

## Analisa Tegangan pada *Screw Conveyor* Pencetak Adonan Kerupuk Berskala *Prototype* dengan *Finite Element Method*

Arian Irfansyah<sup>1</sup>, Lutfi Bachtiar<sup>2</sup>, M. Ikhsan Maulana<sup>3</sup>, Badruzzaman<sup>4</sup>, Felix Dionisius<sup>5</sup>

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu 45252

E-mail<sup>1</sup> : arianirfansyah02@gmail.com

E-mail<sup>2</sup> : lutfibachtiar1997@gmail.com

E-mail<sup>3</sup> : maulanaikhsan266@gmail.com

E-mail<sup>4</sup> : badruzzaman@polindra.ac.id

E-mail<sup>5</sup> : dionisiusfelix@gmail.com

### ABSTRAK

Mesin pencetak adonan kerupuk adalah salah satu alat sebagai ekstruder adonan kerupuk menjadi bentuk yang diinginkan. Bahan material *stainless steel* 316 digunakan pada *screw conveyor* agar pengepresan adonan kerupuk memenuhi standar ISO 22000:2008 tentang standar keamanan pangan. Mesin ini memanfaatkan *screw conveyor* sebagai alat untuk melakukan pengepresan adonan secara kontinyu sehingga menghasilkan adonan yang padat saat dicetak. Untuk mengetahui kekuatan dari *screw conveyor* tersebut, perlu dilakukannya analisa tegangan pada *screw*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui tegangan dari *screw* pencetak adonan kerupuk berskala *prototype* dengan *Finite Element Methode* (FEM). Metode yang digunakan untuk menganalisa *screw* ini adalah melakukan analisa beban statis terhadap *screw* agar dapat mengetahui nilai dari *Stress*, *Strain*, *Displacement* dan *Factor Of Safety* (FOS). Simulasi dilakukan dua kali dengan parameter *force* 15 N dan 30 N.

### Kata Kunci

*FEM*, *Beban statis*, *Screw Conveyor*, *Adonan Kerupuk*, *Extruder*

### 1. PENDAHULUAN

Rasanya yang gurih kerupuk sangat mudah diterima oleh lidah orang Indonesia, kerupuk sangat cocok untuk dijadikan cemilan atau dimakan dengan nasi. Adonan kerupuk memiliki tekstur lunak, mudah dibentuk, lengket, dan lembut karena bahan untuk membuat adonan kerupuk adalah tepung terigu, air, jengkol dan beberapa bumbu lainnya. Terdapat beberapa proses untuk membuat kerupuk yaitu : proses pembuatan campuran bahan-bahan atau sering disebut proses mixing, Pengerolan adonan bertujuan untuk memadatkan adonan, pencetakan adonan menjadi bentuk lontongan, pemotongan, penugkusan, pemotongan adonan menjadi kepingan, penjemuran dan *packing*.

Setiap perusahaan yang bergerak dibidang pangan harus mengutamakan keamanan pangan (*Food Safety Management System*) atau FSMS agar produknya aman saat dikonsumsi oleh konsumen. FSMS terdapat pada ISO 22000.

ISO 22000 :2018 adalah standar keamanan pangan untuk bisnis dalam rantai makanan global. Organisasi Internasional untuk Standardisasi (ISO)

mengembangkan standar ISO 22000: 2018, Sistem manajemen keamanan pangan – Persyaratan untuk setiap organisasi dalam standar rantai makanan. [1]

Proses pencetakan bertujuan untuk membuat atau mencetak adonan agar sesuai dengan ukuran diameter kerupuk yang diinginkan. Dalam proses pencetakan adonan kerupuk dapat menggunakan beberapa alat, seperti *Screw conveyor* dan Hidrolik. Namun di Indramayu banyak perusahaan yang menggunakan *screw conveyor* untuk melakukan proses pencetakan ini, karena biaya yang dibutuhkan tidak mahal jika dibandingkan menggunakan hidrolik.

*Screw conveyor* memanfaatkan sudu *screw* berbentuk spiral untuk membawa adonan kerupuk yang masuk dari *hopper* atau wadah adonan menuju mulut *screw conveyor*. *Screw conveyor* digerakkan oleh motor penggerak.

