

Otomatisasi Pengisian Runner Plastik Polyethylene dengan Autoloader Conveyor

Moric Omachi^a, Rinji Rahadiansyah^a, Shanti Kumbarasari^{a*}

^a Politeknik Industri ATMI

* Email: shanti_kumbarasari@polinatmi.ac.id

Diterima : 10-06-2024

- Direview : 15-06-2024

- Diterbitkan : 30-06-2024

Intisari

Pada proses produksi plastik *polyethylene* (PE) dengan cetakan dua *plate*, dihasilkan *runner* (bagian plastik yang tidak digunakan) yang perlu didaur ulang. Selama ini pemindahan *runner polyethylene* ke mesin *granulator* untuk dicacah dan didaur ulang dilakukan secara manual, yang beresiko menyebabkan kelelahan dan cedera bagi operator. Maka diperlukan pemasangan *material handling autoloader conveyor* untuk memindahkan *runner polyethylene* secara otomatis dengan spesifikasi yaitu dimensi bak penampungan *runner* 1150 x 987 x 924 mm³, dimensi konveyor: 1150 x 2021 x 2254 mm³, kemiringan konveyor 45°, jenis *belt conveyor* adalah *flat belt* plastik dengan panjang *belt* 2,5 meter berdiameter 164 mm. Sumber penggerak: motor AC 1,5 HP, 1,1 kW, 4 pole, 1390 rpm with MCB: 6 Ampere. Untuk part otomatisasi menggunakan *sensor proximity* yang berfungsi alat pendeteksi perubahan jarak terhadap pada suatu benda tanpa adanya kontak fisik. Penggunaan *autonics proximity sensor AC 2 Wire PR 12-4AC* untuk mengidentifikasi posisi hoper dalam posisi kosong atau penuh terisi material. Pemasangan *material handling autoloader conveyor* merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan pemindahan *runner polyethylene* secara manual, sehingga dapat meningkatkan optimalitas proses daur ulang, keamanan, dan kesehatan pekerja di pabrik.

Kata Kunci : *Material Handling; Runner; Daur Ulang; Otomatisasi; Autoloader Conveyor; Mesin Granulator*

Abstract

In the *polyethylene* (PE) plastic production process with a two-plate mold, a *runner* (unused plastic part) is produced which needs to be recycled. Currently, the transfer of *polyethylene runners* to the *granulator* machine to be shredded and recycled is done manually, which carries the risk of causing fatigue and injury to operators. So it is necessary to install a *material handling autoloader conveyor* to move *polyethylene runners* automatically with specifications, namely dimensions of *runner storage tank* 1150 x 987 x 924 mm³, conveyor dimensions: 1150 x 2021 x 2254 mm³, conveyor slope 45°, type of conveyor belt is a plastic flat belt with belt length 2.5 meters, diameter 164 mm. Drive source: AC motor 1.5 HP, 1.1 kW, 4 pole, 1390 rpm with MCB: 6 Ampere. For automation parts, we use a *proximity sensor* which functions as a tool to detect changes in distance to an object without any physical contact. The use of *AC 2 Wire PR 12-4AC autonics proximity sensors* to identify the position of the hoper in an empty position or full of material. Installing a *material handling autoloader conveyor* is one solution to overcome the problem of manually moving *polyethylene runners*, thereby increasing the optimality of the recycling process, safety and health of workers in factories.

Keywords: *Material Handling; Runner; Recycling; Automation; Autoloader Conveyor; Granulator Machine*

1. Pendahuluan

Untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produk dalam mencapai *customer value* maka perlu adanya pengendalian penggunaan sumber daya produksi serta improve secara kontinyu di berbagai aktivitas lini perusahaan (Gaspersz, 2007)

Hal tersebut sesuai dengan konsep *Lean Production* yaitu suatu usaha secara kontinue untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) serta meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk (barang atau jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*). (Magdalena K, 2017) Di dalam *Toyota Production System* terdapat tujuh pemborosan (*waste*) proses produksi yaitu :

1. Overproduction

Produk yang dihasilkan lebih banyak jumlahnya dari rencana jumlah produksi yang sudah ditentukan.

2. Waiting

Waktu tunggu untuk line produksi selanjutnya tanpa *value adding activity* produk.

