plastik.

TINJAUAN PUSTAKA

Alat penyortir logam dan non logam bekerja membawa barang logam dan non logam menggunakan sistem conveyor lalu diteruskan kepada sensor *proximity* untuk mendeteksi keberadaan benda logam lalu memberikan sinyal dan menyalakan *solenoid valve* sehingga rangkaian pendorong pneumatik menyala lalu menyortir benda logam pada conveyor. Perancangan conveyor pada trainer ini terdiri dari komponen bergerak dan komponen diam.

Komponen bergerak meliputi roda penggerak dan roda berputar. Roda penggerak dihubungkan dengan sebuah motor *gearbox* DC. Sedangkan komponen diam adalah badan conveyor. Pemilihan bahan pada perancangan conveyor ini menggunakan akrilik dengan ketebalan 4 mm, karena alat penyortir ini nantinya diaplikasikan sebagai media dalam pembelajaran,

maka peneliti merancang conveyor dengan ukuran yang tidak terlalu besar, yaitu dengan panjang 60 cm lebar 4,5 cm dan tinggi 4 cm (Imaddudin, 2016). Alat penyortir logam dan non logam dengan sistem kontrol ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Trainer alat penyortir logam dan non logam (Imaddudin, 2016)

Alat pemilahan barang logam dan non logam menggunakan pneumatik dan motor servo sebagai lengan pemindah barang berbasis *programmable logic controller (PLC)* schneider modicon tm221ce16r, perancangan alat ini membuat miniatur *plant* industri pemilahan benda logam dan non logam menggunakan sensor *proximity* induktif yang berfungsi untuk mendeteksi benda logam pada conveyor, serta lengan robot yang terdiri dari 2 motor servo dan pneumatik untuk memindahkan dan memilah barang jenis logam dan non logam. Sistem kontrol pada mesin ini menggunakan *PLC* sebagai kontrol pneumatik dan *arduino uno* sebagai kontrol dua motor servo. *PLC* dapat mengatur lengan robot dengan mengatur pneumatik dan motor servo *gripper* melalui *digital output* dengan bantuan relay 24 volt serta mengatur pergerakan motor servo penggerak lengan kesudut dimana benda logam dan non logam akan ditempatkan menggunakan analog *output* pada *PLC* (Vernando, 2018).

Alat otomatis pemilah sampah logam dan non logam berbasis *arduino*

uno menggunakan sistem pemilahan sampah logam dan non logam yang dibuat dapat memilah sampah logam dan non logam secara otomatis karena dilengkapi oleh sistem sensor kapasitif *proximity* yang berfungsi untuk mendeteksi sampah logam dan sensor HC= RS04 yang berfungsi untuk mendeteksi sampah yang bukan logam.

Dengan adanya sistem pemilahan sampah otomatis ini, sampah dapat dipilah sesuai jenis sampah yang telah ditentukan seperti sampah logam dan sampah non logam. Prinsip kerja sensor kapasitif *proximity* pada sistem alat berfungsi sebagai pemberi sinyal masukan yang merasakan sampah logam dan sampah non logam. Prinsip kerja sensor HC- SR 04 pada sistem alat berfungsi sebagai pemberi sinyal masukan untuk mengetahui adanya sampah atau tidak berdasarkan jarak penghalang terhadap sensor pada tempat pendeteksian objek. Motor servo menjadi output dari sistem alat yang berfungsi untuk meletakkan sampah pada tempat sampah sebelah kiri atau tempat sampah sebelah kanan berdasarkan hasil pembacaan sensor kapasitif *proximity* dan sensor HC-SR 04 (Penny, 2019). Alat otomatis pemilah sampah logam dan non logam ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Alat otomatis pemilah sampah logam dan non logam (Penny, 2019)

METODOLOGI

Pengenalan Alat dan Bahan

Alat

Beberapa peralatan yang digunakan untuk proses pengerjaan rancang bangun mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik ditunjukkan pada tabel 1 sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Tabel 1.