Kinerja *screw conveyor* juga dipengaruhi adanya kelendutan yang terjadi pada poros dan *chasing*. Terdapat jarak minimal antara daun *screw* dan *chasing screw conveyor* berdasarkan fungsi masing-masing dari *screw conveyor*. Terkadang keduanya tidak memiliki jarak, dalam kondisi ini daun *screw* juga

berfungsi sebagai bushing yang bertujuan supaya tidak ada material yang tertinggal di *chasing*.

Hal ini biasanya digunakan untuk mengangkut material selain *food grade*. Jarak daun *screw* dan *chasing* yang terlalu besar berakibat banyaknya material yang tertinggal pada *chasing*, dalam jangka panjang dapat berpengaruh terhadap kelembapan di dalam ruang *chasing* selanjutnya secara perlahan material yang tertinggal membusuk dan mengkontaminasi material yang dapat menurunkan kualitas produk. Analisa kelendutan dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi gesekan antara daun *screw* dan *chasing*. Gesekan antara keduanya juga dapat mengkontaminasi material yang diangkut yaitu meningkatkan kandungan zat besinya. Jika material angkutnya berupa material *food grade* hal ini sangat berbahaya untuk kesehatan manusia atau makhluk hidup yang menggunakan produk makanan yang dihasilkan. [2]

Kekuatan sudu *screw* dalam menerima gaya dorong yang disebabkan material dan putaran mesin yang sangat penting saat memindahkan adonan kerupuk. Kelendutan yang terjadi dapat menyebabkan getaran pada mesin. Lentutan pada poros yang terlalu besar berakibat gesekan antara *chasing* dan *flight screw conveyor* sehingga logam hasil gesekan mengkontaminasi material yang diangkut. Untuk menunjang kinerja mesin *screw conveyor* pemilihan bantalan sangat mendukung sekali sehingga memperoleh umur mesin yang lebih panjang. [3]

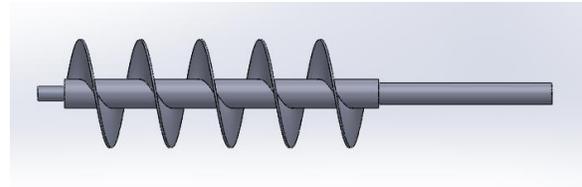
Besarnya gaya dorong dipengaruhi torsi dan kecepatan putar dari motor penggerak. Gaya dorong pada adonan kerupuk berpengaruh pada sudu *screw* yaitu dapat menimbulkan deformasi pada sudu *screw*. Deformasi ini akibat tegangan yang melebihi *ultimate tensile strenght* pada sudu *screw*. Tegangan ini dapat menyebabkan terjadinya deformasi plastis yang juga berdampak terhadap fungsi dan kinerja dari *screw conveyor*. Pemilihan bahan sudu *screw* harus tepat sehingga dapat menahan gaya dorong yang dihasilkan oleh material dan kecepatan putar mesin, serta tahan terhadap korosi. [2]

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa kekuatan *screw conveyor* seperti : tegangan atau *stress*, *displacement*, *strain* dan *factor of safety* (FOS) dari *screw conveyor* saat dikenakan beban statis.

## 2. METODE

### 2.1 Desain Screw Dan Dimensi Screw

*Standard flight* digunakan pada desain mesin pencetak adonan ini karena *screw conveyor* ini berfungsi untuk mendorong adonan.



Gambar 1. Desain Screw

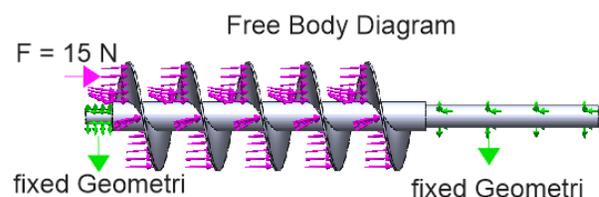
Berikut dimensi perancangan *screw* : Diameter *screw* 150 mm atau 6 Inch, Panjang *screw conveyor* 712 mm, Jarak antara *pitch screw* 83 mm, Jumlah sudu *screw* 5, Tebal sudu *screw* 3 mm, Diameter Poros 28 mm dan Material yang digunakan *Stainless Steel*.

