

Perancangan Pengisian Konveyor Pengisian Bejana untuk Penelitain di Laboratorium

Fadli Nur Muchlis^a, Bambang Riyanta^b, Muhammad Budi Nur Rahman^c

^a MAHASISWA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Jl. Brawijaya, Kasihan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
 +6282241519998

e-mail: fadlinurmuchlis@icloud.com

^{b>c} DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Jl. Brawijaya, Kasihan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
 +62274 387656

Intisari

Sistem otomasi cenderung lebih efisiensi, lebih akurat, error rendah, produksifitas tinggi dan tenaga kerja lebih sedikit. Dirancanganya alat diharapkan membantu proses pencampuran, pemindahan regen dan mengurangi Resiko akibat tumpahnya larutan/regen suatu bahan kimia yang berdampak buruk bagi kesehatan mahluk hidup, dan lingkungan. Spesifikasi konveyor jenis beban satuan (*unit load*), kontruksi arah pemindahan beban pengangkutanya secara horizontal, material pada poros JIS G 4501 S30C dan material struktur kerangka akrilik (*PMMA Plastic*) ketebalan 5 mm. Adapun metode perancangan: pengumpulan studi literatur, menentukan kapasitas konveyor, menghitung putaran poros penggerak, merencanakan momen puntiran, menentukan jenis bahan, jenis poros, faktor keamanan, menghitung tegangan geser yang diizinkan, merencanakan diameter poros, analisis kekutan poros sesuai ASME, menentukan kapasitas maksimal, dan simulasi uji struktur kerangka menggunakan *Autodesk Inventor 2016*. Hasil dari perancangan alat pengisi bejana untuk penelitian di laboratorium kapasitas konveyor 0.18 ton/jam, sehingga didapatkan daya konsumsi yang dibutuhkan 1.325×10^{-4} Kw, motor listrik pemindahan daya dan rpm menggunakan roda gigi cacing (*worm gear*) dengan putaran penggerak 35 rpm, analisis kekutan poros tegangan geser yang timbul 4.35 kg/mm^2 lebih kecil dibandingkan dengan tegangan geser yg diizinkan sebesar 6.15 kg/mm^2 disimpulkan poros dalam keadaan layak dan aman dengan diameter poros 8.584 mm dengan jenis bahan JIS G 4501 (S30C). analisis kekutan struktur menggunakan *stress analysis autodask inventor 2016* didapatkan hasil tegangan maksimum 70.63 Mpa, *Displacemen* maksimum 0.93 mm dan fektor keamanan minimum 2.38 ul. disimpulkan konstruksi layak dan aman bebanan maksimal diasumsikan 10 kg.

Kata kunci: *conveyor* melingkar, pesawat angkat angkut, sensor *proximity capasitif*, *Stress analysis Autodesk Inventor 2016*, sensor *flowmeter*.

1. PENDAHULUAN

Sistem otomasi banyak digunakan diberbagai industri untuk meningkatkan produktifitas. Kelebihan pemanfaatan sistem kontrol otomatis dibandingkan dengan yang secara manual adalah: cenderung lebih efisiensi, lebih akurat, error rendah, produksifitas tinggi dan membutuhkan tenaga kerja lebih sedikit.

Salah satu pengaplikasian sistem otomasi adalah konveyor yang digunakan sebagai unit distribusi, seleksi dan pemindahan. Ada berbagai macam jenis konveyor untuk berbagai kepentingan yang telah banyak digunakan seperti : *Gravity roll conveyor*, *Belt conveyor*, *Wire mesh conveyors*, *Plastic belt conveyor*, *buket conveyor*, *flexible conveyor*, *vertical conveyor*, *sepiral conveyor*, *Vibrating Conveyor*, *Panumatic conveyor*, *Electric*

Track Vehicle System, lines roller conveyor, chain conveyor, Screw conveyor, Chain driven live roller conveyor, dust proof conveyor, dust proof conveyor, pharmaceutical conveyor, automotive conveyor, overland conveyor, drag conveyor, cooling conveyor dan sebagainya.