Alat/mesin yang digunakan		
No	Alat	Kegunaan
1	Solidworks	Membuat konsep desain
2	Mesin Gerinda	Memotong plat dan besi pejal
3	Mesin Bubut	Membuat poros conveyor
4	Mesin Gurdi	Membuat lubang pada komponen mesin
5	Mesin Las	Untuk menyambung komponen pada rangka
6	Mesin Shearing	Untuk memotong plat

Bahan

Beberapa bahan yang digunakan untuk proses pengerjaan rancang bangun mekanisme pergerakan conveyor pada mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik ditunjukkan pada Tabel 2 sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Tabel 2.

Bahan yang digunakan			
No	Bahan	Spesifikasi	Kegunaan
1	Poros baja ST 37	- ST 37 - $\sigma : 37$ kg/mm ² - $\varnothing 19$ mm x 290 mm	poros untuk conveyor
2	Plat baja	- ST 37 - $\sigma : 37$ kg/mm ² - 400 x 400 x 5 mm - 300 x 150 x 3 mm - 1700 X 150 X 1 mm	Sebagai landasan untuk bearing dan, plat pengait dan pembatas conveyor
3	Bearing Kuping	- Tipe : ASB UFL000	Sebagai komponen

4	Belt conveyor	- PVC - 3000 x 200 x 2 mm	pasangan poros conveyor Sebagai transmisi conveyor.
5	Poros Nylon	- Nylon PE - $\sigma : 7.93$ kg/mm ²	Sebagai poros conveyor

Prosedur Perancangan

Metode yang digunakan dalam perancangan mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik yaitu metode VDI 2222. Beberapa prosedur dalam perancangan yang digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada yaitu dengan membuat mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik. Diagram alir proses perancangan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir proses perancangan

Prosedur Perhitungan Elemen Mesin

Rumus perhitungan torsi yang dibutuhkan

Berikut ini merupakan rumus perhitungan torsi yang dibutuhkan pada pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik:

Menghitung gaya yang timbul

$$F = m \times g$$

Keterangan :

F = gaya (N)

m = massa (Kg)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

Menghitung torsi yang dibutuhkan

$$T = F \times r$$

Keterangan:

T = torsi (N.m)

F = gaya yang didapat dari gaya normal (N)

r = jari - jari poros conveyor (m)

Rumus perhitungan diameter poros dengan beban puntir

Berikut ini merupakan rumus perhitungan poros yang akan digunakan pada mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik:

Daya rencana

$$P_d = f_c \times P \text{ (Sularso, 2008)}$$

Keterangan:

P_d = daya rencana (Kw)

f_c = Faktor koreksi

P = daya nominal motor listrik (HP)

Momen rencana

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1} \text{ (Sularso, 2008)}$$

Keterangan:

T = momen rencana (kg.mm)

P_d = daya rencana (kw)

n = putaran poros (rpm)

Perhitungan tegangan geser

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_B}{(Sf_1 \times Sf_2)} \text{ (Sularso, 2008)}$$

Keterangan :

τ_α : tegangan geser yang diizinkan (Kg/mm^2)

σ_B : kekuatan tarik (Kg/mm^2)

Sf_1 : faktor keamanan baja paduan SC

Sf_2 : faktor keamanan konsentrasi tegangan

Perhitungan diameter poros dengan beban punter

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_\alpha} K_t C_b T \right]^{1/3} \text{ (Sularso, 2008)}$$

Keterangan:

d_s = diameter poros (mm)

K_t = faktor koreksi tumbukan

C_b = faktor koreksi lenturan

T = momen puntir rencana (Kg.mm)

Rumus perhitungan diameter pasak

Berikut ini merupakan rumus perhitungan diameter pasak yang akan digunakan pada mesin sortir sampah kaleng dan botol plastic

$$d = \sqrt[2]{\frac{8T \times FS}{D (\pi \cdot S_y)}} \text{ (Sonawan, 2019)}$$

Keterangan:

d = diameter pasak (m)

D = diameter poros (m)

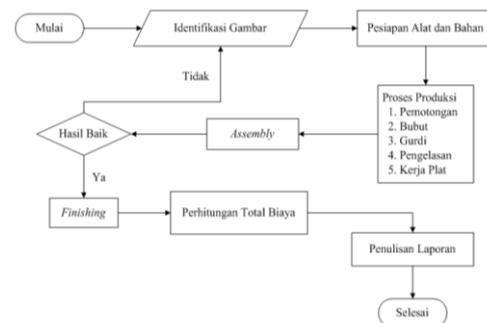
T = Torsi (Nm)

