

Perancangan Peralatan Vakum Penggenggam Pelat Baja pada Trulaser 3030 dengan Motor Servo

Ambrosius Vitoaji^{1)*}, Melya Dyanasari²⁾, Priyono Atmadi³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia
Jl. Mayjen Sutoyo No. 2 Cawang, Jakarta Timur 13630

Email: ambrosiusvitoaji@gmail.com, melya.dynasari@uki.ac.id, priyono.atmadi@uki.ac.id

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2022.v08.i01.p03>

Abstrak

Vakum penggenggam adalah suatu alat yang menggunakan *vacuum cup* sebagai alat penghisap dan penahan beban benda kerja sehingga benda kerja dapat melalui proses pemindahan dari posisi satu ke posisi lainnya. Pada penelitian ini, vakum penggenggam menjadi alat utama dalam mesin pemindah material pelat baja sehingga material dapat dengan mudah dipindahkan dari palet kayu ke meja mesin TruLaser 3030 *Fiber*. Proses pembuatan desain mesin ini membutuhkan penghitungan rumus yang teliti sehingga didapatkan komponen mesin yang sesuai untuk mengangkat beban material. Komponen yang dibutuhkan pada desain mesin ini antara lain vakum penggenggam, motor *servo*, poros penahan beban dan penggerak transmisi, transmisi roda gigi, dan rangka baja menggunakan *Wide Flange Beam* 300 x 300 sebagai penopang mesin keseluruhan. Material pelat baja yang digunakan sebagai beban adalah pelat baja material SS400 dengan ketebalan 15 mm dan dimensi luasan 2.44 m x 1.22 m. Untuk itu diperlukan komponen yang kuat dan mampu untuk menahan beban vertikal dan horisontal dari pergerakan material dan beban material pelat baja itu sendiri. Disarankan menggunakan motor hisap pada vakum penggenggam dengan daya hisap 48 m³/jam dan daya listrik 1.3 kW. Selain itu motor servo yang digunakan harus dapat menahan beban sebesar 350 kg dengan daya rencana 171.7 watt dan torsi 93 Nm, dan roda gigi lurus dengan rasio 4 : 3.

Kata kunci: Pelat Baja, Vakum Penggenggam, Motor *Servo*, Roda Gigi Lurus

Abstract

Vacuum gripper is a device that uses a vacuum cup as a suction device and holds the workpiece load so that the workpiece can go through the process of moving from one position to another. In this research, the gripping vacuum is the main tool in the sheet metal material transfer machine so that the material can be easily moved from the wooden pallet to the TruLaser 3030 Fiber machine table. The process of making this machine design requires careful calculation of the formula so that the appropriate machine components are obtained to lift material loads. The components needed in the design of this machine include a gripper vacuum, servo motor, load-bearing shaft and transmission drive, gear transmission, and a steel frame using a 300 x 300 Wide Flange Beam as a support for the whole machine. The sheet metal material used as the load is SS400 material sheet metal with a thickness of 15 mm and an area dimension of 2.44 m x 1.22 m. For this reason, strong components are needed and are able to withstand vertical and horizontal loads from the movement of materials and the load of the sheet metal material itself. It is recommended to use a suction motor on a gripping vacuum with a suction power of 48 m³/hour and an electric power of 1.3 kW. In addition, the servo motor used must be able to withstand a load of 350 kg with a design power of 171.7 watts and a torque of 93 Nm, and straight gears with ratio of 4: 3.

Keywords: Sheet Metal, Vacuum Grippers, Servo Motor, Straight Gears

1. PENDAHULUAN

Industri yang berkembang saat ini memerlukan berbagai peranan sistem kerja otomatis dimana kebutuhan untuk menggunakan tenaga manusia mulai dibatasi. Selain menjadi kendala dalam masalah sosial, hal ini juga menjadi salah satu kendala dalam penerapan di dunia industri itu sendiri. Industri memerlukan suatu mesin yang inovatif dan kreatif yang tidak perlu melibatkan banyak manusia namun dapat meningkatkan suatu kerja pada produktivitas mesin. Yang menjadi salah satu jawaban dari permasalahan ini yaitu proses retrofit. Proses retrofit adalah proses penggantian atau penambahan suatu komponen ke mesin dengan tujuan untuk memberikan nilai tambah pada performa mesin tersebut.

Motor Servo adalah perangkat listrik yang digunakan pada mesin-mesin industri pintar yang berfungsi untuk mendorong atau memutar objek dengan kontrol yang dengan presisi tinggi dalam hal posisi sudut, akselerasi dan kecepatan, sebuah kemampuan yang tidak dimiliki oleh motor biasa. Pada penelitian sebelumnya dilakukan percobaan mengenai motor servo untuk menganalisa nilai torsi yang dibutuhkan dan kecepatan putar motor terhadap mesin CNC bubut kayu. Dengan mengacu pada daya awal motor servo, maka dicari daya rencana untuk meningkatkan kemampuan motor servo yang dibutuhkan. Daya rencana dicari menggunakan faktor koreksi sebesar 1 karena daya yang diketahui dari spesifikasi motor servo adalah daya maksimum sehingga perhitungan tidak memerlukan faktor koreksi.

Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan sebuah persoalan, bagaimana bila motor servo yang mampu beroperasi secara otomatis diperuntukkan untuk membawa beban pelat baja menggunakan vakum penggenggam sebagai pencekam pada pelat baja tersebut. Meskipun beban yang mampu digunakan terbatas, namun motor servo dapat dioperasikan dengan bantuan roda gigi dan poros sehingga mampu menaikkan daya dan tenaga yang dibutuhkan untuk mengangkat beban yang lebih dari kemampuan motor. Namun perlu penghitungan yang lebih teliti agar roda gigi dan poros mampu mengangkat beban yang diinginkan dalam perancangan model mesin pemindah material pelat baja sehingga dapat beroperasi dengan baik.

2. METODE

2.1. Pengambilan Data Lapangan

Data lapangan yang dikumpulkan pertama yaitu berat aktual dari pelat baja yang akan digunakan sebagai variabel terikat dalam mesin pengangkut pelat baja pada mesin Trulaser 3030 L49 *Fiber*. Kemudian dicari data luas permukaan yang akan ditempatkan mesin sesuai dengan keadaan aktual di lapangan. Setelah didapatkan data lapangan tersebut, kemudian dicari data melalui penghitungan tentang kekuatan poros penahan beban, transmisi roda gigi lurus, daya motor *servo*, dan kekuatan rangka.

2.2. Persamaan

Beberapa persamaan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, Menghitung gaya hisap yang dibutuhkan vakum untuk mengangkat beban pelat baja dengan menggunakan rumus berikut

$$\text{Gaya hisap vertikal } (F_s) = (m/\mu) \times (g + a) \times S \quad (1)$$

Dalam persamaan diatas, m merupakan masa benda kerja, μ merupakan koefisien gesekan untuk baja 0.5, g adalah percepatan gravitasi, a merupakan percepatan gerak benda kerja, dan S merupakan faktor keamanan dengan nilai minimum 1.5.

Selain gaya hisap vakum, dibutuhkan daya rencana motor *servo* untuk menentukan kekuatan dari poros yang akan digunakan dengan rumus berikut

$$\text{Daya rencana motor } (Pd) = fc \cdot P \quad (2)$$

Dimana fc adalah faktor koreksi dari motor dan P adalah daya yang didapat dari penghitungan energi potensial dengan waktu berfungsinya energi tersebut pada benda kerja. Disamping daya motor, torsi yang ditimbulkan pada poros juga menjadi keadaan yang harus diperhatikan dan menjadi faktor penting dalam penetapan poros dalam rumus berikut

$$\text{Torsi poros } (T) = 9.74 \times 10^5 \times \frac{P}{n_2} \quad (3)$$

Dimana n_2 menyatakan kecepatan putaran poros yang didapat dari penghitungan frekuensi motor *servo* yaitu 50 Hz dengan 4 kutub. Setelah itu, tegangan geser izin diperlukan untuk menilai tahanan dari poros karena beban geser yang terjadi akibat perputaran terhadap sumbunya dengan rumus

$$\text{Tegangan geser izin } (\tau_a) = \frac{\sigma_B}{sf_1 \cdot sf_2} \quad (4)$$

Dimana nilai σ_B merupakan kekuatan tarik bahan yang dapat diambil dalam tabel (Sularso, 2004), dan nilai sf sebagai faktor koreksi tegangan. Dari rumus tegangan geser izin dan torsi pada poros dapat ditentukan diameter poros yang digunakan dengan rumus

$$\text{Diameter poros } (Ds) = \sqrt[3]{\frac{5,1 \times Kt \times Cb \times T}{\tau_a}} \quad (5)$$

Dimana Kt merupakan faktor koreksi dari momen puntir dan Cb merupakan faktor koreksi akibat beban lentur yang diderita oleh poros nantinya.

Selanjutnya menghitung spesifikasi dan kemampuan roda gigi dengan material baja karbon untuk konstruksi mesin S 45 C dengan rumus berikut

$$\text{Gaya Tangensial } (Ft_1) = \frac{102 \times Pd}{v_1} \quad (6)$$

Dimana Pd adalah daya rencana untuk motor *servo* sehingga dimungkinkan transmisi roda gigi menyesuaikan daya, dan v adalah kecepatan keliling dari setiap roda gigi. Penggunaan gaya tangensial nantinya akan dilibatkan kedalam penghitungan berpasangan dengan beban lentur dengan rumus

$$\text{Beban lentur } (Fb_1) = \sigma_A \times m \times Y_1 \times fv_1 \quad (7)$$

Dimana σ_A merupakan tegangan lentur yang diizinkan sesuai dalam tabel (Sularso, 2004), m adalah massa pelat baja, Y adalah faktor bentuk gigi, dan fv adalah faktor dinamis sesuai tabel kecepatan putar poros. Gaya tangensial dan beban lentur dipadukan untuk melihat ketebalan roda gigi yang diperlukan dalam sistem transmisi sehingga mampu menopang beban sesuai dengan rumus

$$\text{Lebar gigi } (b) = \frac{Ft_1}{Fb_1} \quad (8)$$

Dimana penghitungan ini memerlukan salah satu sisi roda gigi, karena roda gigi berpasangan dan bertumbukan dengan lebar yang sama agar tidak terjadi pembebanan sepihak.