Disamping untuk kepentingan dalam industri, sistem otomasi dirasakan mulai diperlukan untuk membantu para penelitian melakukan aktifitasnya dilaboraturium. Laboraturium adalah tempat dilakukannya kegiatan ilmiah yang meliputi riset, eksperimen maupun pengukuran. Contoh peralatan yang telah digunakan secara otomasi dalam laboraturium adalah: Evaporator Buchii, sentrifus/centrifuge, semi auto chemistry analyzer, *Hematology analiser, hotplate mixer magnetic, sysmex, mindray, ABX pentra* dan lain – lain

Sehingga dirancangan alat otomasi untuk penelitian dilaboraturium diharapkan dapat membantu proses pencampuran, pemindahan regen dan mengurangi Resiko akibat tumpahnya larutan/regen suatu bahan kimia yang dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan mahlik hidup, lingkungan dan menimbulkan ledakan terbakar suatu larutan kimia juga dilakukan analisis atau pengujian dalam perancangan bertujuan memiliki struktur kerangka yang layak dan aman untuk digunakan.

Sehingga dalam perancangan ditinjau dari hasil – hasil perancangan yang telah ada sebelumnya, yang berkaitan dengan perancangan tersebut diantaranya.

Sahara, (2010) melakukan perancangan otomatisasi pengisian cairan terprogram kedalam 3 bejana terpisah beda ukuran berbasis sensor ultrasonic dengan mikrokontroler ATmega 32. Tujuan perancangan mengendalikan isi bejana dengan bergantian sekaligus sesuai yang di programkan. Dalam hasil eksperimennya menunjukkan ketepatan pengisian hingga $\pm 98,9\%$

Sari, (2010) telah merencanakan bangun konveyor penghitung barang, dengan pemograman sistem kendali berbasis PLC omron tipe CPM1A 20 CDR digunakan sensor photodiode untuk mendeteksi keberadaan box dan menghitung barang dengan jenis konveyor pemindahannya secara horizontal.

Salimin, (2018) perancangan dan analisis simulasi pembebanan chassis sepeda wisata penumpang menggunakan software Autodesk inventor 2017 meneliti distribusi regangan, tegangan, displacement dan factor keamanan. Material yang digunakan dengan baja karbon pembebanan 120 kg, 150,kg dan 180 kg digunakan dalam analisis.hasil menunjukan regangan maksimum $2,079 \times 10^{-4}$, displacement 0.4684mm, factor keamanan 7,31.

Anggara, dkk, (2018). rancang bangun sistem pengatur pengisian galon otomatis berbasis mikrokontroler ATmega 328p. sistem pengisian menggunakan sensor ultrasonic dan waterflow dengan ketelitian pengisian ± 0.05 liter.

Priswanto, dkk, (2018). desain dan simulasi sistem HMI berbasis citect scada pada konveyor proses industri. Dalam perancangan konveyor ini menggunakan pemograman PLC Mitsubishi FX2N-32MR pengangkutnya secara horizontal dan sebagai pendikteksian benda maupun menyeleksi benda menggunakan sensor opto dan sensor induktif.

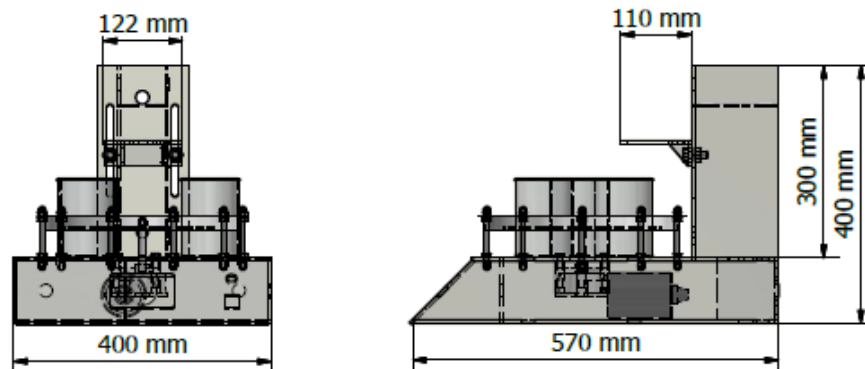
Kurniawan, (2018). *Rancang Bangun Alat Sorting Kripik Pisang Otomatis Berbasis PLC*. Deangan jenis konveyor pengangkutannya secara horizontal dengan pemograman PLC yang mengendalikan putaran motor, proses penditeksian menggunakan *image processing*.