S_y = Kekuatan luluh (N/m^2)

FS = Faktor keamanan

Prosedur proses produksi

Prosedur proses produksi merupakan langkah atau tahapan dalam produksi mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik. Beberapa proses yang dilakukan yaitu proses pemotongan, pembubutan, gurdi, pengelasan dan finishing. Diagram alir proses produksi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir proses produksi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan

Terbagi menjadi 2, yaitu Merencanakan dan mengkonsep.

Merencanakan

Penelitian ini fokus pada perancangan conveyor pada mesin sortir

sampah kaleng dan botol plastik, selanjutnya disusun kebutuhan konsumen terhadap conveyor pada mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik sebagai berikut: a) Conveyor mudah dioperasikan. b) Tidak membahayakan operator. c) Perawatan mudah. d) Conveyor hemat energi. e) Conveyor murah.

Mengkonsep

Meliputi *Established metric unit*, *The needs metrics diagrams*, *Concept*, *Morphological concept*, dan *Scoring concept*.

Established Metric Unit

Perancangan conveyor menyesuaikan dengan tuntutan dari konsumen supaya fungsi tercapai dan tidak berlebihan. Tabel 3 merangkum daftar kebutuhan untuk alat yang akan dibuat.

Tabel 3.

<i>Established metric unit</i>		
No	Needs	Metric
1	a	Operasi satu kendali
2	b,c	Memiliki bentuk alat yang sederhana
3	d	Kebutuhan daya listrik yang rendah
4	e	Material mudah didapat

The Needs Metrics Diagrams

Setelah mengidentifikasi kebutuhan untuk alat yang akan dibuat, selanjutnya menyusun diagram untuk mengetahui kebutuhan yang terkait. *The needs metrics diagrams* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4.

The needs metrics diagrams

No	Tabel Kebutuhan	1	2	3	4
		Operasi satu kendali	Desain sederhana	Daya listrik rendah	Material mudah didapat
1	Conveyor mudah dioperasikan	•			
2	Tidak membahayakan operator		•		
3	Perawatan mudah		•		
4	Conveyor hemat energi			•	
5	Conveyor murah				•

Concept

Kebutuhan alat telah ditentukan selanjutnya didefinisikan sesuai fungsi bagian sehingga menghasilkan beberapa alternatif konsep. Pertimbangan konsep dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5.

Pertimbangan Konsep

No	Fungsi bagian	Konsep		
		1	2	3
1	Kendali	Tombol on off		
2	Motor penggerak	Motor DC	Motor Stepper	Power Window
3	Dudukan poros	Bearing kuping	Bearing duduk	Ball bearing
4	Pembawa botol dan kaleng	Roller Conveyor	Belt Conveyor	Gravity conveyor
5	Material plat pembatas & pengait	Stainless steel	Baja ST 37	Alumunium

Morphological Concept

Selanjutnya setiap alternatif konsep setiap fungsi bagian dihubungkan satu sama lainnya melalui kotak morfologi dan setelahnya dinilai, sehingga menghasilkan alternatif konsep seperti tabel 6.

Scoring Concept

Setelah menghubungkan setiap alternatif konsep yang dipilih, selanjutnya menentukan pilihan konsep yang akan digunakan. Tabel 7 adalah

tabel untuk menentukan konsep yang akan dipilih melalui sistem penilaian berdasarkan kebutuhan alat yang diharapkan. Penilaian tersebut akan menampilkan ranking dari konsep yang terbaik.