Selanjutnya kekuatan rangka dengan beban total 1 ton sehingga diketahui kekuatan dari rangka untuk memenuhi batas izin beban baja sesuai rumus

$$\text{Tegangan baja } (s) = \omega \times \frac{N}{A} \quad (9)$$

Dimana ω adalah faktor tekuk sesuai dengan tabel (PPBBI, 1984), N merupakan beban normal vertikal untuk pembebanan rangka dan dengan beban rangka itu sendiri, dan A sebagai luas penampang rangka *Wide Flange Beam* 300 x 300 sesuai pada tabel *Wide Flange Beam*.

2.3. Penghitungan

2.3.1. Penghitungan Kebutuhan Daya Motor Hisap

Daya hisap dari motor vakum ditentukan dari penghitungan beban vertikal yang diterima vakum dari material terutama pelat baja. Hal ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus (1) sebagai dasar menentukan beban tersebut. Pembebanan yang terjadi mempengaruhi besar daya motor vakum dan lama durasi penggunaannya. Semakin berat dan lama penggunaannya, maka dibutuhkan motor hisap yang memiliki kapasitas lebih besar sehingga mampu menopang berat benda kerja. Sedangkan untuk model *vacuum cup* yang digunakan dapat ditentukan dari jenis material yang akan diangkut. Tentu saja ada perbedaan antara beban material karton dengan pelat baja pada massa yang sama. Hal ini dapat dilihat dari spesifikasi produsen motor hisap sehinggalah dapat ditentukan dengan mudah spesifikasi dan jenis yang dibutuhkan untuk membangun konstruksi mesin.

2.3.2. Penghitungan Kebutuhan Spesifikasi Poros

Spesifikasi poros dapat ditentukan melalui proses penghitungan sehingga ditentukan diameter poros yang sesuai menggunakan rumus (5). Penentuan diameter poros melalui rumus, dapat ditunjang dengan menghitung torsi yang terjadi pada poros (3) dan tegangan geser yang diizinkan terjadi pada poros (4). Penghitungan rumus-rumus tersebut melibatkan banyak tabel konstruksi mesin sehingga diperlukan ketelitian dan keahlian membaca tabel (Sularso 2004)

2.3.3. Penghitungan Kebutuhan Spesifikasi Roda Gigi Lurus

Transmisi roda gigi lurus dikenal sebagai transmisi yang sering dan umum digunakan dalam konstruksi mesin. Hal ini dikarenakan kemampuan roga gigi lurus yang mampu mengangkat beban besar dan proses pengerjaannya yang terbilang sederhana dari jenis roda gigi lain. Untuk itu roda gigi lurus memiliki penghitungan rumus yang lebih sederhana dengan ketahanan material yang baik. Untuk mencari spesifikasi roda gigi dapat dihitung dengan rumus roda gigi secara umum dan terutama lebar roda gigi pada rumus (8). Lebar gigi berhubungan dengan rumus gaya tangensial (6) dan rumus beban lentur (7) sehingga diperlukan instruksi tabel (Sularso, 2004) agar dapat mengetahui nilai beban lentur yang diizinkan untuk material baja karbon konstruksi mesin S 45 C standar JIS.

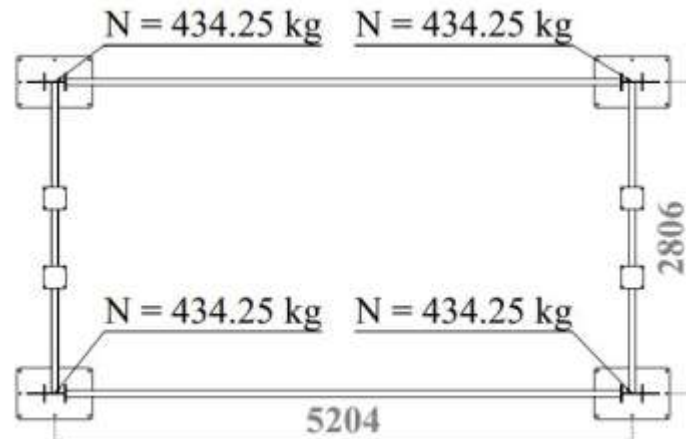
2.3.4. Penghitungan Kebutuhan Daya Motor Servo

Daya motor *servo* dilihat dari kekuatan dan kebutuhan daya untuk mengangkat beban material pelat baja dengan massa 350 kg untuk pembebanan maksimal. Mula-mula ditentukan kebutuhan torsi yang dihasilkan dari putaran poros mengangkut beban dan ditransmisikan ke motor *servo*. Dalam hal ini akan mempermudah penghitungan karena torsi yang digunakan akan berbanding lurus dan dipindahkan oleh transmisi roda gigi ke motor *servo*. Setelah itu dapat ditentukan jenis motor *servo* yang sesuai dengan katalog produsen motor *servo* sehingga pemilihan komponen ini lebih sesuai dengan motor *servo* yang ada. Untuk penghitungan daya yang diperlukan motor *servo* dapat digunakan rumus (2).