3. Excessive Transportation

Proses pemindahan material atau *work in process* (WIP) dari satu stasiun ke stasiun kerja lainnya.

4. Unappropriate processing

Metode *step by step* proses produksi yang belum sistematis dan efektif.

5. Unnecessary Inventory

Persediaan raw material (*buffer material*) yang terlalu banyak sehingga membutuhkan

6. Unnecesary Motion

Aktivitas pergerakan operator yang tidak menambah nilai produk dan cenderung *lead time* tidak masuk pada target waktu yang ditetapkan.

7. Defects

Produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi order yang diharapkan oleh customer. Akibat dari defect produk mengakibatkan *complain customer* dan membutuhkan *re-work* sehingga cost produksi bertambah. (Akhmad Jakfar, Juni 2014)

Untuk mengidentifikasi *waste* pada proses manufaktur maka *tool* yang digunakan adalah *big picture mapping*. Dimana *big picture mapping* adalah memvisualisasikan sistem produksi secara keseluruhan dengan *value stream* yang terdapat di perusahaan, (Liker, 2004)

Salah satu implementasi konsep *big picture mapping* dipergunakan pada perusahaan pembuatan produk plastik terutama yang bergerak di *injection moulding* terdapat beberapa unit produksi yang saling bersinergi dari persiapan material, *line* produksi dimana terdapat mesin *injection moulding* dan *quality control*. Pada penelitian ini menggunakan jenis mesin *injection molding 2 plate*. Dimana setelah proses *injection* menghasilkan sisa produk potongan yaitu bagian *runner*. Kemudian hasil potongan *runner* di kumpulkan dalam 1 karung dan dimasukkan secara manual ke dalam granulator. Granulator merupakan alat pencacah material plastik menjadi potongan yang jauh lebih kecil dengan range $\frac{1}{2}$ " – $\frac{1}{4}$ " bagian dari ukuran semula. (Riky Adhiharto, 2019)



Gambar 1. Area Granulator

Terdapat beberapa pilihan metode *material handling* untuk proses pengisian material *runner* ke granulator yaitu dengan cara *vacuum* atau mesin *belt conveyor*.

Pengisian material dengan metode *vacuum* dapat mengurangi butiran material yang tercecer di lantai produksi, mengurangi kecelakaan kerja pada operator dan pengisian material dapat dilakukan secara kontinue dengan menggunakan sensor yang diletakkan pada *hopper*. (S Kumbarasari, 2021)

Material handling dengan menggunakan *belt conveyor* terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu karakteristik material yang akan dipindahkan, densitas material dan kecepatan *conveyor* dari ketiga faktor tersebut dapat diperoleh kapasitas *conveyor*. (Annisa Kesy Garside, 2019)

Dengan mempertimbangkan *waste excessive transportation, unnecessary motion* serta keselamatan kerja operator maka metode *material handling* secara *conveyor* menjadi pilihan dalam perancangan pemindahan material *runner* secara otomatis menuju mesin granulator.

Dari lantai menuju *hopper* mesin granulator mempunyai ketinggian 1260 mm dengan kapasitas *runner* yang dipindahkan 36 kilogram per kantong

2. Kerangka Teori

Jenis material yang dipindahkan yaitu jenis plastik Polyethylene Terephthalate (PET). PET resin mempunyai kekuatan(strength) tinggi, kaku, berdimensi stabil, tahan terhadap bahan kimia dan panas dan mempunyai sifat

elektrikal yang baik. PET dibuat secara ekstrusi dengan suhu tinggi 518- 608 oF, dapat juga dicetak secara injeksi dan blowing. (Mujiarto, 2005)



Gambar 2 Runner Polyethylene

Konveyor adalah alat bantu mekanis untuk memindahkan material atau barang. Fungsi konveyor sebagai jalur transportasi yang berjalan secara terus menerus dan otomatis untuk memindahkan material dari satu tempat ke tempat lain secara efisien. Konveyor banyak digunakan di dunia industri untuk mengotomatisasi perpindahan barang dalam jumlah besar.