Tabel 6.
Alternatif konsep

No	Fungsi bagian	Konsep		
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
1	Kendali	Tombol <i>on off</i>	Tombol <i>on off</i>	Tombol <i>on off</i>
2	Motor penggerak	Motor DC	Motor <i>Stepper</i>	Motor <i>Power Window</i>
3	Dudukan poros	<i>Bearing</i> kuping	<i>Bearing</i> duduk	<i>Ball Bearing</i>
4	Pembawa botol dan kaleng	<i>Belt Conveyor</i>	<i>Roller Conveyor</i>	<i>Gravity conveyor</i>
5	Material plat pembatas & pengait	<i>Stainless steel</i>	Baja ST 37	Aluminium

Ada beberapa konsep yang dihasilkan dari kotak morfologi pada tabel 6. Alternatif konsep tersebut adalah sebagai berikut:

Alternatif konsep 1 : Tombol *on off* + Motor *DC* + *Bearing* kuping + *Belt Conveyor* + Baja ST 37.

Alternatif konsep 2 : Tombol *on off* + Motor *Stepper* + *Bearing* duduk + *Roller Conveyor* + *Stainless steel*.

Tabel 7.
Penilaian konsep

No	Kriteria	Nilai (%)	Alternatif Konsep 1		Alternatif Konsep 2		Alternatif Konsep 3	
			Nilai (1-4)	Hasil	Nilai (1-4)	Hasil	Nilai (1-4)	Hasil
1	Mudah dioperasikan	30	3	0,9	3	0,9	2	0,6
2	Bentuk alat sederhana	25	3	0,75	2	0,5	2	0,5
3	Daya listrik rendah	25	2	0,5	2	0,5	1	0,25
4	Material mudah didapat	20	3	0,6	2	0,4	2	0,4
Nilai Total			2,75		2,3		1,75	
Ranking			1		2		3	

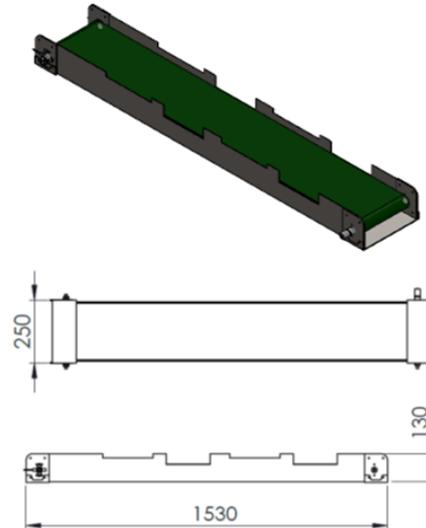
Mengacu pada

Setelah semua konsep ditentukan, kemudian konsep disatukan dan dirancang. Tahapan dalam merancang terbagi menjadi dua yaitu, desain wujud dan desain bagian

Membuat desain wujud

Desain wujud dibuat setelah menentukan konsep yang digunakan

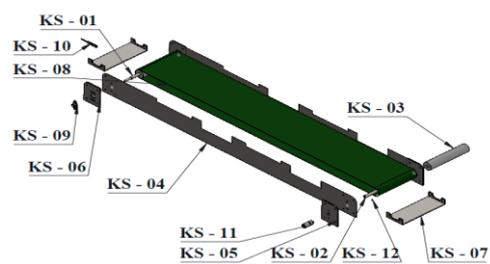
untuk alat tersebut. Desain wujud berupa conveyor yang mempunyai dimensi panjang 1530 mm dan lebar 250 mm. Desain wujud ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Desain wujud conveyor

Membuat Desain Bagian

Setelah desain wujud terpenuhi selanjutnya menentukan bagian-bagian dari alat tersebut agar mudah dipahami. Berikut merupakan bagian-bagian dari rancangan mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Bagian-bagian rancangan pergerakan conveyor

Tabel 8.
Bagian-bagian rancangan pergerakan conveyor

Jml	Nama part	Bahan	Kode
1	Poros conveyor 1	Baja ST 37	KS - 01
1	Poros conveyor 2	Baja ST 37	KS - 02
1	Poros conveyor 3	Nylon	KS - 03
2	Plat pembatas conveyor	Baja ST 37	KS - 04
2	Plat dudukan bearing 1	Baja ST 37	KS - 05
2	Plat dudukan bearing 2	Baja ST 37	KS - 06
2	Plat pengait	Baja ST 37	KS - 07
1	Belt conveyor	PVC	KS - 08
3	Bearing kuping	-	KS - 09
2	Adjuster belt conveyor	-	KS - 10
1	Motor DC	-	KS - 11
1	Pasak pin	Baja ST 37	KS - 12

Penyelesaian

Penyelesaian merupakan proses akhir dalam metode perancangan yang telah digunakan sebagai acuan agar dalam perancangan lebih terarah, setelah desain wujud dan desain bagian mesin terselesaikan. Dalam tahap penyelesaian melakukan tahapan pembuatan gambar detail dan perhitungan elemen mesin dan menyiapkan dokumen untuk produksi.