2.3.5. Penghitungan Kebutuhan Kekuatan Rangka

Dalam proses ini, rangka yang digunakan adalah *Wide Flange Beam* 300 x 300 untuk **Gambar 1**. Desain (tampak atas) perencanaan rangka konstruksi mesin

memaksimalkan kekuatan rangka dalam menopang beban berlebih. Untuk menentukan



kelayakan rangka digunakan dalam suatu konstruksi, maka digunakan rumus (9) untuk menentukan tegangan baja. Setelah baja ditentukan besar tegangan yang dihasilkan, kemudian nilai tersebut dibandingkan dengan tegangan izin baja (1600 kg/cm^3) dengan material Fe 360 atau setara SS 400 melalui tabel faktor tekuk untuk rangka baja.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA)

Berikut data lapangan yang telah dikumpulkan menjadi data tersendiri terkait tebal aktual material yang digunakan dan penghitungan massa pelat baja dengan rumus massa jenis baja :

- *Workpiece material* : sheet metal carbon (SS400).
- Dimensi material : 2.44 m x 1.22 m.
- Tebal material aktual : 11.8 mm, 11.9 mm, 12.0 mm, 14.0 mm, 13.9 mm, 14.0 mm, 14.8 mm, 15.0 mm, dan 15.0 mm.
- Percepatan pelat menuju keatas : 1.5 m/s^2

3.2. Analisa *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA)

Analisa *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) ini berfungsi untuk memberikan pembobotan pada nilai *Severity* (S), *Occurance* (O) & *Detection* (D) berdasarkan potensi efek kegagalan, penyebab kegagalan & nilai RPN (*Risk Priority Number*) pada kejadian meningkatnya *down time* mesin *TruLaser 3030 L49 Fiber*. Angka pembobotan yang digunakan pada analisa *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) ini didapatkan dari hasil observasi & diskusi bersama pihak-pihak yang terkait, antara lain pihak *Maintenance & Engineering, Production*.

Berdasarkan data hasil analisa *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) didapatkan nilai RPN (*Risk Priority Number*) dari nilai yang terbesar hingga nilai yang terkecil, sehingga didapatkan analisa *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) yang memiliki nilai RPN (*Risk Priority Number*) terbesar yaitu sistem mesin tidak berjalan sempurna. Berdasarkan hasil RPN (*Risk Priority Number*) & hasil analisa *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) tersebut,

maka dari hasil nilai RPN (*Risk Priority Number*) terbesar tersebut, kemudian dilakukan perbaikan dengan tujuan untuk mengurangi maupun menghindari kejadian meningkatnya *down time* mesin *TruLaser 3030 L49 Fiber* terulang kembali.

Tabel 1. Usulan Perbaikan

<i>Potensial Cause & Failure</i>	<i>Faktor Penyebab Potensial Cause & Failure</i>	<i>Usulan Perbaikan</i>
Proses <i>loading material</i> tidak teratur	Proses <i>loading material</i> masih menggunakan proses manual yaitu dengan tenaga manusia dibantu dengan alat <i>forklift</i> . Hal ini menjadi hambatan utama dalam proses <i>loading material</i> karena alat yang terbatas dan berbahaya bagi kesehatan dan keamanan <i>operator</i> mesin bila terus menerus mengangkat menggunakan tenaga manusia.	Melakukan modifikasi system dengan cara melakukan penambahan mesin pengangkut dan pemindah beban. Modifikasi ini dilakukan dengan cara merancang suatu desain mesin yang mampu mengangkut material pelat baja sehingga memudahkan <i>operator</i> dalam bekerja.

Berdasarkan **Tabel 1** didapatkan usul perbaikan yang dihasilkan dari hasil RPN (*Risk Priority Number*) & hasil analisa *ailure Modes and Effect Analysis* (FMEA) tersebut. Selanjutnya, dibuatlah tabel Analisa 5W+1H mengenai usul perbaikan dari potensial cause & failure berupa proses *loading material tidak teratur*. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Analisa 5W+1H Usulan Perbaikan Proses *Loading* Material Tidak Teratur

WHAT	WHY	WHERE	WHEN	WHO	HOW
Apa rencana perbaikan?	Kenapa perlu dilakukan perbaikan?	Dimana perbaikan tersebut dilakukan?	Kapan perbaikan tersebut dilakukan?	Siapa yang menjadi PIC dalam perbaikan?	Bagaimana cara melakukan perbaikan tersebut?
Modifikasi mesin dengan menambahkan mesin pengangkut beban	Untuk mencegah meningkatnya <i>down time</i> untuk proses kedepannya	Perbaikan di lakukan di area <i>loading</i> pada meja mesin	Secepatnya saat mesin <i>stop</i> pada <i>weekend</i>	Atasan divisi Engineering	Modifikasi di lakukan dengan cara menambahkan mesin pengangkut beban yang mampu mengangkut sekaligus memindahkan material pelat baja dari palet kayu ke meja mesin.