2. METODE PERANCANGAN

2.1 Mekanisme Kerja Alat

Cara kerja dari alat ini konveyor bergerak menggunakan motor DC yang akan menggerakkan gelas - gelas bejana bergerak secara melingkar dan horizontal, hingga sensor mendeteksi suatu bejana untuk pengisian cairan, sebaliknya jika tidak mendeteksi adanya bejana sehingga alat tersebut tidak akan mengisi cairan. Sehingga dalam sistem ini menggunakan sensor proximity kapasitif sebagai pendeteksi gelas bejana. selanjutnya sistem alat ini dari tampungan / resevoir akan dipompa dan dalirkan melalui sensor flow meter untuk mendeteksi debit aliran yang masuk sesuai dengan yang kita setting dan katup solenoid dimana katup solenoid akan bekerja sesuai perintah kontroler dengan kapasitas yang telah kita tentukan.

2.2 Desain Gambar Alat



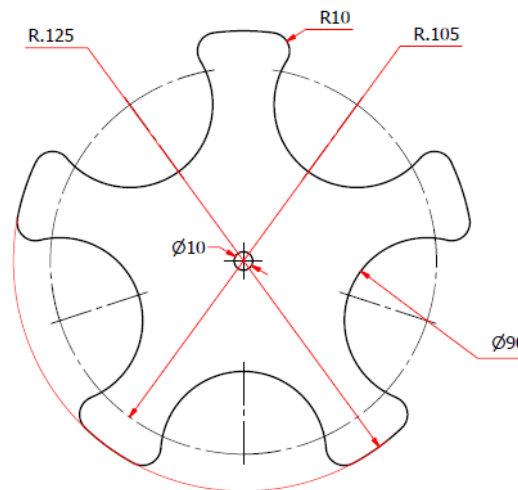
Gambar 1 Dimensi Desain Alat Tampak Depan dan Samping

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perencanaan Kapasitas dan Daya Konveyor

Perancangan alat konveyor pengisian bejana untuk penelitian di laboratorium menggunakan konveyor dengan jenis beban satuan (*Unit Load*) dan konstruksi pemindahan beban arah pengangkutnya secara horizontal.

Kapasitas berat beban per meter pengangkutan dengan jenis pengangkutan beban satuan. Jika beban perunit (G) 0.5 kg dan jumlah beban dipindahkan 5 bejana (Z), jarak antara unit (a) 0.1318 meter, dan dengan kecepatan laju pengangkutan 0.482 m/s maka jumlah yang dipindahkan Dapat digunakan persamaan 4.3 :



Gambar. 2. Desain Penempatan Gelas Bejan

Menentukan Besar sudut busur antar unit dari desain didapat keliling lingkaran 0.659 m sehingga jarak antar gelas (L) didapat sebesar 0.1318 m, jarak antar unit, jika beban perunit 0.5 kg (a) 0.1318 detik, kecepatan laju pengangkutan (v) 0.0275 m/s dan koefisien gesek statis (μ_s) antara akrilik dengan gelas sebesar 0.41

Dapat disimpulkan pemindahan material satuan jika interval jarak diketahui:

$$q = \frac{G \cdot Z}{a} \text{ kg/m}$$

$$= \frac{0.5 \cdot 1}{0.1318} = 3.79 \text{ kg/m}$$

Dapat ditentukan Kapasitas Konveyor sebagai berikut :

$$Q = 3.6 \frac{G \cdot Z}{a} \text{ ton/jam}$$

$$= 3.6 \times \frac{0.5 \times 1}{0.1318} = 0.375 \text{ ton/jam}$$

sehingga digunakan perhitungan dengan daya konsumsi yang dibutuhkan pada pemindahan secara horizontal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$N_{\text{fric}} = \frac{W_{\text{fric}} \cdot v}{102} = \frac{q \cdot L \cdot \omega}{367} \text{ Kw}$$

$$= \frac{3.79 \times 0.659 \times 0.41}{367} = 0.00279 \text{ Kw} = 2.79 \text{ watt}$$

3.2. Putaran Motor Listrik

Dalam perancangan alat pengisian bejana terdapat motor penggerak untuk menggerakkan gelas bejana secara bergantian dalam Jumlah 5 gelas bejana dengan kapasitas 500ml/gelas. Putaran motor didesain dengan putaran rendah, sehingga untuk pemindahan daya dan rpm ditransmisikan menggunakan roda gigi cacing (*Worm Gear*).