Tabel 9.
Spesifikasi motor DC

No	Spesifikasi
1	Torsi 15 Kg.cm
2	Tegangan motor 12 V
3	Arus 2,5 A
4	Daya motor listrik 0,03 kW
5	Kecepatan putaran 250 rpm

Perhitungan Bagian-Bagian Elemen Mesin

Perhitungan bagian-bagian elemen mesin pada mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng

dan botol plastik meliputi perhitungan diameter poros, perhitungan torsi minimal motor listrik dan perhitungan pasak. Perancangan mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik menggunakan motor listrik DC dengan spesifikasi seperti pada tabel 9.

Perhitungan Perencanaan Poros

Perhitungan perencanaan poros digunakan perhitungan poros dengan beban puntir murni, karena poros meneruskan daya secara langsung. Berikut ini merupakan tahapan perencanaan poros pada conveyor.

Perhitungan Daya Rencana

Perhitungan poros ini diambil daya normal sebagai daya rencana dengan faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan 1,0 didapat dari tabel 10 (Sularso 2008).

Tabel 10.
Faktor- faktor koreksi daya

Daya yang akan ditransmisikan	f_c
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya normal	1,0 – 1,5

Besarnya daya rencana dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_d = f_c \times P$$

P_d = faktor koreksi \times daya yang ditransmisikan (kW)

$$P_d = 1,0 \times 30 \text{ watt}$$

$$P_d = 0,03 \text{ kW}$$

Perhitungan Momen Puntir Rencana

Output putaran n_1 adalah 250 rpm dan daya rencana $P_d = 0,03$ kW. Menghitung momen puntir rencana dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{0,03 \text{ kW}}{250}$$

$$T = 116,88 \text{ Kg.mm}$$

Perhitungan Tegangan Geser Yang Diijinkan

Material yang digunakan pada bagian poros conveyor adalah poros batang baja ST 37 dengan kekuatan tarik (σ_b) = 37 kg/mm². Perhitungan tegangan geser pada poros dibutuhkan faktor keamanan (Sf_1) dan konsentrasi tegangan (Sf_2) yang dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11.

Harga Sf_1 dan Sf_2 (Sularso, 2008)

Jenis bahan	Sf_1	Sf_2
Bahan SF dengan kekuatan yang dijamin	5,6	1,3 – 3,0
Bahan S-C dan baja paduan	6,0	1,3 – 3,0

Menghitung tegangan geser yang diijinkan dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{Sf_1 \times Sf_2} = \frac{\text{Kekuatan tarik}}{\text{Faktor keamanan} \times \text{Konsentrasi tegangan}}$$

$$\tau_a = \frac{37 \text{ Kg/mm}^2}{6,0 \times 3,0}$$

$$\tau_a = \frac{37 \text{ Kg/mm}^2}{18}$$

$$\tau_a = 2,05 \text{ Kg/mm}^2$$

Perhitungan Diameter Poros

Poros yang digunakan sebagai poros pada conveyor adalah poros beban puntir dengan:

Faktor Koreksi Momen Puntir (K_t) = 1

Menghitung diameter poros terlebih dahulu meninjau keadaan momen puntir, faktor ini dinyatakan dengan K_t . Nilai momen puntir ditentukan dari tabel momen puntir yang dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Faktor koreksi momen puntir (Sularso, 2008)

Beban yang dikenakan	K_t
Halus	1,0
Sedikit kejutan atau tumbukan	1,0 – 1,5
Kejutan atau tumbukan besar	1,5 – 3,0

Faktor Lenturan (C_b) = 2

Meskipun dalam perkiraan sementara ditetapkan bahwa beban hanya terdiri atas momen puntir saja, perlu ditinjau pula apakah ada kemungkinan pemakaian dengan beban lentur dimasa mendatang. Faktor lenturan (C_b) dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13.

