

DESAIN DAN ANALISA SIMULASI MESIN *PNEUMATIC CONVEYING* UNTUK MEMINDAHKAN BIJI JAGUNG

Reza Hadi Cahyono

Program Studi Teknik Mesin

Universitas Muria Kudus

Email: rezahadicahyono@gmail.com

Masruki Kabib

Program Studi Teknik Mesin

Universitas Muria Kudus

Email: masruki.kabib@umk.ac.id

Akhmad Zidni Huda

Program Studi Teknik Mesin

Universitas Muria Kudus

Email: akhmad.zidni@umk.ac.id

ABSTRAK

Pneumatic Conveying adalah suatu alat transportasi yang berfungsi memindahkan partikel padat dalam suatu aliran fluida. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang mesin *pneumatic conveying* dengan sistem tekanan udara tertutup untuk pengangkut biji jagung dengan kapasitas 200 kg/jam. Metode dalam desain mesin ini melalui beberapa tahapan, yaitu ; studi literatur, menentukan bahan-bahan yang dipakai, pertimbangan desain, menentukan konsep desain, dan gambar kerja. Hasil penelitian ini adalah menggunakan bahan produksi pemindah partikel biji jagung dengan massa jenis 721 kg/m^3 , pipa acrylic bening dua biji diameter 1 inci dan 3/4 inci dengan panjang 6000 mm, menggunakan compressor dengan kapasitas udara 457 l/Menit dan daya 170 Watt. Hasil simulasi tegangan pada bagian kekuatan material rangka penopang pipa memperoleh data tegangan dari *von misses stress* 443.003 Mpa, *displacement* yaitu sebesar 125,108 mm ,safety factor 15 Ul, dan tegangan *principal* 461.232 Mpa.

Kata kunci: *Pneumatic Conveying, Udara Tertutup, Biji Jagung.*

ABSTRACT

Pneumatic Conveying is a means of transportation that functions to move solid particles in a fluid flow. The purpose of this research is to design a *pneumatic conveying* machine with a closed air pressure system for transporting corn kernels with a capacity of 200 kg / hour. The method in designing this machine goes through several step, including; literature studies, determine the materials used, design considerations, determine design concepts, and work drawings. The results of this study were to use the production material for moving corn seed particles with a density of 721 kg / m^3 , two clear acrylic pipes of 1 inch and 3/4 inch diameter with a length of 6000 mm, the compressor capacity requires air, 457 L / Minute. and a power of 170 Kw, and in the pressure simulation of the strength of the pipe support frame material, the stress data obtained from the *von misses stress* 443,003 Mpa, *displacemen* 125,108 mm, 15 Ul safety factor, and the *principal stress* 461,232 Mpa.

Keywords: *Pneumatic Conveying, Air Covered, Corn Kernels.*

1. PENDAHULUAN

Pneumatic conveying merupakan salah satu alat pemindah material yang cepat dan efisien. Ada dua macam sistem pengangkut material partikel padat, yaitu ; 1.) Sistem tekanan positif adalah jenis paling umum dari sistem konveyor pneumatik yang digunakan. Sistem ini mendorong material yang dikirimkan melalui sistem yang mengeluarkan material pada tekanan atmosfer. Tergantung pada jarak pengangkutan, sistem ini memerlukan tekanan tinggi, karena penting untuk memastikan bahwa sistem dapat mendorong benda padat yang melalui konfigurasi pipa terpanjang. Sistem ini sangat cocok untuk satu lokasi penjemputan dan beberapa lokasi pengumpulan. 2.) Sistem tekanan negatif menggunakan pompa vakum perpindahan positif di hilir sistem pengangkutan untuk menarik material yang dibawa melalui sistem. Ini sangat cocok untuk beberapa lokasi pengambilan dan satu lokasi pengumpulan. Hal ini memungkinkan sistem bebas debu dan bocor [1].