*Screw conveyor* diberi gaya 15 N dan 30 N pada bagian sudu *screw*. Arah gaya yang diberikan dan *fixed geometri* bisa dilihat pada gambar 2. Kapasitas rencana *screw conveyor* ini adalah 50 N dan 100 N adonan kerupuk. Angka 15 N dan 30 N diambil dari 30 % dari kapasitas *screw conveyor* 50 N dan 100 N.

jenis material yang dipindahkan dapat berpengaruh signifikan pada ukuran dan jenis *conveyor* yang dibutuhkan [4]. Untuk menentukan Persentase dari kapasitas yang akan didorong *screw conveyor* perlu mengetahui terlebih dahulu massa jenis dari adonan kerupuk. Adonan kerupuk bermassa jenis 66,6 lbs/ft<sup>3</sup>. Setelah mendapat nilai massa jenis lihat tabel 1.

Tabel 1. Conveyor Loading

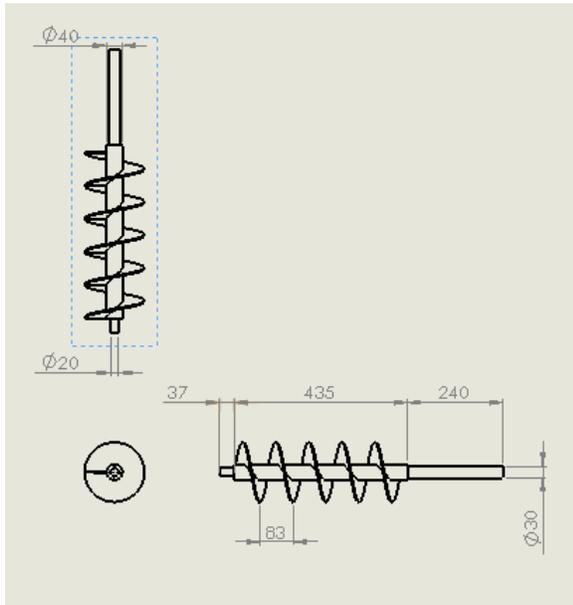
Material	Conveyor loading	Weight (Lbs/Cf)	
		Min	Max
Clay, Brick, Dry, Fines	30B	100	120
Clay, Calcined	30B	80	100
Clay, Ceramic, Dry, Fines	30A	60	80
Clay, Dry, Lumpy	30A	60	75
Clinker, Cement (Cement Clinker)	30B	75	95
Clover Seed	45	45	48



Gambar 2. Arah Gaya Dan Fixed Geometri



Gambar 3. Kondisi Screw Dengan Isi 30 Persen



Gambar 4. Dimensi Screw

## 2.2 Spesifikasi Material

*Stainless steel* 316 dipilih sebagai material screw dikarenakan sifat dari *stainless steel* dapat tahan karat dan screw kontak langsung dengan adonan kerupuk sehingga dapat menjaga adonan kerupuk tetap higienis. Adonan kerupuk harus terjaga kehigienisannya agar pada saat kerupuk dimakan tidak menimbulkan keracunan dan layak konsumsi.

Tabel 2. Spesifikasi Komposisi SS316, Berdasarkan ASTM A240

Composition	Weight%
Carbon (C)	0.08
Manganese (Mn)	2.00
Phosphorus (P)	0.045
Sulfur (S)	0.030
Silicon (Si)	0.75
Chromium (Cr)	16.00 – 18.00
Nickel (Ni)	10.0 – 14.0
Nitrogen (N)	0.10
Iron (Fe)	Balance
Molybdenum	2.00 – 3.00

Tabel 3. *Mechanical Properties* SS316, Berdasarkan ASTM A240

Mechanical Properties	SS316
Yield Strength, min (ksi)	30
Tensile Strength, min (ksi)	75
Elongation, min (%)	40
Hardness, max. (Rb)	95

Tabel 4. *Physical Properties* SS316, Berdasarkan ASTM A240

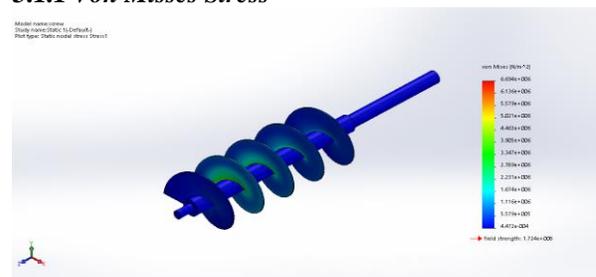
Property	Value	Units
Elastic Modulus	193000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.27	N/A
Mass Density	8000	Kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	580	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Conductivity	16.3	W/(m.K)
Specification Heat	500	J/(kg.K)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa simulasi statis dilakukan menggunakan *Finite Element Methode* (FEM) dengan bantuan *software Solidworks* 2015. Dari hasil simulasi statis ini dapat diketahui nilai *stress*, *displacement* dan *factor of safety* dari *screw*.