Konveyor dapat dibedakan beberapa jenis berdasarkan penggunaannya:

- Konveyor ban berjalan**
Jenis konveyor ban berjalan menggunakan permukaan datar seperti ban berjalan untuk memindahkan barang bermuatan ringan hingga berat.
- Konveyor rantai**
Komponen rantai berfungsi sebagai penggerak untuk menarik barang terutama untuk yang berukuran besar dan berat.
- Konveyor rol**
Pada jenis konveyor rol memiliki roda-roda yang membantu barang bergerak di atas jalurnya. Konveyor rol ini dapat memindahkan barang yang berbentuk kotak dengan alas yang rata.
- Konveyor udara(pneumatic tube conveyor)**
Pemindahan barang dengan menggunakan tabung berisi udara yang bertekanan. Barang yang dipindahkan bersifat ringan dengan jarak jauh dalam waktu cepat.
Pada perancangan jenis konveyor ban berjalan terdapat rumus perhitungan komponen yang digunakan yaitu sebagai berikut :

2.1 Putaran poros

Gerakan memutar yang dilakukan oleh sebuah poros yang berfungsi untuk meneruskan putaran (n) atau torsi dari putaran motor ke drum .

$$n = \frac{\text{Diameter pada motor}}{\text{Diameter pada poros}} \times \text{putaran motor} \quad (1)$$

2.2 Momen bengkok

Berat material yang dipindahkan serta gaya gravitasi mempengaruhi besaran gaya yang ditumpu sepanjang drum pulley sehingga menimbulkan defleksi dan tegangan. Pada saat drum berotasi untuk memindahkan material akan menimbulkan momen bengkok

$$Mb_{max} = \frac{F \times l}{4} \quad (2)$$

dimana:

M_{bmax} = Momen bengkok maksimal (Nm)
 F = Gaya yang diberikan pada shaft (N)
 l = panjang drum (m)

2.3 Tegangan bengkok

Tegangan bengkok yang timbul pada drum akibat momen bengkok, dimana momen bengkok merupakan kecenderungan gaya untuk memutar drum terhadap sumbu rotasinya.

$$\sigma_b = \frac{M_b}{E \times I} \quad (3)$$

dimana

σ_b = Tegangan bengkok (N/m²)
 M_b = momen bengkok (Nm)
 E = modulus elastisitas material drum (N/m²)
 I = momen inersia penampang drum (m⁴)

2.4 Panjang belt

Dalam menentukan panjang belt yang perlu dipertimbangkan adalah jenis material, ukuran, bentuk dan berat material yang akan dipindahkan, kapasitas dan jarak pengangkutan, sudut kemiringan konveyor dan lingkungan kerja. Adapun panjang belt yang digunakan

$$L_r = 2 \cdot L_a \cdot \cos \alpha + \frac{\pi}{2} \cdot (d_1 + d_2) + \frac{\pi \cdot \alpha}{180^\circ} \cdot (d_2 - d_1) \quad (4)$$

dimana:

L_r = panjang belt (m)
 L_a = jarak antar pulley (m)
 $d_{1,2}$ = diameter drum (m)

2.5 Jarak antar pulley

Jarak antar pulley dipengaruhi oleh diameter pulley, jenis belt, ketegangan belt, sudut kemiringan konveyor dan ruangan yang tersedia.

$$L_a = \frac{L}{4} - \frac{\pi}{8} \cdot (d_1 - d_2) + \sqrt{\left[\frac{L}{4} - \frac{\pi}{8} \cdot d_1 + d_2 \right]^2 - \frac{(d_2 - d_1)^2}{8}} \quad (5)$$

dimana:

L_a = jarak antar pulley (m)
 L = panjang pulley (m)
 $d_{1,2}$ = diameter (m)

2.6 Torsi motor

Untuk mengukur kemampuan suatu gaya untuk memutar benda terhadap sumbu rotasinya dinamakan torsi. Semakin besar torsi yang dihasilkan semakin kuat putaran yang dihasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi torsi adalah

$$T = F \times r \quad (6)$$

dimana:

T = torsi (Nm)
 F = gaya (Newton)

'r' = jarak tegak lurus ke sumbu rotasi

2.7 Daya Motor

Performa motor ditentukan oleh besaran daya motor yang dihasilkan dimana daya motor di pengaruhi oleh

$$P = \frac{(T \times N)}{5252} \quad (7)$$

dimana:

P = daya motor (Watt)
 T = torsi motor (Nm)
 N = putaran motor (rpm)