Mesin *TruLaser 3030 L49 Fiber* merupakan sebuah mesin potong dengan mata potong berupa sinar *laser* yang mampu menembus pelat baja SS400 hingga ketebalan 15 mm. Kemampuan mesin ini tidak hanya terbatas untuk pelat saja, namun juga semua bahan yang berbahan dasar pelat baja seperti pipa *hollow*, baja UNP, pipa *round*, dan sebagainya. Hasil potong yang dinilai lebih baik daripada pemotongan menggunakan plasma *cutting* menjadi salah satu pilihan mengapa mesin *laser* digunakan dalam industri pelat baja.

Dari RPN (*Risk Priority Number*) dan hasil analisa *Failure Modes and Effect Analysis* tersebut yang menjadi prioritas adalah proses *loading* material yang tidak teratur. Rencana perbaikan yang diusulkan yaitu membuat suatu alat tersendiri yang mampu mengangkat beban dan sekaligus memindahkannya sehingga waktu yang diperlukan untuk proses *loading* material lebih cepat dan memberikan keamanan dan kenyamanan kerja pada *operator* mesin. Selain itu, alat bantu juga dapat meningkatkan produktivitas kerja bagi karyawan sehingga waktu pengerjaan yang cepat dan mudah mampu menunjang produksi kedepannya. Efisiensi tenaga manusia juga dapat dilakukan dan membuat tenaga manusia yang lebih dialokasikan ke bagian yang lebih membutuhkan. Penambahan alat dilakukan dengan perancangan mesin menggunakan komponen vakum penggenggam (*vacuum gripper*), motor *servo*, dan rangka *Wide Flange Beam 300 x 300* sebagai komponen utama dalam rancangan mesin.

3.3. Penghitungan dan Analisa Kebutuhan Vakum Gripper

Pada penghitungan gaya pada teori genggam untuk kekuatan vertikal pada vakum penggenggam digunakan variabel terikat untuk percepatan gerak pelat $a = 1.5 \text{ m/s}^2$ dan luas penampang dari material $A = 2.98 \text{ m}^2$. Variabel percepatan gerak dibuat dengan nilai tersebut karena melihat bentuk dari plat yang besar dan membutuhkan pergerakan yang lambat, oleh karena itu dibuat percepatan dengan nilai tersebut. Sedangkan untuk luas penampang ditentukan dari luas standar material yang ada yaitu $2.44 \text{ m} \times 1.22 \text{ m} = 2.98 \text{ m}^2$. Untuk

variabel bebas yang digunakan yaitu material dengan tebal 12 mm, 14 mm dan 15 mm berikut masing-masing menggunakan 3 sampel sebagai pembanding. Hasil dari pengukuran dan penghitungan massa material dengan rumus $m = p \times l \times t \times 7850 \text{ kg/m}^3$ dalam menentukan massa aktual material adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil penghitungan massa dan gaya vertikal vakum

Sample ke-	Tebal Aktual Material (h aktual) (mm)	Massa Material (m) (kg)	Berat Pada Teori Penekanan Vertikal (Fs) (kg)	Intensitas Tekanan Dalam Cup (p) (kg/mm ²)	Intensitas Tekanan Dalam Setiap Cup @8 pcs (p) (kg/mm ²)
Rumus	Pengukuran	Pengukuran	$F_s = (m / \mu)(g + a).S$	$p = F_s / A$	$p' = p/8$
1	11.8	275.7	9354.5	3139.1	392.4
2	11.9	278.1	9435.9	3166.4	395.8
3	12.0	280.0	9500.4	3188.1	39.5
4	14.0	326.6	11081.5	3718.6	464.8
5	13.9	324.8	11020.5	3698.2	462.3
6	14.0	326.6	11081.5	3718.6	464.8
7	14.8	345.8	11733.0	3938.6	492.3
8	15.0	350.0	11875.5	4241.3	530.2
9	15.0	350.0	11875.5	4241.3	530.2

3.4. Penghitungan Poros

Dengan menggunakan rumus (2), (3), (4) dan (5) penghitungan kebutuhan komponen penting yang dibutuhkan konstruksi mesin dimulai dengan menghitung daya rencana untuk sistem.

$$\begin{aligned} \text{Daya rencana (Pd)} &= fc \cdot P \\ \text{Daya rencana (Pd)} &= 1.0 \times 171.7 \\ \text{Daya rencana (Pd)} &= 171.7 \text{ watt} \end{aligned}$$

Selanjutnya dibutuhkan torsi yang terjadi pada poros untuk melihat kemampuan pembebanan.

$$\begin{aligned} \text{Torsi yang terjadi pada poros (T)} &= 9.74 \times 10^5 \times \frac{P}{n_2} \\ \text{Torsi yang terjadi pada poros (T)} &= 9.74 \times 10^5 \times \frac{171.7}{1500} \\ \text{Torsi yang terjadi pada poros (T)} &= 111490.5 \text{ kg.mm} \end{aligned}$$