### 3.1 Simulasi Statis Dengan Force 15 N

#### 3.1.1 Von Mises Stress

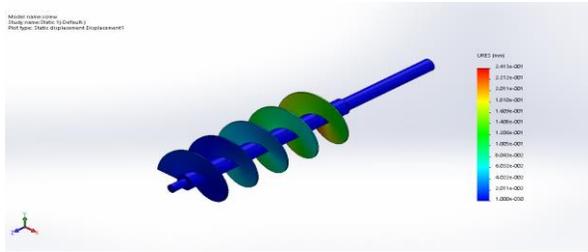


Gambar 5. Von mises stress dengan force 15N

Tegangan *von mises* yang didapat dari simulasi dengan gaya 15 N adalah minimal tegangan 0.000447178 N/m<sup>2</sup> dan maksimal tegangan 6.69426e+006 N/m<sup>2</sup>. Nilai maksimum terjadi pada pembatas antara poros dan sudu *screw*.

#### 3.1.2 Displacement

Berikut adalah nilai *displacement* yang terjadi saat sudu *screw* diberi gaya 15 N.

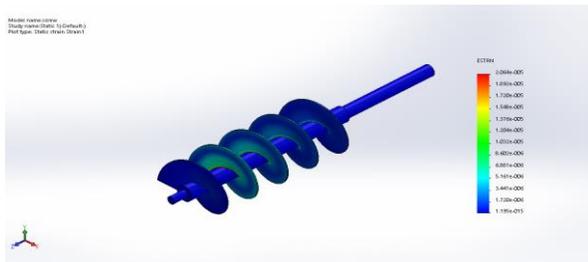


Gambar 6. Displacement dengan force 15N

Terlihat bahwa nilai *displacement* minimal 0 mm dan nilai maksimal 0.241299 mm. *displacement* yang paling kritis terletak pada sudu *screw* bagian bagian belakang.

### 3.1.3 Strain

Besarnya nilai *strain* ketika sudu *screw* diberikan gaya 15 N dapat dilihat pada gambar 7.

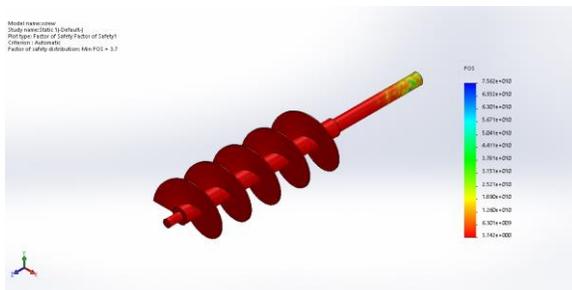


Gambar 7. Strain dengan force 15N

Nilai minimal strain yang didapat adalah 1.19474e-015 dan nilai maksimal 2.06443e-005. Nilai *displacement* yang paling besar terdapat pada bagian titik pengelasan antara sudu *screw* dan poros.

### 3.1.4 Factor Of Safety

*Factor of safety* dari *screw conveyor* setelah dikenakan gaya 15 N adalah minimal 18.6942 dan untuk nilai maksimalnya 3.85459e+011.

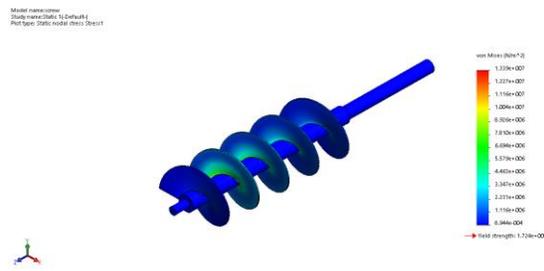


Gambar 8. Factor of safety dengan force 15N

## 3.2 Simulasi Statis Dengan Force 30 N

### 3.2.1 Von Misses Stres

Analisa *von misses* pada *screw conveyor* pencetak adonan kerupuk dapat dilihat pada gambar 7.