Perhitungan Putaran Motor Penggerak

Jika putaran roda gigi yang berpasangan dinyatakan dalam n_1 (rpm) pada penggerak poros dan n_2 (rpm) pada poros yang digerakan, diameter lingkaran jarak bagi d_1 dan d_2 (mm) dan jumlah pada gigi z_1 dan z_2 , maka perbandingan putaran didapat sebagai berikut :

Dalam perencanaan putaran roda gigi diketahui spesifikasi data motor penggerak dengan Kecepatan motor penggerak memiliki 2 fase besaran tegangan yang masuk pada motor listrik yaitu :

- Putaran input 1 (n_1) = 2050 rpm pada tegangan 220 volt
- Putaran input 2 (n_1) = 1700 rpm pada tegangan 150 volt
- Jumlah pada roda gigi (z_2) = 58
- Jumlah gigi ulir cacing : kerana jenis ulir tunggal (z_1) = 1

Dari perhitungan putaran 2 fase penggerak yang dihasilkan 2050 pada tegangan 220 volt didapat (n_2) sebesar 35 rpm dan 1700 pada tegangan 150 volt didapat (n_2) sebesar 29 rpm,

3.3. Pembebanan Pada Poros

Poros digunakan untuk mentransmisikan daya dari satu tempat ketempat lain. Daya tersebut menghasilkan gaya tangensial dan momen torsi yang berpengaruh kepada elemen yang berhubungan dengan poros tersebut. Poros memiliki beberapa macam jenis berdasarkan pembebanannya, bentuknya, dan material porosnya.

Poros dengan beban momen puntiran dapat dirumuskan :

$$T = 9.74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

$$T = 9.74 \times 10^5 \frac{0.019354 \text{ kw}}{35 \text{ rpm}} = 538.594 \text{ kg.mm}$$

4.3.1. Menentukan tegangan geser sesuai dengan standar ASME

Sf_1 faktor keamanan diambil sebesar 5,6 untuk jenis bahan SF (dengan kekuatan yang dijamin) dan 6,0 untuk jenis bahan S-C (dengan pengaruh masa, dan baja paduan) dan Sf_2 digunakan untuk meninjau bagian poros, akan diberi alur pasak atau bentuk bertangga, dipilih harga antar 1,3 – 3,0 bertujuan untuk memperoleh tegangan geser yang diizinkan. Pada perancangan ini poros menggunakan baja karbon konstruksi mesin JIS G 4501 dangan lambing S30C dangan kekutan Tarik 48 kg/mm² yang dapat dilihat pada tabel 4.1 : sehingga dapat ditentukan $Sf_1 = 6,0$ dan $Sf_2 = 1.3$ sehingga dapat digunakan pada rumus :

$$t_a = \frac{\sigma_b}{(Sf_1 \times Sf_2)}$$

$$t_a = \frac{48 \text{ kg/mm}^2}{(6 \times 1.3)} = 6.1538 \text{ kg/mm}^2$$

Perencanaan Diameter Poros

Menentukan faktor koreksi momen punter (K_t) dan factor koreksi beban lentur (C_b) perlu ditinjau diperkirakan akan terjadi beban lentur di masa mendatang maka perlu dipertimbangkan sesuai yang dianjurkan oleh ASEM sehingga factor koreksi diambil dengan jenis pembebanan poros yang berputar sehingga momen puntir (K_t) didapat

sebesar 1.5 dan factor koreksi beban lentur jika diperkirakan tidak terjadi pembebanan lentur maka (C_b) didapat sebesar 1.0. Diameter poros dapat diperoleh dengan rumus :