Harga faktor C_b (Sularso, 2008)

Pembebanan	C_b
Diperkirakan terjadi beban lentur	1,2 – 3,0
Diperkirakan tidak terjadi beban lentur	1,0

Keterangan:

- ✓ Momen puntir rencana (T) = 116,88 Kg.mm.
- ✓ Tegangan geser yang diizinkan (τ_a) = 2,05 kg/mm²

Jadi untuk menghitung diameter poros pada bagian conveyor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$d_s \geq \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{1/3}$$

$$d_s \geq \left[\frac{5,1}{2,05} \times 1 \times 2 \times 116,88 \right]^{1/3}$$

$$d_s \geq \sqrt[3]{581,549}$$

$$d_s \geq 8,35 \text{ mm}$$

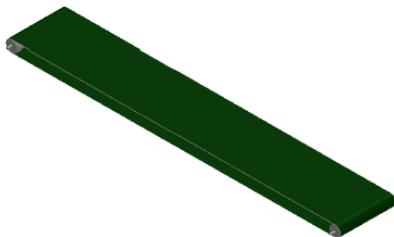
Diameter poros minimal yang diizinkan adalah 8,35 mm, maka digunakanlah poros diameter 10 mm menyesuaikan dengan diameter bantalan kuping yang ada dipasaran yaitu 10 mm.

Perhitungan Torsi Yang Dibutuhkan

Berikut ini merupakan tahapan untuk menentukan torsi yang dibutuhkan pada mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

Perhitungan Gaya Yang Timbul

Komponen pergerakan conveyor yang digerakan oleh motor diantaranya : poros, *belt* conveyor dan sampah kaleng dan botol maksimal. Komponen gerak ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Komponen gerak mekanisme conveyor

Massa dari komponen gerak mekanisme conveyor setelah disimulasikan dengan *software solidworks* 2017 yaitu sebesar 3715,67 grams atau 3,715 Kg. Kapasitas maksimal kaleng dan botol plastik yang dibawa conveyor 0.5 Kg. Poros conveyor yang bergerak memiliki jari-jari 25 mm.

Diketahui :

Massa total = massa komponen gerak mekanisme conveyor + kapasitas maksimal kaleng dan botol plastik yang di bawa conveyor.

$$\text{Massa total} : 3,715 \text{ Kg} + 0,5 \text{ Kg} = 4,215 \text{ Kg}$$

$$F : m (\text{Kg}) \times g (\text{m/s}^2)$$

$$F : 4,215 \text{ Kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 42,15 \text{ N.}$$

Perhitungan Torsi Yang Dibutuhkan

Menghitung torsi motor yang di butuhkan yaitu $F = 42,15 \text{ N}$ dan $r = 0.025 \text{ m}$

Diketahui :

$$F = 42,15 \text{ N}$$

$$r = 0,025 \text{ m}$$

$$T = F \times r$$

$$T = 42,15 \text{ N} \times 0.025$$

$$m = 1,05375 \text{ N.m}$$

Hasil perhitungan torsi yang dibutuhkan yaitu 1,05375 N.m atau 10,5 Kg.cm sedangkan torsi motor listrik yang digunakan sebesar 15 Kg.cm, maka dapat disimpulkan bahwa torsi motor listrik yang digunakan lebih besar dari torsi yang dibutuhkan.

Perhitungan Pasak

Pasak digunakan sebagai penghubung putaran antara poros conveyor dengan motor penggerak. Perhitungan yang digunakan hanya untuk menentukan diameter minimal pasak, pasak yang digunakan adalah jenis pasak pin. Jadi untuk menghitung diameter pasak dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$d = \sqrt[3]{\frac{8T \times FS}{D (\pi \cdot s_y)}}$$

Diketahui :

$$D = 15 \text{ mm}$$

$$T = 1,05 \text{ Nm} = 1.053 \text{ Nmm}$$

$$S_y = 340 \text{ Mpa} = 340 \text{ N/mm}^2$$

$$FS = 5$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{8T \times FS}{D (\pi \cdot s_y)}}$$