2.8 Kuat arus

Kuat arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir melalui satu konduktor dalam satu satuan waktu dapat dirumuskan sebagai berikut

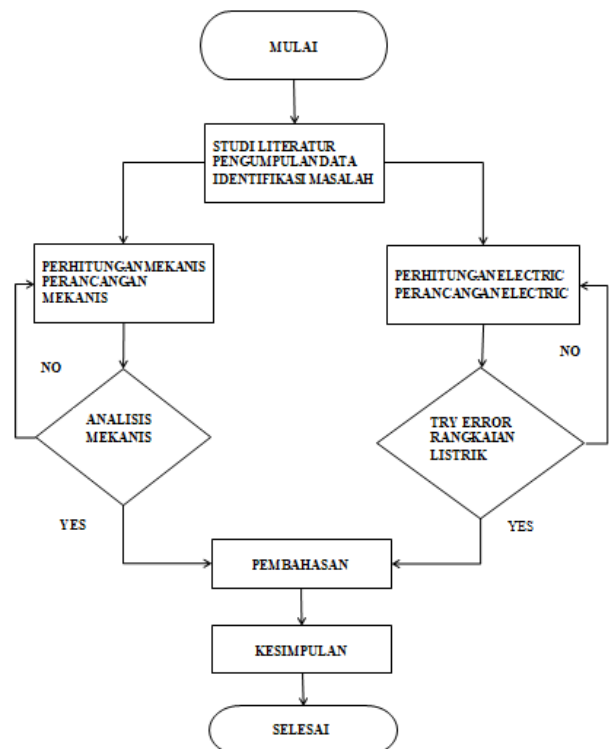
$$I = \frac{P}{(V \times \cos \phi)} \quad (8)$$

dimana:

I = kuat arus listrik (A)
 P = daya motor (Watt)
 V = tegangan listrik (V)
 $\cos \phi$ = faktor daya

3. Metodologi

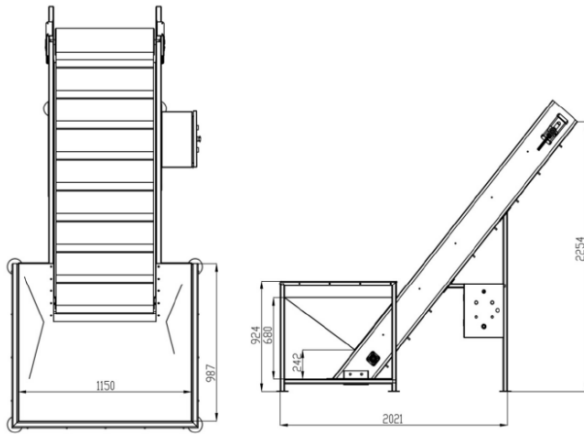
Pada perancangan *autoloader conveyor* untuk pengisian *runner* plastik jenis *polyethylene* pada mesin granulator ini menggunakan metodologi kualitatif. Beberapa tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut



Gambar. 3. Tahapan Metodologi Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Pada gambar 4 menampilkan konveyor yang berfungsi sebagai pengarah utama sistem pemindah material dari tempat bak penampungan menuju hopper mesin granulator. Adapun bak penampungan runner berdimensi 1150 x 987 x 924 mm³. Untuk dimensi keseluruhan mesin konveyor yaitu 1150 x 2021 x 2254 mm³. Dimana tinggi konveyor berdasarkan dari tinggi hopper mesin granulator. Konveyor berfungsi juga sebagai penyangga seluruh susunan *belt conveyor* agar *belt conveyor* dapat berjalan menuju *hopper granulator*.



Gambar 4 Spesifikasi Konveyor

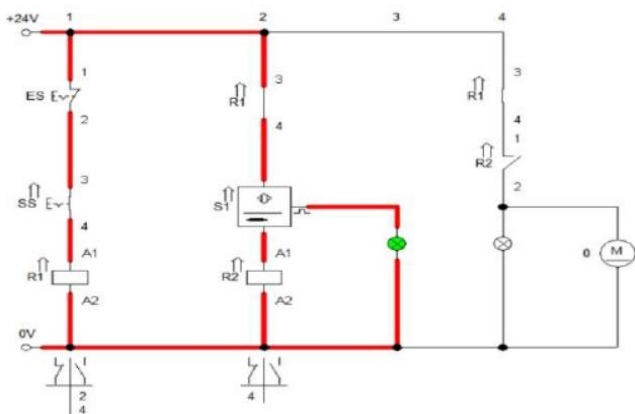
Untuk pengoperasian mesin konveyor dimulai dengan menekan tombol *electric selector switch* XA2 22 mm produk dari Schneider