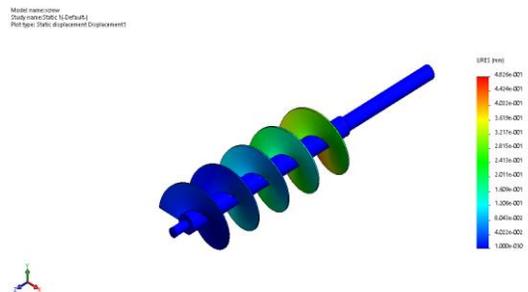


Gambar 9. Von misses stress dengan 30 N

Pada simulasi statis dengan gaya 30 N menghasilkan *von misses stress* minimal 0.000894357 N/m<sup>2</sup> dan maksimal 1.33885e+007 N/m<sup>2</sup>. Nilai *stress* yang tertinggi terjadi pada bagian titik las antara sudu *screw* dan poros *screw*.

### 3.2.2 Displacement

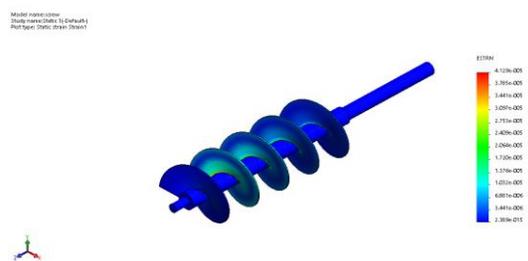
Sudu *screw conveyor* dapat mengalami *displacement* minimal 0 mm dan maksimal 0.482598 mm seperti yang tertera pada gambar 8. *Displacement* terjauh terdapat pada bagian sudu *screw* paling belakang.



Gambar 10. Displacement dengan 30 N

### 3.2.3 Strain

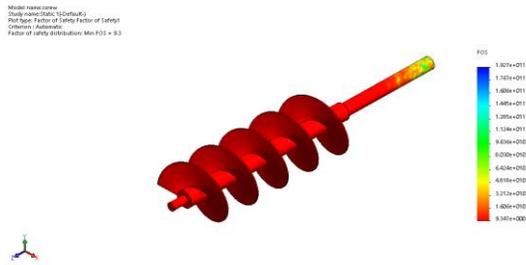
*Strain* atau regangan dari sudu *screw* saat diberi gaya 30 N sebesar 2.38948e-015 sampai dengan 4.12887e-005.



Gambar 11. Strain Dengan 30 N

### 3.2.4 Factor of Safety

Hasil analisa statis terhadap screw conveyor dengan gaya 30 N dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Factor Of Safety Dengan 30 N

Factor of safety yang didapat setelah dilakukannya simulasi statis ini adalah minimal 9.34709 dan maksimal 1.9273e+011.

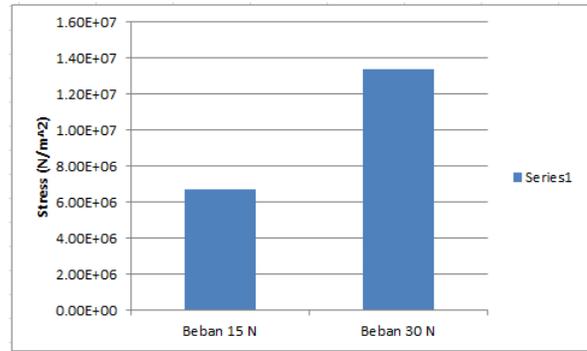
Data keseluruhan dari hasil analisa simulasi statis yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Hasil analisa simulasi statis dengan gaya 15 Newton

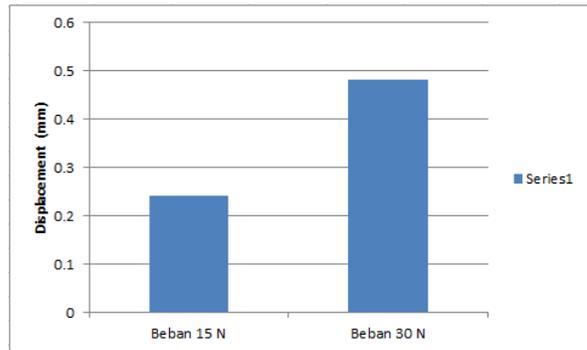
Nama	Nilai minimal	Nilai maksimal
Von misses Stress	0.000447178 N/m <sup>2</sup>	6.69426e+006 N/m <sup>2</sup>
Displacement	0 mm	0.241299 mm
Strain	1.19474e-015	2.06443e-005
Factor Of Safety	18.6942	3.85459e+011