Proses pemindahan material ada permasalahan untuk pemindahan biji jagung yang perlu di atasi untuk menjaga kebersihan dari lingkungan sendiri ataupun dari segi bahan biji jagungnya agar tetap higienis saat di produksi. Ada beberapa jenis alat yang di gunakan, adapun kelebihan dan kelemahannya sebagai berikut ; 1.) *Bucket elevator*, dengan kelebihan dapat mengangkut bahan dengan kemiringan yang curam, mengangkut material yang cenderung lengket, serta mengangkut bongkahan-bongkahan besar dan material yang berat, harga relatif lebih murah, dan dengan kelemahan bahan yang diangkut kebersihannya tidak terjaga, tidak dapat digunakan jika bahan melalui jalur yang berkelok-kelok. 2.) *Van-t belt*, dengan kelebihan harga lebih murah, mudah dalam pemasangan, dapat dipakai untuk jarak poros yang jauh, dan dengan kelemahan jika suhu tinggi akan mengalami pemuaiian yang menyebabkan kekuatan sabuk (*belt*) menurun, jika bahan yang diantarkan berupa serbuk maka serbuk akan masuk ke puli penggerak sehingga slip, sabuk atau *belt* memerlukan perawatan yang banyak akibat robek dan suhu tinggi. 3.) *Conveyor chain*, dengan kelebihan kemungkinan terjadi muai panjang akibat suhu tinggi relatif kecil, kemungkinan terjadi slip karena sistem transmisi sangat kecil karena roda transmisi menggunakan *sprocket*, dan dengan kelemahan memerlukan pelumasan rantai, suara bising. 4.) *Pneumatic conveyor*, dengan kelebihan bahan yang diangkut kebersihannya tetap terjaga, dapat digunakan jika bahan melalui jalur yang berkelok-kelok, bahan yang diangkut tidak dapat mengalir kembali atau jatuh ke bawah, dengan pemakaian system tekanan udara tertutup, dapat mengangkut biji-bijian berupa jagung dengan tidak mencemari sekitar lingkungan, dan dengan kelemahan hanya dapat mengangkut bahan yang ringan atau berbentuk bongkahan kecil seperti biji-bijian, tidak dapat mengangkut bahan dengan kemiringan yang curam [2] [3].