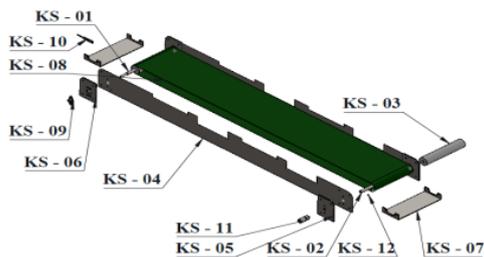
$$d = \sqrt[3]{2,63 \text{ mm}^3}$$

$$d = 1,62 \text{ mm}$$

Diameter pasak pin minimal yang digunakanlah adalah 1,62 mm, maka digunakan pasak pin dengan diameter 3 mm.

Proses Produksi

Proses produksi mekanisme pergerakan conveyor pada mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik yang harus dilakukan yaitu proses bubut, gurdi, las, *assembly* dan *finishing*.

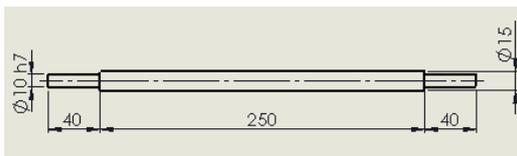


Gambar 8. Bagian –bagian pergerakan conveyor

Gambar bagian-bagian pergerakan conveyor memiliki beberapa bagian yaitu poros, plat pembatas, plat dudukan *bearing* dan plat pengait. Masing-masing bagian terdapat komponen yang proses pengerjaannya dilakukan dengan proses pemesinan, pengelasan serta *finishing*.

Perhitungan Waktu Proses Bubut

Proses pembubutan komponen pada mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik menggunakan mesin bubut konvensional, *raw material* yang digunakan memiliki ukuran $\varnothing 19$ mm. Ukuran poros conveyor 1 ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Ukuran poros conveyor

Perhitungan waktu proses bubut terbagi menjadi dua yaitu waktu non produktif dan waktu produktif. Total waktu yang dibutuhkan untuk proses

bubut komponen pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik yaitu 198,294 menit atau 3,304 jam.

Perhitungan Waktu Proses Gurdi

Proses pembuatan lubang pada komponen mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik menggunakan mesin gurdi. Perhitungan waktu gurdi terbagi menjadi dua yaitu waktu non produktif dan waktu produktif. Total waktu yang dibutuhkan untuk proses gurdi komponen pergerakan conveyor pada mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik yaitu 203,482 menit atau 3,391 jam.

Perhitungan waktu proses pengelasan

Proses pengelasan pada mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik menggunakan las listrik.

Berikut perhitungan proses pengelasan.

Total panjang las= 210 mm

Panjang las perbatang elektroda= 110 mm/batang

Waktu las perbatang elektroda= 2,5 menit/batang

Jumlah elektroda = total panjang las/panjang las perbatang elektroda = $210 \text{ mm} / 110 \text{ mm} = 1,90 \approx 2$ batang

Waktu pengelasan= jumlah elektroda \times waktu pengelasan perbatang elektroda = $2 \times 2,5$ menit = 5 menit.

Total waktu pengelasan untuk seluruh rakitan adalah 0,75 jam.

Perhitungan Waktu Proses Finishing

Waktu yang diperlukan untuk proses finishing adalah 157 menit (2,616 jam). Proses *finishing* yang berupa pelapisan permukaan benda kerja dengan

menggunakan cat sebagai penghambat laju korosi suatu struktur dan membuat benda tersebut lebih menarik. Proses cat dilakukan menggunakan *spray gun*, alat ini memiliki prinsip kerja yaitu merubah cairan cat menjadi butiran halus (pengkabutan) dengan bantuan udara bertekanan yang selanjutnya disemprotkan ke permukaan benda kerja secara merata (Kasatriawan, 2012).

Uji Fungsi

Beberapa parameter yang digunakan untuk melakukan uji fungsi pada mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik ditunjukkan pada tabel 14.

Tabel 14.
Parameter uji fungsi

No	Uraian	Berfungsi		Keterangan
		Ya	Tidak	
1	Apakah rangka mekanisme pergerakan conveyor berfungsi dengan baik?	√		Berfungsi
2	Apakah pergerakan conveyor dapat berjalan dengan lancar?	√		Bergerak dengan baik

Uji Hasil

Pengujian hasil yang dilakukan pada mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik menggunakan 1 karung sampah kaleng dan botol plastik dengan berat 25 kg.