Sensor proximity merupakan alat pendeteksi perubahan jarak terhadap pada suatu benda tanpa adanya kontak fisik. Penggunaan *autonics proximity sensor* AC 2 Wire PR 12-4AC bertujuan untuk mengidentifikasi posisi hopper dalam posisi kosong atau penuh terisi material.

Pilot lamp LED 22mm 220V signal lamp, apabila pilot lamp hijau menyala, hal tersebut mengidentifikasi bahwa mesin beroperasi memasukkan material dan pilot lamp berwarna merah maka mesin konveyor mati.

4.1 Perhitungan dan Analisa Electric

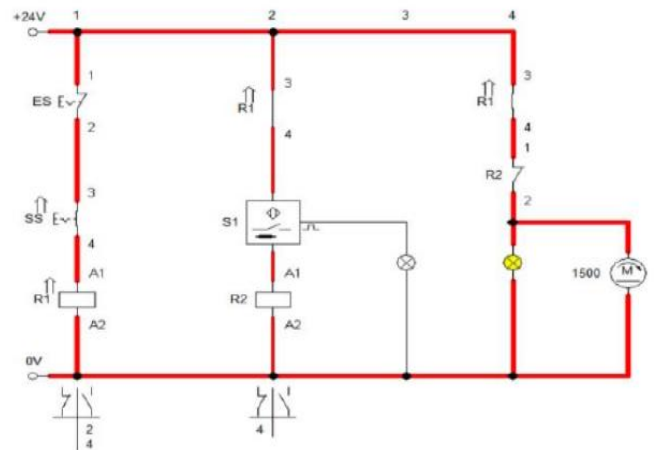
Untuk memperoleh sistem otomatisasi maka menggunakan simulasi rangkaian listrik sensor aktif (gambar 5) pada mesin *frame confeyor*.



Gambar 5 Rangkaian Listrik Sensor Aktif

Adapun langkah menyalakan mesin konveyor adalah

1. Menyambungkan kabel power 220 Volt
2. Menekan dan memutar *emergency button* ke arah kanan
3. Menekan dan memutar *selector switch* ke arah kanan
4. Lampu hijau menyala jika sensor mendeteksi material memenuhi permukaan *hopper*
5. Lampu kuning menyala apabila sensor mengidentifikasi posisi *hopper* kosong serta motor otomatis menyala untuk proses pengisian material.
6. Motor akan menyala terus sampai sensor memberikan sinyal jika *hopper* penuh dengan material
7. *Selector switch* di putar ke arah kiri kemudian menekan *emergency button* untuk mematikan mesin konveyor



Gambar 6 Rangkaian Listrik Sensor Tidak Aktif

Untuk mematikan mesin *conveyor* maka disimulasikan dengan rangkaian listrik sensor tidak aktif (gambar 6). Mesin conveyor ini dilengkapi *Push button emergency stop* EWIG EA38-11ZS yang berfungsi memutuskan rangkaian elektrik. *Button emergency* di tekan jika terjadi error pada pengoperasian mesin sehingga mesin segera dalam keadaan mati.

4.2. Perhitungan dan Analisis Mekanis

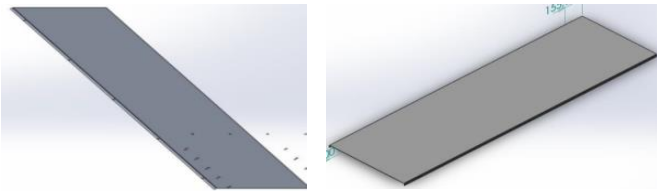
a. Frame Konveyor

Frame konveyor berfungsi sebagai pengarah utama sistem, memindahkan runner dan menyangga seluruh susunan *belt conveyor*. Jenis frame conveyor yang digunakan *inclined conveyor* dengan kemiringan 45° (gambar 7).