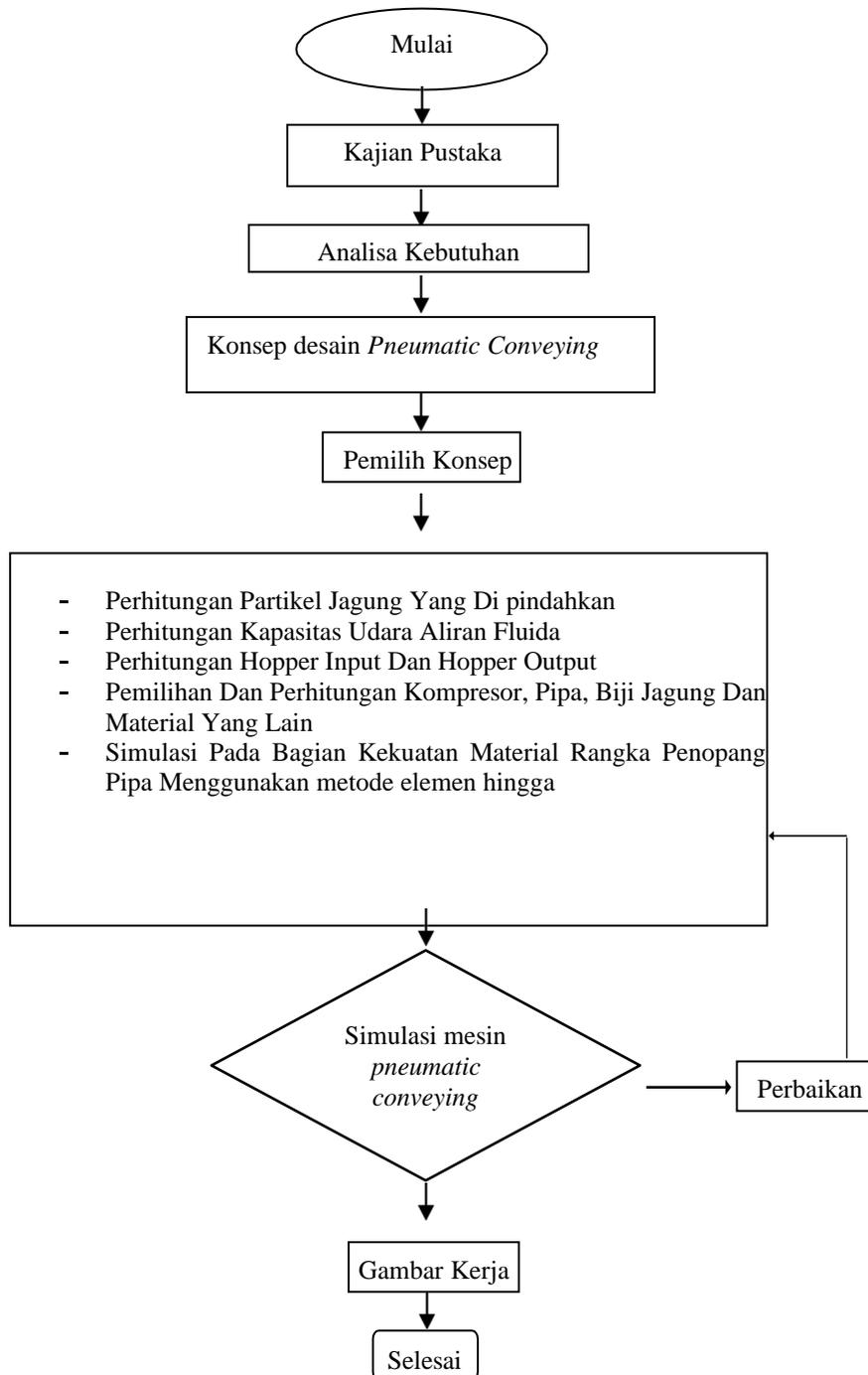
Pneumatic conveying merupakan alat pemindah material biji jagung yang efisien, higienis, untuk partikel material biji jagung yang system pemindahnya menggunakan tekanan udara tertutup. *Pneumatic conveying* lebih efisien dan higienis karena dengan system tertutup di dalam pipa tidak akan terjadi pencemaran lingkungan disekitar. Hal ini yang mungkin tidak seperti alat-alat pemindah lainnya. Yang perlu di perhatikan dalam sistem ini adalah kemungkinan terjadinya hambatan pada sistem perpipaan, terutama sekali pada belokan [4]. Sistem pemindahan material dalam bentuk line juga dapat di lakukan dengan menggunakan sistem control, hal ini untuk memastikan tidak terjadinya hambatan selama proses pemindahan [5].

Instalasi sistem *pneumatic conveying* yang perlu di perhatikan adalah sistem perpipaannya. Sistem ini perlu di dukung oleh rangka dudukan yang kuat. Kekuatan rangka penopang perlu di perhitungan dalam desain [6]. Analisa kekuatan dapat dilakukan menggunakan metode elemen hingga. Analisa di lakukan untuk mendapatkan nilai tegangan pada komponen mesin pemindah material. Analisa ini digunakan untuk mencegah terjadinya kegagalan selama mesin bekerja [7]. Sistem *pneumatic conveying* perlu memperhitungkan tekanan dan aliran udara yang bekerja. Perhitungan *pneumatic* yang tepat akan mempengaruhi hasil desain dan instalasi *pneumatic conveying* [8].