Tabel 15.
Hasil Uji

Percobaan Ke-	Waktu (menit)
1	9
2	10
3	9
4	8
5	9



Gambar 10. Grafik hasil uji

Hasil ini menunjukkan bahwa konveyor dapat berfungsi dengan baik, karena mampu mengalirkan sampah seberat 25 kg dan mampu memilah sampah kaleng dan botol plastik dengan waktu rata-rata 9 menit.

Pengujian kedua dilakukan dengan menyortir sampah kaleng dan botol plastik dan dibatasi waktu selama 30 menit. Hasil uji dapat dilihat Tabel 16.

Tabel 16
Hasil Uji

Percobaan Ke-	Waktu penyortiran	Jumlah sampah kaleng dan botol yang tersortir
1	30 menit	279
2	30 menit	275
3	30 menit	275
4	30 menit	280
5	30 menit	278



Gambar 9 Grafik hasil uji

Hasil ini digunakan untuk melakukan validasi terhadap kemampuan konveyor melewati sampah kaleng dan botol plastik. Hasil menunjukkan bahwa dalam waktu 30 menit mesin ini dapat mensortir sampah kaleng dan botol plastik dengan jumlah rata-rata 277 buah.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil rancang bangun mekanisme pergerakan conveyor mesin sortir sampah kaleng dan botol plastik didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan mekanisme pergerakan conveyor berhasil dilakukan dengan menggunakan pendekatan metode VDI 2222.
2. Perhitungan elemen mesin dapat diketahui:
 - a. Diameter poros minimal yang diizinkan \varnothing 8,35 mm dan diameter poros yang digunakan adalah \varnothing 10 mm.
 - b. Torsi yang diperlukan 10,5 Kg.cm dan menggunakan motor DC dengan spesifikasi torsi 15 Kg.cm
 - c. Diameter pasak minimal yang diizinkan \varnothing 1,62 mm dan diameter pasak yang digunakan adalah \varnothing 3 mm.
3. Uji fungsi dan uji hasil mekanisme pergerakan conveyor didapat hasil baik karena pergerakan conveyor bergerak dengan lancar dan dapat membawa sampah kaleng dan botol plastik ke tempat pemilahan sampah kaleng dan botol plastik.

Saran

Pada mesin ini diperlukan pengembangan dan pengujian secara terus menerus, adapun saran untuk perbaikan mesin ini diantaranya:

1. Gunakan sensor dengan jarak deteksi yang jauh.
2. Perawatan secara berkala pada mesin sangat dibutuhkan sebagai kelangsungan umur mesin tersebut supaya dapat dipergunakan dengan baik.

3. Menggunakan transmisi untuk meneruskan daya motor penggerak ke poros agar motor penggerak lebih awet digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. 2018. *Pengelolaan Sampah di Indonesia Tahun 2018*. Jakarta Pusat: Badan Pusat Statistik.
- Imaddudin, Muhammad. 2016. *Rancang Bangun Trainer Alat Penyortir Barang Logam Dan Non Logam Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Kuliah Dasar Sistem Kontrol*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Kasatriawan, A. D. 2012. *Proses Pembuatan Rangka Pada Mesin Perajang Sampah Organik Sebagai Bahan Dasar Pupuk Kompos*. Proyek Akhir. Yogyakarta: UNY.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020, *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. <http://sipsn.menlhk.go.id/>. Diakses pada tanggal 29 Februari 2020.
- Penny, Silitonga. 2019. *Alat Otomatis Pemilah Sampah Logam dan Non Logam Berbasis Arduino Uno*. Tugas Akhir. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga. 2008. *Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradya Paramita.
- Vernando, P. M. I. 2018. *Rancang Bangun Pemilahan Barang Logam Dan Non Logam Menggunakan Pneumatik Dan Motor Servo Sebagai Lengan Pemindah Barang Berbasis PLC Schneider Modicon Tm221ce16r*. Tugas Akhir. Semarang: Universitas Diponegoro.