Gambar 7 Frame konveyor

b. Part Support

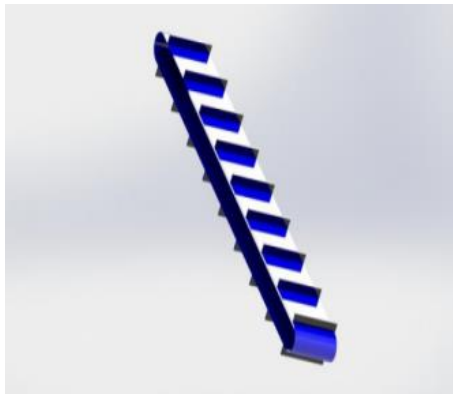


Gambar 8 Support Konveyor

Untuk gambar 8 merupakan *part support* konveyor menggunakan material aluminium bervolume 229 cm x 72 cm x 0,2 cm dapat menahan gaya 87,338 N.

c. Flat Belt

Adapun *flat belt* (gambar 9) yang digunakan plastik dikarenakan *durability* serta perawatan yang mudah. Panjang belt plastik (L_r) yang digunakan 2,5 meter dengan berdiameter 164 mm dengan jarak antar pulley (L_a) 5088 mm. Jarak antar pulley (L_{a1}) 5 cm.



Gambar 9 Belt Konveyor

d. Drum Pulley

Pada proses pemindahan atau pendukung pergerakan *belt conveyor* mempunyai dua buah *drum pulley* di dalam sistemnya yaitu *drum pulley* penggerak (*driving pulley* atau *head pulley*) yang terletak pada ujung *discharge end* dan pulley digerakkan (*driven pulley* atau *tail pulley*) yang terletak pada ujung *feed end*. Pulley berfungsi untuk mentransmisikan daya dari penggerak menuju komponen yang digerakkan serta mereduksi putaran, mempercepat putaran, memperbesar dan memperkecil torsi.

Jenis *drum pulley* polos mempermudah saat proses perakitan (gambar 10)

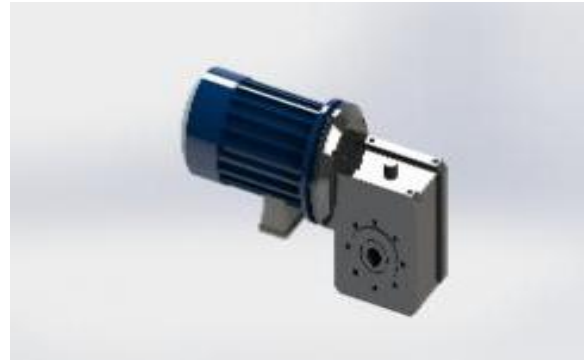


Gambar 10 Drum Pulley

Drum pulley berdiameter 5 mm dapat menumpu gaya sebesar 4,698 N dengan dapat menahan momen bengkok 1,07 Nm.

e. Motor AC

Perancangan konveyor ini menggunakan sumber penggerak motor tegangan AC (gambar 11) dimana berfungsi untuk menggerakkan belt agar dapat memutar head pulley dan tail pulley. Komponen penyusun motor AC terdiri dari *gearbox*, *reducer*, *electrical motor*, *high and low speed coupling*.



Gambar 11 Drive Unit

Untuk proses memindahkan 100 runner setara 479 gram dari tempat penampungan raw material mesin konveyor menuju hopper granulator. Berdasarkan perhitungan daya motor AC pada perancangan konveyor sebesar 721 watt dengan 0,967 HP namun saat pelaksanaan menggunakan 1,5 HP, 1.1 kW phase 4 pole dengan putaran 1390 rpm serta menggunakan MCB 6 Ampere.