Tujuan penelitian ini adalah mendesain mesin *pneumatic conveying* dengan sistem tekanan udara tertutup untuk pengangkut biji jagung dengan kapasitas 200 kg/jam. Analisa simulasi dilakukan pada rangka penopang terhadap hasil perhitungan *defleksi* pada bagian kekuatan material rangka penopang pipa mesin *pneumatic conveying*, dengan menggunakan metode elemen hingga.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang di gunakan adalah desain dan simujlasi dengan tahapan sebagaimana ditunjukkan pada diagram alir di gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

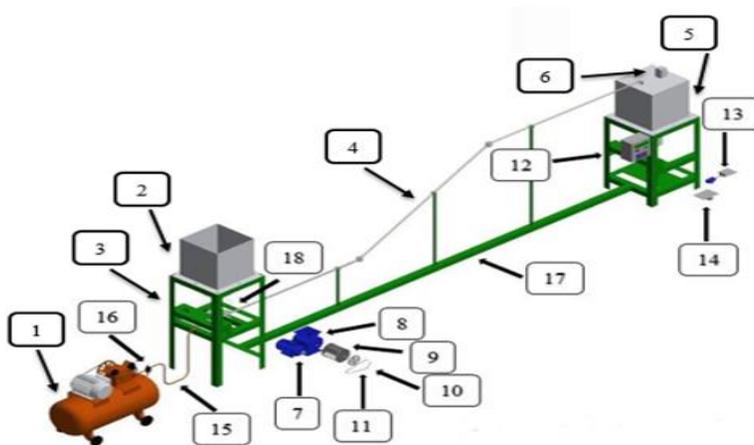
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Kebutuhan Sistem

- a. Aspek Teknik ;
Ukuran pipa saluran udara yang di perlukan 30 mm, kapasitas pengangkutan 200 kg perjam, tekanan udara mampu mendorong biji jagung ke hopper output, sistem pengumpanan menggunakan *rotary valve*, panjang lintasan pemindahan material 6000 mm, pembangkit udara tekanan menggunakan kompresor.
- b. Aspek manufaktur
Penyambungan rangka menggunakan pengelasan, penyambungan pipa menggunakan elbow. Proses manufaktur mudah dilakukan.
- c. Aspek Ergonomi
- d. Tinggi hopper input dapat di jangkau operator, panel kontrol diletakkan pada posisi mudah di jangkau operator
- e. Aspek ekonomi
Biaya pembuatan relatif murah, pembelian komponen mudah di dapatkan.

3.2 Desain Mesin *Pneumatic Conveying*

Desain mesin *pneumatic conveying* sebagaimana di tunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Desain mesin *Pneumatic Conveying*

Bgian -bagian mesin *pneumatic conveying* terdiri dari ::

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1. Kompresor | 2. Hopper input |
| 3. Rangka | 4. Pipa penyalur |
| 5. Hopper output | 6. Filter keluaran |
| 7. Motor listrik | 8. Body <i>rotary valve</i> |
| 9. Rotor | 10. Pulley |
| 11. Sabuk-v | 12. Panel control |
| 13. Katup keluaran | 14. <i>Loadcell</i> |
| 15. <i>Regulator pressure gauge</i> | 16. Selang kompresor |
| 17. Penyangga rangka | 18. <i>nozzle</i> |

Mekanisme kerja mesin *pneumatic conveying* adalah sebagai berikut :

- a) Mesin ini menggunakan udara mampat yang dihasilkan dari kompresor.
- b) Biji jagung yang sudah kering dimasukkan ke dalam *hopper input* ditampung pada *hopper input* kemudian turun dan diteruskan oleh *rotary valve*.

- c) *Rotary valve* digerakkan menggunakan motor listrik yang menggunakan transmisi penghubung sabuk V.
- d) Biji jagung yang diteruskan oleh *rotary valve* kemudian turun menuju pipa penyalur yang di dalamnya terdapat komponen nozzle yang dapat meningkatkan kecepatan aliran fluida saat biji jagung keluar dan lalu ditransfer atau dipindahkan oleh angin dari kompresor menuju *hopper output*.
- e) Biji jagung akan turun ke corong *hopper output*, dan sisa angin akan keluar dari *filter*.
- f) Biji jagung yang akan keluar sebelumnya di program melalui panel control dengan system katup keluaran yang bekerja buka/tutup katup keluaran.
- g) Biji jagung yang telah di tampung akan di timbang terlebih dahulu di *Loadcell* dengan kapasitas pengeluaran maximal 10 kg, yang nantinya di program di panel control.