Kemudian dihitung tegangan geser izin pada poros untuk melihat tegangan pada poros.

$$\begin{aligned} \text{Tegangan geser izin } (\tau_a) &= \frac{\sigma_B}{sf_1 \cdot sf_2} \\ &= \frac{58}{6.0 \times 2.0} \\ \text{Tegangan geser izin } (\tau_a) &= 4.83 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan hasil dari torsi yang terjadi pada poros dan tegangan geser izin pada poros maka dapat diketahui diameter poros yang dibutuhkan untuk pembebanan material pelat baja.

$$\begin{aligned} \text{Diameter poros } (Ds) &= \sqrt[3]{\frac{5,1 \times Kt \times Cb \times T}{\tau_a}} \\ \text{Diameter poros } (Ds) &= \sqrt[3]{\frac{5,1 \times 1.0 \times 2.0 \times 111490.5}{4.83}} \\ \text{Diameter poros } (Ds) &= 61.75 \text{ mm} = 62 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut dapat dihasilkan untuk poros dengan material baja karbon untuk permesinan S 45 C dibutuhkan Ø62 mm untuk perancangan konstruksi mesin pengangkat beban.

3.5. Penghitungan Roda Gigi

Dengan menggunakan rumus (6), (7) dan (8) penghitungan kebutuhan konstruksi mesin selanjutnya yaitu roda gigi lurus dapat dimulai dengan menghitung gaya tangensial.

$$\begin{aligned} \text{Gaya tangensial } (Ft_1) &= \frac{102 \times Pd}{v_1} \\ \text{Gaya tangensial } (Ft_1) &= \frac{102 \times 171.7}{10.07} \\ \text{Gaya tangensial } (Ft_1) &= 1739.17 \text{ kg} \end{aligned}$$

Selanjutnya diperlukan penghitungan beban lentur agar mampu menerima tekanan pada roda gigi yang bertumbukan.

$$\begin{aligned} \text{Beban lentur } (Fb_1) &= \sigma_A \times m \times Y_1 \times fv_1 \\ \text{Beban lentur } (Fb_1) &= 30 \times 2.5 \times 0.383 \times 0.373 \\ \text{Beban lentur } (Fb_1) &= 10.71 \text{ kg/mm} \end{aligned}$$

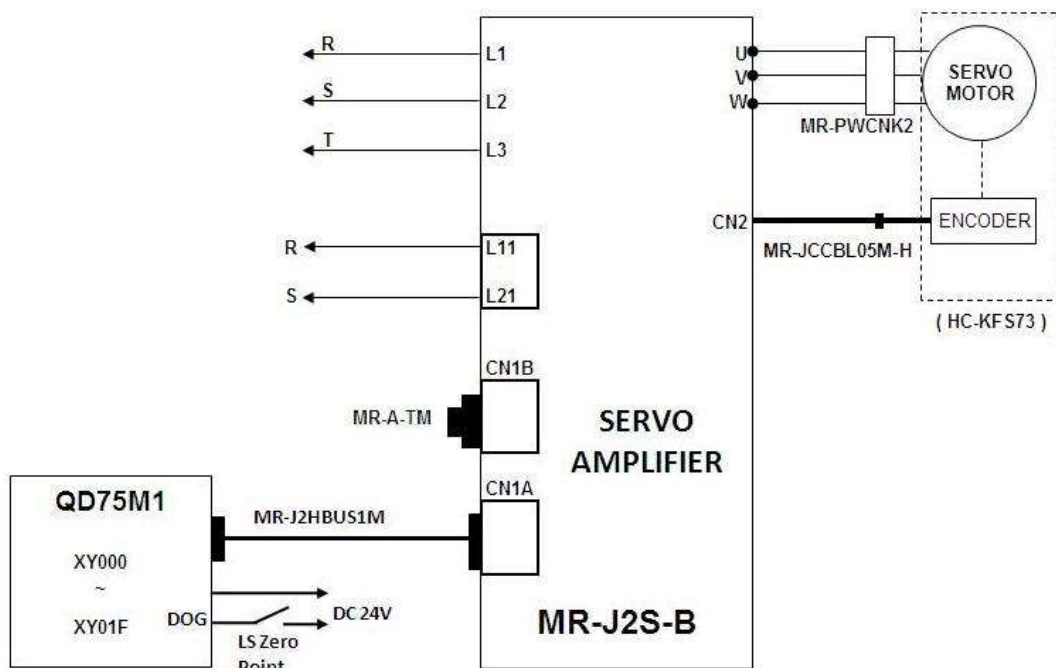
Setelah beban lentur dan gaya tangensial diketahui maka lebar roda gigi dapat ditentukan untuk memindahkan beban antara motor servo dengan poros konstruksi mesin.

$$\begin{aligned} \text{Lebar gigi } (b) &= \frac{Ft_1}{Fb_1} \\ \text{Lebar gigi } (b) &= \frac{1739.17}{10.71} \\ \text{Lebar gigi } (b) &= 162.39 \text{ mm} = 163 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penghitungan roda gigi lurus dapat dimulai dengan penghitungan umum roda gigi agar diketahui diameter yang diperlukan, jumlah gigi, modul, perbandingan gigi dan spesifikasi lain untuk roda gigi lurus.