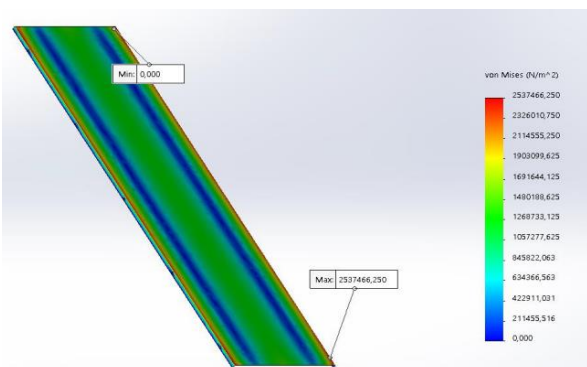


Gambar 12 Assembly Conveyor

Gambar 12 menunjukkan konveyor yang memindahkan material plastik bermassa 479 gram setara 100 runner, massa pulley 4 kg sehingga beban yang dipindahkan 44 N sehingga torsi yang dihasilkan 3,602 Nm. Diameter pulley yang terhubung dengan motor yaitu 164 mm dengan putaran poros 256 rpm sehingga daya motor AC yang digunakan untuk perancangan ini 1.5 HP, 1390 rpm, 1.1 kW phase 4 pole *electromotor* dengan kuat arus 6 Ampere.

f. Analisis Simulasi Pembebanan Pada Permukaan Konveyor

Berdasarkan gambar 13 pengujian *fitur stress analisis* pada simulasi pembebanan pada konveyor maka didapatkan distribusi pembebanan sebesar 2 kg material pada setiap permukaannya.



Gambar 13 Simulasi Stress Analisis

Warna merah menunjukkan angka kritis 2537466.250 N/m². Warna hijau menunjukkan angka pada area 845822.063 N/m² sampai dengan 1903099.625 N/m²



Gambar 14 Von Mises Stress pada rangka konveyor

Tabel 1 Von Mises Stress pada Rangka Konveyor

Nama Part	Main Frame
Material	Steel
Mass Density	0.283599 lb.mass/in ³
Yield Strength	50763.2 psi
Ultimate Tensile Strength	60915.8 psi
Young's Modulus	29007,5 ksi
Poisson's Ratio	0.29 ul
Shear Modulus	11243.2 ksi

Simulasi pemberian beban pada konveyor mengakibatkan pengaruh pada rangka dengan gambar 14 dan tabel 1 menunjukkan bahwa dengan penggunaan material rangka konveyor steel dengan massa jenis 0.283599 lb.mass/in³ = 7850 kg/m³.

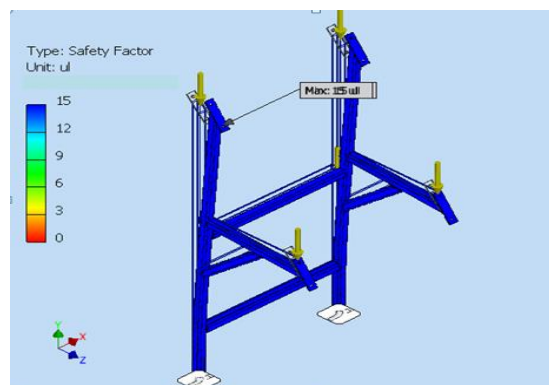
Yield strength, atau kekuatan luluh, adalah batas tegangan di mana suatu material mulai mengalami deformasi plastik permanen atau tidak dapat kembali ke bentuk aslinya setelah tegangan dihilangkan berdasarkan tabel menunjukkan yield strength rangka konveyor 50763.2 psi = 349,99 Mpa.

Ultimate Tensile Strength (UTS), atau kekuatan tarik *ultimate*, adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu material saat diregangkan atau ditarik sebelum patah. berdasarkan tabel *Ultimate tensile strength (UTS)* sebesar 60,915.8 psi = 419.99 MPa.

Modulus Young, atau modulus elastisitas, adalah ukuran kekakuan suatu bahan elastis yang merupakan ciri dari suatu bahan. Untuk rangka konveyor mempunyai modulus Young sebesar 29007,5 ksi = 2,000,517.24 MPa

Poisson's ratio, dalam ilmu material, menunjukkan hubungan antara deformasi lateral (melintang) dan deformasi longitudinal (membujur) pada suatu material. Nilai *Poisson's ratio* biasanya berada di antara 0 dan 0.5. Nilai 0 menunjukkan bahwa material tidak mengalami deformasi lateral saat direntangkan dan nilai 0.5 menunjukkan bahwa material mengalami deformasi lateral yang sama besarnya dengan deformasi longitudinal saat direntangkan (hampir tidak mungkin terjadi pada material riil). Untuk rangka konveyor *Poisson's Ratio* sebesar 0.29 ul maka rangka konveyor merupakan konstruksi yang aman.