Spesifikasi dari mesin *pneumatic conveying* adalah sebagai berikut :

1. Jenis pengangkut = *pneumatic conveying*
2. Bahan Material Yang diangkut = jagung (biji)
3. Panjang lintasan = 6000 mm
4. Tinggi = 1,5 meter
5. Diameter pipa 1.) = 1 in
6. Diameter pipa 2.) = ¾ in
7. Sytem pembangkit = compressor
8. Kapasitas *pneumatic conveying* yang diinginkan = 200 kg/jam
9. Sistem pembangkit = kompresor

3.3 Perhitungan Kapasitas Produksi

Laju aliran massa (\dot{m}) yang direncanakan untuk kapasitas produksi 200 kg/jam. Produk yang di angkut adalah berupa biji jagung dengan kapasitas pemindah dapat di hitung dengan persamaan 1.

$$Q = \dot{m} \times t \quad (1)$$

Dimana, \dot{m} adalah laju aliran massa (kg/jam) yang direncanakan untuk kapasitas produksi adalah = 200 kg/jam, dan dengan t adalah waktu (jam).

3.4 Menghitung Debit Aliran Partikel Jagung

Menghitung volume biji-bijian dari *rotary valve* yang dipindahkan bisa menggunakan persamaan 2 berikut :

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (2)$$

Dimana, Q adalah debit aliran partikel (m^3/s) biji jagung, dengan \dot{m} adalah laju aliran massa (kg/s), ρ adalah massa jenis jagung (kg/m^3) = 721 kg/m^3 .

3.5 Menghitung Luas Pipa (A)

Perhitungan luas pipa dimana yang dilintasi bahan partikel jagung di dalam pipa dengan jari-jari 25,4 mm = 0,0254 m tersebut menggunakan persamaan 3.

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2 \quad (3)$$

Dimana, A adalah luas penampang pipa, π adalah 3,14, dan r adalah jari-jari.

3.6 Menghitung Kecepatan Aliran Partikel Jagung Pada Pipa

Kecepatan aliran partikel biji jagung pada pipa $\varnothing = 25,4 \text{ mm} = 0,0254 \text{ m}^2$, menggunakan persamaan 4.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (4)$$

Dimana, V adalah kecepatan aliran (m/s) partikel biji jagung, Q adalah debit aliran (m³/s) partikel biji jagung yang di pindahkan *rotary valve*, dan A adalah luas penampang (m²) pipa.

3.7 Perhitungan Kapasitas Udara Untuk Memindahkan Jagung

Fraaksi gas di asumsikan untuk mendorong partikel jagung dengan aliran fluida gas solid di dalam pipa sebanyak (asumsi kecepatan udara 4 m/s), dapat di hitung dengan persamaan 5.

$$Q : v \times A_{\text{pipa}} \times \epsilon \quad (5)$$

Dimana, Q (debit kapasitas udara), v kecepatan udara (asumsi kecepatan udara 4 m/s), A_{pipa} : luas penampang pada pipa, dan ϵ : Fraksi Gas (75%).

3.8 Perhitungan Hopper

Perhitungan *hopper* berfungsi untuk menentukan kapasitas bahan yang akan dimasukkan kedalam hopper menggunakan persamaan 6.

$$V = Q \times t \quad (6)$$

Dimana, Q adalah debit partikel jagung (m³/s), dan T adalah waktu (s).

3.9 Perhitungan Beban Maksimal Statis

1. Menghitung massa pipa akrilik dengan diameter 25,4 mm, dan panjang 6000 mm, menggunakan persamaan 7.

$$(\pi R) \times L \times b_j a) - (\pi) \times L \times b_j a) \quad (7)$$

Dimana, L adalah panjang pipa akrilik (m), R adalah jari-jari luar pipa akrilik (m), r adalah jari-jari dalam pipa akrilik (m), $b_j a$ berat jenis akrilik (kg/m³) 1180 kg/m³.