3.6. Analisa Kebutuhan Motor Servo

Pada penghitungan sebelumnya, diketahui bahwa daya yang dibutuhkan untuk mengangkat beban 350 kg adalah sebesar 171.7 watt dan membutuhkan *moment inertia* sebesar 0.58 kg/cm². Untuk memilih motor *servo* dengan daya yang sesuai maka kebutuhan daya pada beban ditambah dengan 50% dari daya tersebut sebagai faktor keamanan dalam pemilihan motor *servo* sehingga didapatkan daya untuk motor servo sebesar 257.55 watt. Hal ini menjadi dasar penulis dalam menentukan kebutuhan motor *servo* untuk komponen dalam perancangan konstruksi mesin. Dari data yang telah terkumpul, maka penulis mengambil kesimpulan bahwa motor *servo* yang sesuai dengan kebutuhan perancangan konstruksi mesin yaitu *heavy duty* motor *servo* dengan daya sebesar 14.7 kW dan torsi sebesar 70 N.m sesuai dengan motor *servo* yang telah tersedia dari produsen.



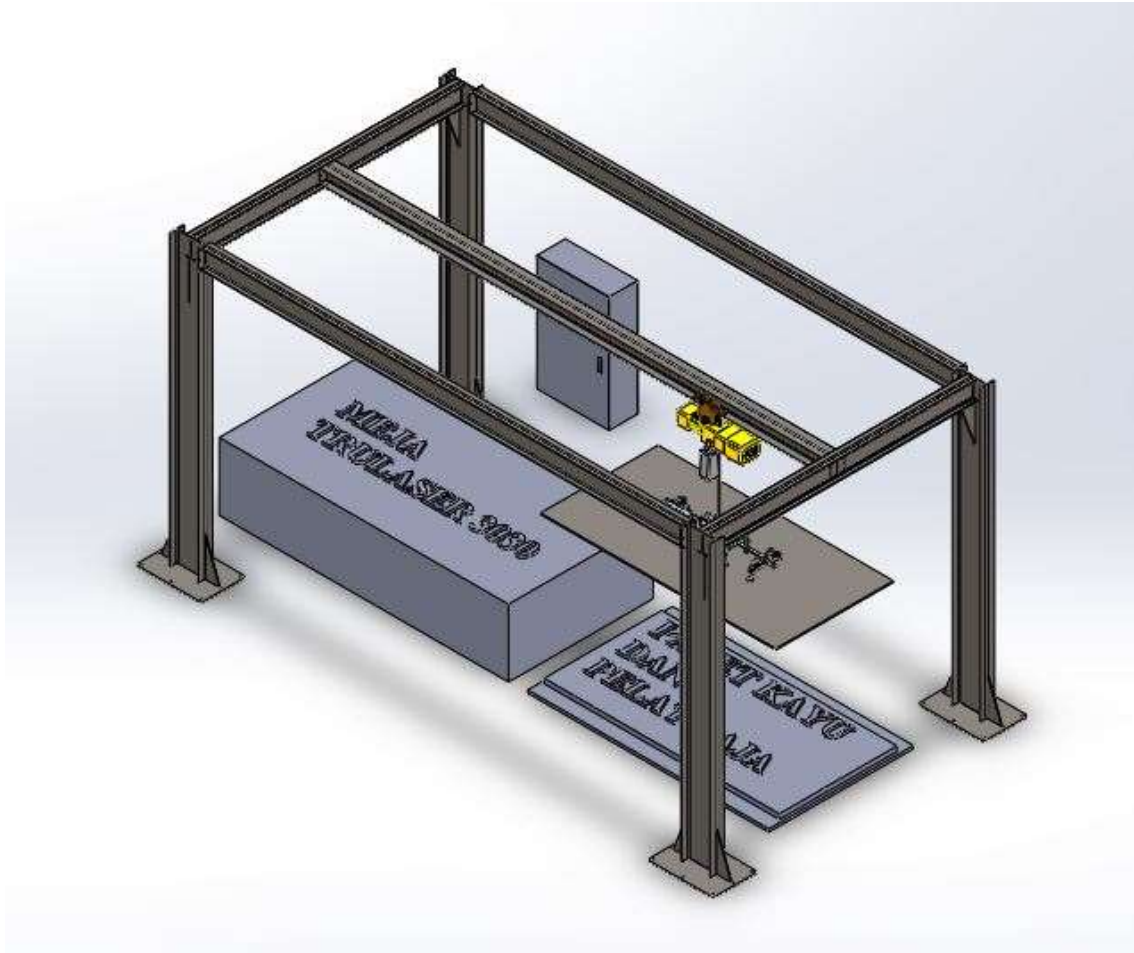
Gambar 1. Diagram wiring motor servo.