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

$$d_s = \left[\frac{5,1}{6,5138 \text{ kg/mm}^2} \times 1,5 \times 1,0 \times 538,594 \text{ kg.mm} \right]^{1/3} = 8.584 \text{ mm}$$

Pemeriksaan Kekuatan Poros

Poros yang dirancang harus dianalisis pengujian kekuatannya. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan memeriksa tegangan geser yang terjadi pada poros. Jika tegangan geser yang actual atau timbul (τ) lebih besar dari tegangan geser yang diizinkan (t_a), maka perancangan dapat dinyatakan dengan kondisi tidak layak digunakan. Sehingga besar tegangan geser yang timbul pada poros bila yang terjadi adalah :

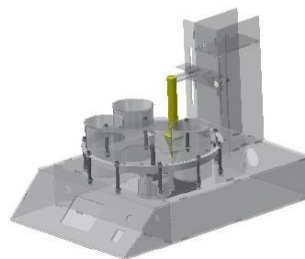
$$\tau = \frac{T}{\left(\frac{\pi \cdot d_s^3}{16}\right)} = \frac{5,1 T}{d_s^3}$$

$$\tau = \frac{5,1 \times 538,594 \text{ kg.mm}}{8.584^3 \text{ mm}} = 4.34 \text{ kg/mm}^2$$

Sehingga menurut hasil yang diperoleh dari perhitungan diatas, baha tegangan geser yang timbul lebih keci dari pada tegangan geser yang diizinkan 6.1538 kg/mm^2 . Dapat disimpulkan poros tersebut dalam keadaan layak dan aman digunakan pada alat pengisian bejana yang dirancang untuk memindahkan daya dan putaran yang telah ditendentukan.

3.4. Desain autodask inventor konveyor pengisian bejana

Perancangan desain 3D konveyor pengisian bejana untuk keperluan dilaboraturium menggunakan software autodask inventor dapat dilihat pada gambar 3:



Gambar. 3. Desain Konveyor Pengisi Bejana

Verifikasi Material Perancangan

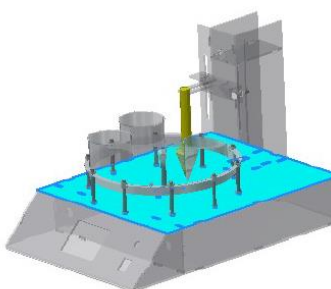
Material pada software inventor ditentukan pada saat proses pemodelan setiap part tersebut akan diverifikasi untuk jenis bahan yang akan digunakan. Verifikasi material terdapat pada properties dan terdapat tampilan report dari hasil running simulasi. Seperti pada tabel 1.

Name	PMMA Plastic	
General	Mass Density	1,188 g/cm ³
	Yield Strength	48,9 MPa
	Ultimate Tensile Strength	79,8 MPa
Stress	Young's Modulus	2,74 GPa
	Poisson's Ratio	0,355 ul
	Shear Modulus	1,01107 GPa
Part Name(s)	bagian bawah bagian belakang bagian samping bagian samping bagian tengah bagian belakang 2 bagian atas bagian depan dudukan sensor dudukan selenoid dan flow meter dudukan selenoid dan flow meter dudukan selenoid dan flow meter 1 dudukan katup 2 dudukan katup 1 dudukan katup 3 dudukan katup 3 dudukan bejana	

Tabel. 1. Report Simulasi Stress Analisi

Menentukan pembebanan

Menentukan pembebanan maksimal yang dirancang pada alat dengan menentukan constrain atau tumpuan dengan acuan posisi dari rancangan yang dibuat. Untuk pembebanan yang pada alat diasumsikan 10 kg dengan beban maksimal yang akan diterima alat yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar. 4. Pembebanan gaya dengan asumsi beban maksimal 10 kg

Analisis Struktur Perancangan

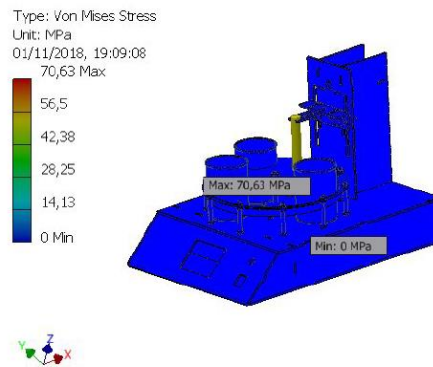
Analisis struktur menerapkan metode elemen mesin dari proses sistem benda yang akan dianalisis atau diuji sehingga dalam struktur utamanya menjadi elemen – elemen yang lebih kompleks yang terhubung satu sama lain, dengan proses perhitungan dengan metode *Finite Element Analysis (FEM)*.