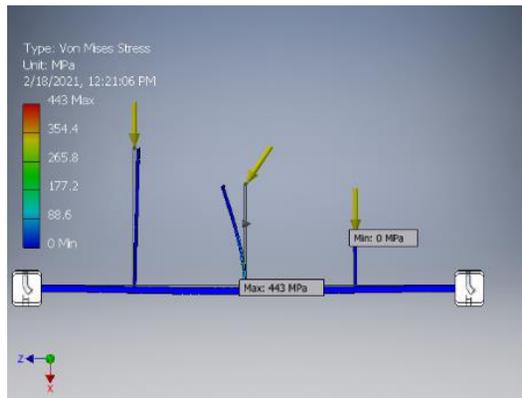
2. Menghitung massa partikel jagung mengisi penuh dalam pipa akrilik menggunakan persamaan 8

$$V = \pi \times r^2 \times L \quad (8)$$

Dimana, (r) adalah diameter dalam (cm), dan (L) adalah panjang pipa akrilik (cm).

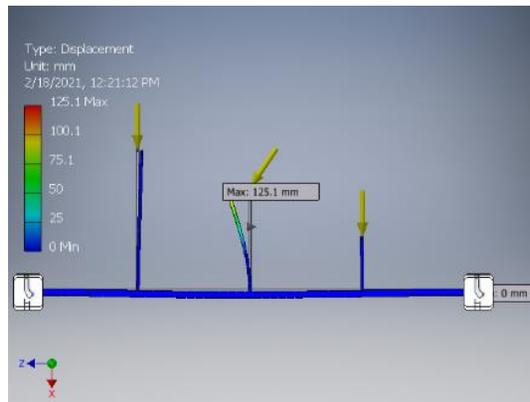
3.10 Simulasi Rangka Penopang Pipa

Setelah dilakukan perhitungan secara teoritis lalu melakukan simulasi untuk rangka penopang pipa dengan memberikan Gaya beban 1371.000 N pada luas penampang rangka penopang pipa dengan material baja *hollow* (30 x 30 x 1,9 mm), lalu mendapatkan *fixture* pada rangka penopang pipa dalam aplikasinya. Dari simulasi tegangan pada rangka penopang pipa yang menggunakan *von mises*, didapatkan hasil momen bending maksimal 443.003 Mpa. Sebagaimana di tunjukkan pada gambar 3.



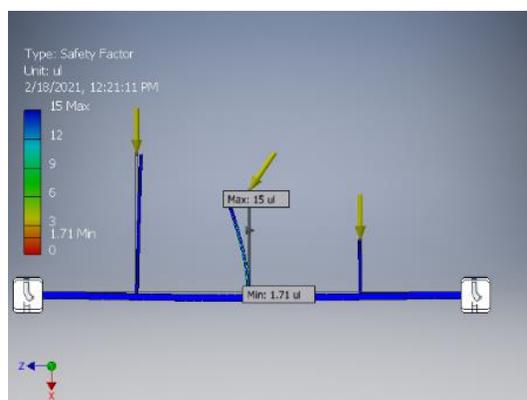
Gambar 3. hasil simulasi tegangan *von mises*

Dengan kondisi pembebanan yang sama yaitu 1371 N, kemudian didapat nilai maksimal *displacement* yaitu sebesar 125,108 mm, sebagaimana di tunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. simulasi maksimal *displacement*