3.7. Penghitungan Rangka Konstruksi Mesin

Dengan menggunakan rumus tegangan baja yang diizinkan sesuai dengan rumus (9), dapat ditentukan tegangan yang terjadi pada rangka *Wide Flange Beam* 300 x 300 dan dibandingkan dengan tegangan izin baja karbon 1600 kg/cm³.

$$\begin{aligned} \text{Tegangan baja (s)} &= \omega \times \frac{N}{A} \\ \text{Tegangan baja (s)} &= 1.198 \times \frac{434.25}{46.78} \\ \text{Tegangan baja (s)} &= 11.121 \text{ kg/cm}^3 \\ \text{Tegangan baja (s)} &= 12 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

3.8. Desain Mekanis Konstruksi Mesin (3D)



Gambar 2. Desain Mekanis Mesin Pengangkut Pelat Baja (Isometri)

4. SIMPULAN

Dari data diatas, kemampuan vakum pengggangam dilihat dari kemampuan motor hisap dalam menahan beban tiap meter kubik dalam satu jam dan daya yang dihasilkan dari motor tersebut. Nilai dari daya motor hisap dan kemampuan menahan beban dapat dilihat dari volume yang dimiliki oleh pelat baja yaitu 0.045 m^3 dengan luas permukaan 2.98 m^2 . Motor yang memiliki daya hisap $48 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan daya 1.3 kW mampu menahan beban pelat baja lebih dari tebal 15.0 mm dengan dimensi $2.44 \text{ m} \times 1.22 \text{ m}$.

. Dalam perancangan konstruksi mesin ini, penulis membuat perhitungan dengan rumus yang ada untuk mendapatkan diameter poros optimal untuk material S 45 C sebagai baja karbon yang digunakan dalam konstruksi mesin sesuai standar JIS (*Japanese Industrial Standard*). Dari perhitungan didapatkan hasil untuk diameter poros terbaik dengan *grove pin* sebagai penyangga yaitu $\text{Ø}62 \text{ mm}$ dengan torsi yang mampu dicapai $\tau_a = 4.83 \text{ kg/mm}^2$.

Dalam pemilihan transmisi, penulis menggunakan transmisi roda gigi lurus sebagai bahan pertimbangan dapat dibuat secara umum dan banyak perusahaan yang mampu membuat roda gigi lurus dengan bahan S 45 C. Dari hasil perhitungan tersebut maka roda gigi lurus sebagai transmisi yang dibutuhkan oleh konstruksi mesin vakum pengggangam dapat dibuat dengan lebar gigi 163 mm , diameter roda gigi pada motor *servo* 96.15 , dan diameter roda gigi pada poros 125 mm dan perbandingan roda gigi $4 : 3$.

Melalui perhitungan rumus diatas, dapat diketahui bahwa menentukan spesifikasi motor *servo* diperlukan penghitungan daya rencana dimana nilainya 171.7 watt dengan kemungkinan peningkatan daya akibat *overload* 50% dari perencanaan. Dengan mempertimbangkan

material pelat baja memiliki luas permukaan yang besar sehingga diperlukan *heavy duty* motor *servo* sebagai penggerak utama sehingga aman dalam proses pengangkatan material dengan daya 14.7 kW dan torsi 70 N.m.

Perhitungan rangka konstruksi mesin dimaksudkan agar rangka dari konstruksi dapat menahan beban keseluruhan dari konstruksi sehingga tidak terjadi kecelakaan kerja karena kelelahan rangka dan menyebabkan konstruksi mesin roboh. Melalui perhitungan, rangka konstruksi mesin membutuhkan tegangan sebesar 12 kg/cm³. Tenganan izin dari baja diketahui yaitu 1600 kg/cm³, sehingga dapat dinyatakan bahwa konstruksi dengan rangka *wide flange beam* 300 x 150 'baik dan aman' digunakan dalam konstruksi mesin sebagai rangka.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jaiswal, A K., Kumar, B., *Vacuum Cup Grippers for Material Handling In Industry, International Journal of Innovative Science, Engineering and Technology, Vol.4 Issue 6*, 2017.
- [2] Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Peraturan Perancangan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI), Cetakan II, Mei 1984.
- [3] Saputro, Meda Aji., Tugas Perencanaan Mesin *Gearbox* Daihatsu Grandmax, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [4] Puspawardhana, Novandra., Pengaturan Posisi Motor *Servo* Pada Miniatur *Rotary Parking*, Universitas Brawijaya, Malang, 2014.
- [5] Sartono, Mudji., Tabel Elemen Mesin, Politeknik ATMI, Surakarta, 2019.
- [6] Firman Sugiharto., Analisa Daya Torsi dan RPM Motor *Servo* dengan Perancangan Gerak Sumbu Y Pada Mesin CNC Bubut Kayu. Universitas Pamulang, Tangerang Selatan. 2016.
- [7] Hantoro, Tiwan Sirod., Desain Profil Roda Gigi Lurus Dengan Sistem Koordinat, Universitas Negeri Yogyakarta, 2006.