Tabel 6. Hasil analisa simulasi statis dengan gaya 30 Newton

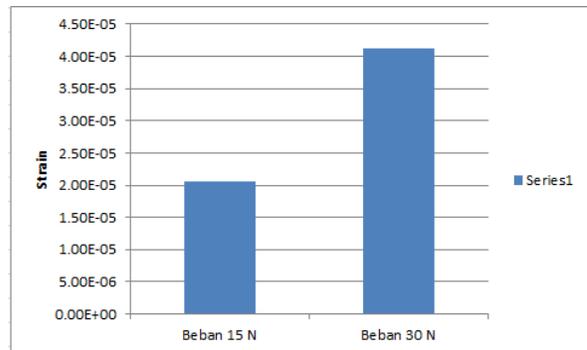
Nama	Nilai minimal	Nilai maksimal
Von misses Stress	0.000894357 N/m <sup>2</sup>	1.33885e+007 N/m <sup>2</sup>
Displacement	0 mm	0.482598 mm
Strain	2.38948e-015	4.12887e-005
Factor Of Safety	9.34709	1.9273e+011



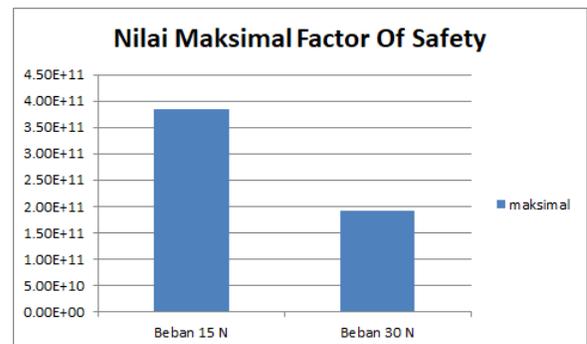
Gambar 11. Grafik Perbandingan Tegangan



Gambar 12. Grafik Perbandingan Displacement



Gambar 13. Grafik Perbandingan Strain



Gambar 14. Grafik Perbandingan Factor Of Safety (FOS)

### 3.3 Hasil Analisa

Hasil analisa dijadikan input pembebanan pada simulasi dengan geometri yang sesuai dengan variabel simulasi pembebanan statis pada *screw conveyor*. Performa *screw conveyor* di interpretasikan sebagai kekuatan *screw conveyor* pemindahan adonan kerupuk.

Berdasarkan hasil dari kedua analisa simulasi statis *force* pada sudu *screw conveyor* pencetak adonan kerupuk yang menggunakan bahan material *stainless steel 316* dengan *finite element method*, menghasilkan data atau nilai *von misses stress, displacement, strain*, dan *factor of safety*. *Screw conveyor* dapat dikatakan aman dengan gaya yang diberikan sebesar 15 N dan 30 N.

### 4. KESIMPULAN

Dengan *diameter screw* 150 mm atau 6 Inch, Panjang *screw conveyor* 712 mm, Jarak antara *pitch screw* 83 mm, Jumlah sudu *screw* 5, Tebal sudu *screw* 3 mm, Diameter Poros 28 mm dan Material yang digunakan *Stainless Steel* dan diberi beban 15 N dan 30 N *screw* berfungsi optimal.

Jika ingin menambah kapasitas atau beban pada *screw conveyor* hal yang perlu diperhatikan adalah diameter *screw*, ketebalan sudu *screw* dan diameter poros.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik

Negeri Indramayu dan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Indramayu

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. "ISO CENTER INDONESIA," 27 Maret 2019. [Online]. Available: <https://isoindonesiacenter.com/manajemen-keamanan-pangan-dengan-iso-22000/>. [Accessed 11 Agustus 2020].
- [2] A. Rofeg and M. Kabib, "ANALISA TEGANGAN SCREW CONVEYOR PADA MESIN PENCAMPUR GARAM DAN IODIUM SESUAI SNI 3556 DENGAN METODE ELEMEN HINGGA," Jurnal SIMETRIS, Vol. 9 No. 2 November 2018, pp. 935-940, 2018.
- [3] CEMC, *Screw Conveyor Component & Design Version 2.24*, Cedar Rapids: Conveyor Engineering & Manufacturing, 2016.
- [4] ANSON STEEL AGICO GROUP, "Processing Technology," Steel Supplier, [Online]. Available: <http://www.steels-supplier.com/steel-standard/astm-a240-316-316l-stainless-steel-plate.html>. [Accessed 12 Agustus 2020].
- [5] S. I. Cahyono, "Numerical Simulation of Salt Particle in Low-Speed Horizontal Screw Conveyor of Solar Salt Harvester," Prosiding SNTTM XVII, pp. 129-134, 2018.