Setelah dilakukan proses simulasi maka didapat data analisis terdapat beberapa hasil diantaranya *von misses stress*, *1st principal stress*, *3st principal stress*, *displacement*, dan *safety factor*.

a. von misses stress

hasil perhitungan antara tegangan dan regangan ekivalen yang digunakan pada *von misses stress* perancangan alat. Seperti pada gambar 4.4. hasil dapat dilihat dengan orientasi warna dan angka yang tercantum dengan tegangan maksimum yang terjadi 70.63 Mpa dan tegangan minimum sebesar 0 Mpa.

☐ Von Mises Stress

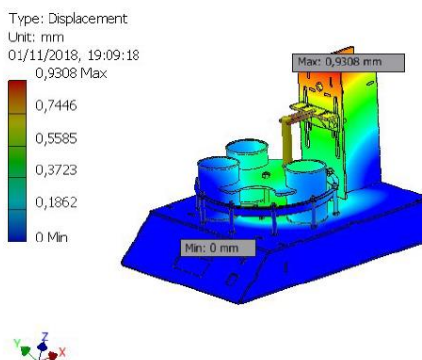


Gambar. 5. Analisis Equivalent von misses stress.

b. Displacement

Hasil analisis struktur statis deformasi atau *displacement* adalah hasil total diformasi pada pemodelan. Dari simulasi tersebut menunjukkan total diformasi terbesar ada pada frim atas yang menyangga 0.93 mm dan total diformasi terkecil pada bagian penompang bawah yaitu sebesar 0 mm. ditunjukkan ilustrasi pada gambar 6.

☐ Displacement

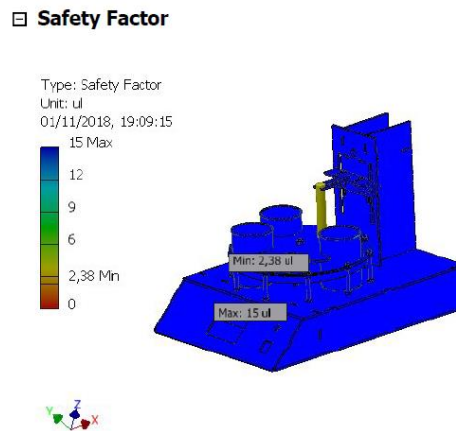


Gambar. 6. Analisis displacement

c. Safety Factory

Safety Factory atau faktor keamanan merupakan salah satu hal parameter terpenting untuk menentukan apakah kontruksi perancangan yang dibuat layak tidaknya. *Safety Factory* merupakan perbandingan antara tegangan yang diizinkan dengan tegangan aktual yang terjadi. Kontruksi dinyatakan aman apabila angka keamanannya diatas 1 ul. Hasil dari simulasi perncangan dengan perbandingan tegangan yang diizinkan dengan

tegangan aktual didapat hasil min 2.38, sehingga disimpulkan bahwa perancangan ini layak digunakan dan factor keamanannya baik. Ditunjukkan hasil analisis pada gambar 7.