Shear modulus hanya berlaku untuk deformasi dalam batas elastis material. Artinya, jika deformasi melebihi batas elastis, material akan mengalami deformasi permanen dan tidak lagi bisa kembali ke bentuk aslinya. Pada tabel *Shear modulus* rangka memiliki 11,243.2 ksi = 77,539.31 Mpa



Gambar 15 Safety Factor Rangka Konveyor

Tabel 2 Safety Factor Rangka Konveyor

Nama	Minimum	Maximum
Volume	208.373 in ³	
Mass	59.0945 lbmass	
Von Mises Stress	0.0000274978 ksi	14.2516 ksi
Displacement	0 in	0.0251574 in
Safety Factor	3.56193 ul	15 ul

Displacement merupakan pendekatan rekayasa yang berfokus pada pengendalian jumlah pergerakan pada saat mendesain struktur desain. Gambar 16 pada tabel 2 menunjukkan displacement konstruksi rangka memiliki nilai maximum 0.0251574 in = 0.639 mm.

Safety factor (SF) atau faktor keamanan digunakan untuk memastikan suatu struktur, mesin, komponen, atau sistem lebih kuat daripada yang diperlukan untuk menahan beban dan tegangan yang diharapkan. Nilai safety factor pada rangka konveyor dengan angka minimum 3,56 ul dan angka maksimal 15 ul.

5. Simpulan

Dalam pembuatan perancangan *autoloader conveyor* terdapat beberapa yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan yaitu jenis material yang akan dipindahkan, kapasitas dan kecepatan saat proses pemindahan material, jarak dan ketinggian rangka konveyor serta kondisi lingkungan apakah berada atau di luar ruangan. Untuk memindahkan material runner dari lantai produksi ke mesin granulator yang berfungsi memotong runner plastik sampai berukuran kecil agar bisa didaur ulang, mesin *autoloader conveyor* dapat sebagai salah satu alternatif penanganan material handling.

Daftar Pustaka

- Akhmad Jakfar Wahyu Eko Setiawan, Ilyas Masudin** Pengurangan Waste Menggunakan Pendekatan Lean Manufacturing [Jurnal]. - Surakarta : Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Juni 2014. - 1 : Vol. 13. - <https://doi.org/10.23917/jiti.v13i1.320>.
- Annisa Kesy Garside Fitra Risaldi, Shanty Kusuma Dewi** 'Perancangan Belt Conveyor Sebagai Alat Material Handling Pada Terminal Peti Kemas Surabaya [Jurnal]. - Banjarmasin Kalimantan Selatan : Buletin Profesi Insinyur, 2019. - 2 : Vol. 2. - ISSN : 2654-5926 .
- Gaspersz Vincent** Lean Six Sigma: For Manufacturing And Service Industries [Buku]. - Jakarta : Gramedia Pustaka Utama, 2007. - 979-22-2559-5.
- Liker Jeffrey K.** The Toyota Way 14 Management Principles From The Worlds Greatest Manufacturer [Buku]. - United States of America : McGraw-Hill, 2004. - Vol. 1. - ISBN:0071392319.
- Magdalena K Wyrwicka, Beata Mrugalska** Mirages Of Lean Manufacturing In Practice [Konferensi]. - Amsterdam, Belanda : Procedia Engineering 182, 780 – 785' ,7th International Conference On Engineering, Project, And Production Management, 2017. - doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.200.
- Mujiarto** Sifat Dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif . - Semarang : Traksi, 2005. - 2 : Vol. 3. - E-ISSN : 2579-9738.
- Riky Adhiharto Asep Indra Komara, Annisa** Studi Rancang Bangun Mesin Plastic Waste Shredder Dengan Kapasitas 15 Kg/Hari Dengan Aplikasi Metode Vdi 2222 [Jurnal]. - Cimahi Jawa Barat : Jurnal Ilmiah Berkala TEDC, 2019. - 3 : Vol. 13. - ISSN 1978-0060.
- S Kubarasari Ak Phalosa, In Ardzi, Rr Yusti** Perancangan Material Handling Otomatis Dengan Sistem Vacuum Pada Mesin Press [Jurnal]. - Jakarta : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin Teknobiz, 2021. - 3 : Vol. 11. - ISSN 2620-9675.