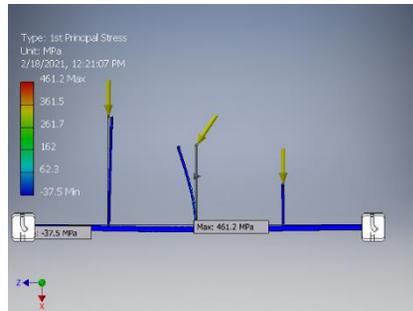
Simulasi pada rangka penopang pipa ini diperoleh faktor keamanan sebesar 15 ul, dengan nilai yang disyaratkan yaitu 3, maka perancangan pada komponen rangka penopang pipa ini bisa dikatakan aman, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 3.4 hasil simulasi faktor keamanan

3.11 Simulasi Tegangan Utama Pada Rangka Penopang Pipa

Simulasi tegangan *principal* pada rangka penopang pipa dilakukan dengan memberi gaya tekan sebesar 1371.000 N. Didapatkan hasil tegangan maksimal 461.232 Mpa yang terjadi pada pada rangka penopang pipa.



Gambar 3.5 hasil simulasi tegangan *principal stress*

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini mendapatkan desain mesin pneumatic conveying dengan kapasitas pemindahan material 200 kg perjam, dengan kapasitas udara 457 liter permenit, dan daya kompresor 170 Watt. Hasil simulasi tegangan *von mises* adalah 443,003 Mpa, *displacement* yaitu sebesar 125,108 mm, dan menggunakan *safety factor* sebesar 15 ul, maka perancangan pada komponen rangka penopang pipa ini bisa dikatakan aman. Simulasi tegangan utama pada rangka penopang pipa didapatkan hasil tegangan maksimal 461,232 Mpa yang terjadi pada pada rangka penopang pipa.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amalia, R. (2014). *Unit operasi I: Proses Mekanik Pneumatic Conveying Disusun oleh: Kelompok 2 Dinda Labibah Ubay Farel Abdala Shiddiq Louis Claudia Marpaung*. (21030113130201), 1–16.
- [2] Faisal Yanuar Adiba. (2016). *Pemilihan Kompresor Pada Instalasi Udara Bertekanan Sistem Pneumatik Hidrolik Di Pressure Tank Line Indoor PT. PJB Unit Pembangkit Brantas*.
- [3] Joshua Walker, Taimoor Asim, Rakhes Mishra, Martin Adam, 2016, Life-Cycle Cost Modelling of Pneumatic Conveying Pipelines for the Lean Phase Transport Condition, *Proceedings of the 6th International and 43rd National Conference on Fluid Mechanics and Fluid Power*, December 15-17, 2016, MNNITA, Allahabad, U.P., India
- [4] M Sholikhudin Zuhdi 2113 1050 35. (2017). *Simulasi Numerik Pada Dense Phase Pneumatic Conveyor Dengan Variasi Sudut Pressurized Air Assisted 45o dan 90o Dan R/D 1 , 1,5 , 2 Pada Elbow Vertikal Untuk Mereduksi Terjadinya Clogged Pada Sistem Perpipa*.
- [5] S. Huda, M. Kabib, R. Winarso, 2017, Desain Automatic Line Plastic Packing of Cake Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 328, *seminar SNTAIF ke 3, 17 Juli 2017*, pp. 577-584.
- [6] Prasetyo, B. (2012) *Rancang Bangun Rangka Mesin Pencacah Plastik Kemasan*. Universitas Sebelas Maret.
- [7] A. Rofeg, M. Kabib, 2018, Analisa Tegangan Screw Conveyor Pada Mesin Pencampur Garam Dan Iodium Sesuai SNI 3556 Dengan Metode Elemen Hingga, *Jurnal Simetris . Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer.*, vol. 9, no. 2, pp. 935–940, doi: 10.24176/simet.v9i2.2452.
- [8] R. F. Indrianto, M. Kabib, R. Winarso, 2018, Rancang Bangun Sistem Pengepresan Dengan Penggerak Pneumatik Pada Mesin Press Dan Potong Untuk Pembuatan Kantong Plastik Ukuran 400 X 550 mm, *Jurnal Simetris* P-ISSN: 2252-4983, E-ISSN: 2549-3108, volume 9, No. 2, pp 1053-1060.