Gambar. 7. Analisis Safety Factory

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perancangan dan pengujian desain konveyor pengisi bejana untuk penelitian di laboratorium diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perancangan konveyor

- a. Perancangan konveyor dengan jenis beban satuan (*unit load*).
- b. Kontruksi arah pemindahan beban pengangkutan secara horizontal dan melingkar.
- c. Kapasitas konveyor 0.375 ton/jam dengan 500ml/gelas dalam sekali angkut maksimal 5 gelas.
- d. Daya konsumsi yang dibutuhkan $0.00279 \text{ Kw} = 2.79 \text{ watt}$
- e. Motor listrik menggunakan kecepatan 2050 rpm dengan tegangan 220v pemindahan daya dan rpm ditransmisikan menggunakan roda gigi cacing (worm gear) sehingga putaran penggerak menjadi 35 rpm
- f. Bahan yang digunakan untuk desain kerangka menggunakan material akrilik (PMMA paltic) dengan ketebalan 5mm.
- g. Untuk tingkat keakurasian pengisian ± 0.02 liter

2. Analisis kekutan pada poros

Hasil tegangan geser actual yang timbul pada poros sebesar 4.34 kg/mm^2 , Menurut hasil dari perhitungan yang diperoleh tegangan geser yang timbul lebih kecil dari pada tegangan geser yang diizinkan sebesar 6.1538 kg/mm^2 . dapat disimpulkan poros dalam keadaan layak dan aman dengan diameter 8.584 mm dengan material poros JIS G 4501 S30C.

3. Stress Analysis autodask inventor 2016

Berdasarkan simulasi stress analysis dengan metode finite element analysis (FEA) dapat diketahui Von misses stress, displacement dan safety factor. Analisis kekutan frime kontruksi pada konveyor pengisibejana untuk penelitian di laboratorium disimpulkan bahwa konstruksi layak dan aman untuk beban maksimal 10 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, Ari, Aulia Rahman, Alfatirta Mufti. 2018. *Rancang Bangun Sistem Pengatur Pengisian Air Galon Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega328p*. KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro. Vol.3, No.2, 2018:90-97, e-ISSN: 2252-7036.
- A.Spivakovsky & V.Dvachkov. 1979. *Conveyor and Related Equipment*. Moscow: CBI Publishing Company.inc.51 Sleeper Street Buston, Massachusetts 02210.
- Budimarwanti.C. 2010. *Pengolaan Alat dan Bahan di Laboratorium Kimia*. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 20 (2) (2017); 99 – 104.
- Hidayat, M.Syamsul. 1987.*Rumus – Rumus Matematika Lengkap*. Surabaya: APOLLO.
- Kurniawan, I, Joni, K., & Rahmawati, Diana. (2018). Rancang Bangun Alat Sorting Keripik Pisang Otomatis Berbasis PLC. *SinarFe7*, 1(2), 506-511.
- Muin, Syamsir A. 1990. *Pesawat- Pesawat Pengangkut*. Jakarta: Rajawali.
- Priswanto, Tegar Herdayanto, Daru, Yogi Rhamadani & Agung. 2018. *Desain dan Simulasi Sistem HMI (Human Machine Interface) Berbasis Citect Scada Pada Konveyor Proses di Industri*. Seminar Nasional Edusaintek FMIPA UNIMUS 2018, ISBN: 978-602-5614-35-4.
- Setyono, Bambang, dan Yudhi Setiawan,. 2016. *Perancangan dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid “Trisona” Menggunakan Software Autodesk Inventor*. Jurnal IPTEK Vol.20 No.2, Desember 2016.
- Sularso, dan Kiyokatsu Suga. 2004. *Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT.AKA.
- Sahara, Ain. 2010. *Automatisasi Pengisian Cairan Terprogram Kedalam Tiga bejana Terpisah Beda Ukuran Berbasis Sensor Ultrasonik Dengan Mikrokontroler ATmega 32*. Jurnal Penelitian Teknik Elektro Vol.3 No.3, September 2010.
- Sari, Sri, Poernomo. 2010. *Rancang Bangun Konveyor Penghitung Barang Dengan Sistem Kendali Berbasis PLC*. Jurnal Ilmiah & Rekayasa. Vol.15 No.3. Desember 2010.
- Salimin. 2018. *Perancangan dan Analisa Simulasi Pembebanan Chassis Sepeda Wisata Untuk Dua Penumpang Menggunakan Software Autodesk Inventor 2017*. ENTHALPY - Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin. Vol.3, No.3, September 2018 e-ISSN: 2502-8944.
- Triwiyanto, Aris. 2012. *Konsep Umum Sistem Kontrol*, Surakarta : Universitas Diponegoro Surakarta.